

Е.Ю. Варенцова, С.Г. Шурыгин, М.Б. Мартирова, М.С. Шурыгина

**ВЛИЯНИЕ УВЛАЖНЕНИЯ ПОЧВ
НА ФОРМИРОВАНИЕ ОЧАГОВ КОРНЕВОЙ ГНИЛИ
ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД В НАСАЖДЕНИЯХ ЕЛАГИНА ОСТРОВА**

Введение. Проблема ухудшения санитарного состояния зеленых насаждений Санкт-Петербурга, представляющих уникальные шедевры садово-паркового искусства с каждым годом становится все острее. За более чем трехсотлетний период с момента создания условия роста старовозрастных деревьев значительно ухудшились. Повышение их жизнеспособности и безопасности возможно при своевременном и правильном проведении санитарно-оздоровительных мероприятий, которые разрабатываются с учетом результатов фитопатологических обследований, а также изучения ослабляющих факторов, влияющих на состояние деревьев.

В большинстве случаев несколько факторов действуют совместно, в комплексе и приводят к ослаблению деревьев и, как следствие, к заселению их патогенными организмами. Основные причины ослабления – изменения климата, ухудшение экологической обстановки, почвенно-климатические условия, нарушение гидрологического режима и ряд других [Брянцева, Варенцова, 2018]. В этих условиях ускоряются процессы старения деревьев, значительно сокращается срок их жизни. Большая часть деревьев в зеленых насаждениях имеет повреждения корней и стволов, заселена дереворазрушающими грибами. Развитие корневых гнилей – причина не только ослабления, но и усыхания деревьев. Снижение механической прочности пораженных деревьев – причина возникновения ветровала и бурелома [Минкевич, Варенцова, 2013; Варенцова, Шурыгин, 2021].

Цель исследований – выявить влияние увлажнения почвы на формирование очагов корневой гнили на территории «Ансамбль Елагина острова. Парк».

Объект исследований. Музейно-досуговый комплекс «Центральный парк культуры и отдыха имени С.М. Кирова», располагающийся на Елагином острове, общей площадью 98,6 га является одним из самых интересных объектов для изучения динамики распространения фитопатогенов в городских насаждениях, благодаря микроклимату и особому располо-

жению острова. Елагин – самый северный остров в устье Невы, омываемый с севера Большой Невкой, с юга и юго-востока – Средней Невкой, а на западе вдающийся стрелкой в Финский залив. Дворцово-парковый ансамбль на Елагином острове, основанный в 1706 г., является объектом культурного наследия ЮНЕСКО.

Остров имеет слабоволнистый рельеф и водную сеть. Территория острова богата гидрологическими объектами, около пятой части его территории (18,9 га) составляют искусственно созданные проточные водоемы – пруды. Всего на острове 9 прудов: 5 северных и 4 южных – которые были созданы для улучшения дренажа и эстетического вида территории. Важную роль в регулировании уровня воды в прудах и каналах на Елагином острове играют шлюзы, которые обеспечивают равномерное распределение воды и предотвращают затопление территории. К сожалению, исторические события, такие как наводнения и изменения в управлении островом, оказали значительное влияние на его гидрологическую систему.

В результате нарушения гидромелиоративной сети в послевоенные годы дренаж почв заметно ухудшился. При обследовании в конце 1990-х гг. в отдельных почвенных разрезах грунтовые воды были отмечены на глубине 50–70 см, что не могло не сказаться на состоянии древесных пород, так как их корневая система оказалась в зоне подтопления. Это поспособствовало развитию патогенных организмов, в первую очередь дереворазрушающих макромицетов. Площадь переувлажненных почв на территории Елагина острова в течение последних 20 лет возрастает. В настоящее время их доля составляет более 50%. Наиболее влажные (дерново-глеевые) почвы развиты в центральных частях парка, в том числе в районе центральной аллеи, на Масляном лугу – напротив здания Конюшенного корпуса, а также на южном берегу 5-го Северного пруда [Природа..., 2007].

Основные древесные породы, произрастающие на исследуемой территории парка, типичны для зеленых насаждений Санкт-Петербурга: это клен остролистный (*Acer platanoides* L.), дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), вяз шершавый (*Ulmus glabra* Huds.), ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior* L.), липа мелколистная (*Tilia cordata* L.), конский каштан обыкновенный (*Aesculus hippocastanum* L.), береза повислая (*Betula pendula*) Roth, тополь и осина (*Populus* sp.), ивы ломкая (*Salix fragilis* L.) и белая (*S. alba* L.), ольха черная (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), лиственницы сибирская (*Larix sibirica* Ledeb.) и Сукачева (*L. archangelica* Laws.), ели сибирская (*Picea obovata* Ledeb.) и Энгельмана (*P. engelmannii* Parry ex Engelm.).

Методика исследования. Основной этап работ проведен в июле-ноябре 2023–2024 гг. специалистами кафедр защиты леса, древесиноведения и охотоведения и почвоведения Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета в рамках НИР и является продолжением исследований, начатых в 2017–2019 гг.

Перед проведением фитопатологического обследования насаждений на выявление очагов корневых, комлевых и стволовых гнилей древесных пород в зависимости от увлажнения почвы осуществлен визуальный осмотр территории парка площадью 65 га, и составлена предварительная схема мест подтоплений (рис. 1, 2), при этом учтены материалы исследований, проведенных в парке в 2023 г. и весной 2024 г.

Наблюдения за уровнем почвенно-грунтовых вод с целью установления средней глубины грунтовой воды и вычисления вероятности затопления (обеспеченности) корневого слоя почвы (0–40 см) проводились с помощью смотровых колодцев (шурфов или скважин). Скважины устраивались тарелочным буром в соответствии с методическими указаниями СНИГМа [Краткие..., 1951; Наставление..., 1990]. Измерение уровня грунтовых вод проводили в период с июня по сентябрь 2024 г. с периодичностью 7–10 дней.



Рис. 1. Область временного подтопления на территории
«Ансамбль Елагина острова. Парк» весной 2024 г.

Fig. 1. Temporary waterlogging zone on «Elagin Island Ensemble. Park» in spring 2024

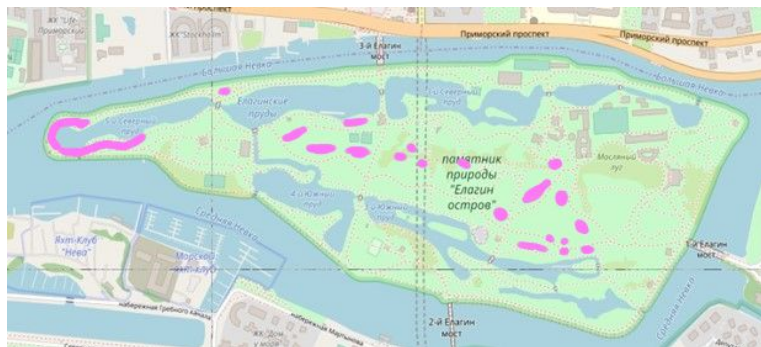


Рис. 2. Карта подтоплений и мест с повышенной влажностью на территории Елагина острова весной 2024 г.

Fig. 2. Map of waterlogging and wet areas on Elagin Island in spring 2024

Для более детального определения расположения уровня воды на влажных опытных участках устраивались дополнительные скважины. Всего было устроено 40 скважин. Исследования проведены на 23 опытных участках, соответствующих выделам парка (рис. 3). Верх шурфов или скважин был привязан к средней отметке поверхности и ординату.



Рис. 3. Схема расположения скважин на территории «Ансамбль Елагина острова. Парк»

⑤ – номера скважин; — границы выделов

Fig. 3. The layout of the wells on «Elagin Island Ensemble. Park»

⑤ – well numbers; — boundaries of allotments

При гидрологических исследованиях в парках и лесопарках наиболее важны наблюдения в период вегетации. Затопление корней сосны, ели и березы сроком более 4–5 дней приводит к отмиранию их растущих частей, ослаблению дерева и снижению прироста вследствие недостатка кислорода [Веретенников, 1968, 1985; Орлов, Кошельков, 1971]. По этим причинам измерение уровня грунтовых вод в период с июня по сентябрь проводилось 2–3 раза в месяц, особенно после сильных дождей или наводнений. Ошибка при измерении уровней грунтовых вод не превышала 4,6%. На основании полученных данных рассчитана продолжительность (она же обеспеченность) уровня грунтовых вод в течение периода вегетации, которая показывает процент дней от общей продолжительности вегетационного периода, в течение которых уровень воды был не ниже определенного горизонта почвы, то есть вероятность затопления этого горизонта почвы. Результаты замеров уровней грунтовых вод использованы для составления карт подтопления территории парка.

Кроме замеров уровней грунтовых вод определяли весовую, объёмную влажность почвы и плотность почвы для слоёв 0–40 см и 70–100 см. По этим данным были рассчитаны: полная влагоемкость (ПВ) – все поры почвы заняты водой; наименьшая влагоемкость (НВ) – 2/3 пор почвы заняты водой, оптимальная влажность почвы для растений; влажность завядания (ВЗ) – ниже этой влажности влага в почве не доступна для растений.

Условно выделено три категории участков: 1 – корни деревьев не затоплены, уровень грунтовых вод находился ниже зоны распространения корней (более 40 см), влажность почвы от влажности завядания (ВЗ) до наименьшей влагоемкости (НВ); 2 – корни бывают подтоплены, уровень грунтовых вод находился в зоне расположения корней (от 0 до 40 см), влажность почвы близка к наименьшей влагоемкости (НВ); 3 – корни бывают затоплены, уровень грунтовых вод был выше поверхности почвы, влажность почвы от полной влагоемкости (ПВ) до наименьшей влагоемкости (НВ).

Водопроницаемость почв для нижних влажных горизонтов почвы определена по методу восстановления воды в скважине после откачки, а водопроницаемость верхних горизонтов почвы – по методу инфильтрации (способ Болдырева) [Бабилов, Шурыгин, 2022].

Натурные работы по оценке фитопатологического состояния насаждений парка, определению видового состава патогенов на предварительно выделенных участках, а также составлению карты распространения пато-

генных организмов выполнены полевым методом путем сплошного визуального осмотра деревьев в соответствии с существующими методиками проведения детальных лесопатологических обследований зеленых насаждений¹ с учетом методов лесопатологического обследования очагов стволовых вредителей и болезней леса [Мозолевская и др., 1984]. Исследования проводились в период с 1 августа по 1 ноября 2024 г. В связи с неблагоприятными погодными условиями для развития плодовых тел опенка в вегетационном периоде 2024 г. частично использованы материалы учета очагов патогенов за 2022 и 2023 гг.

При рекогносцировочном обследовании с целью выявления основных проблем насаждения и видового состава патогенов, вызывающих корневые гнили, учтены косвенные признаки поражения, а также влияние биотических и абиотических факторов на объект исследования, прежде всего влияние водного режима. Определение видовой принадлежности опёнка и других патогенов проведено по морфологическим признакам строения плодовых тел, грибным структурам и типам гнили, а в отдельных случаях лабораторными методами и по литературным источникам [Стороженко и др., 2014; Карпун и др., 2021; Фирсов и др., 2021]. Видовые названия грибов приведены в соответствии с электронными базами данных Index fungorum [Index..., 2016] и Mycobank [Mycobank.org, 2024].

Распространенность каждого вида патогена определена по формуле:

$$P_1 = \left(\frac{n_1}{K} \right) \times 100\% \quad (1)$$

где P_1 – общий процент распространенности; n_1 – общее число находок; K – общее число учтенных деревьев².

Для составления карт очагов опенка использован картографический метод. На карту наносятся как отдельные деревья, так и области распространения патогена, для чего использован процент покрытия территории, рассчитанный по формуле:

$$N = \left(\frac{k * S_{kc}}{S_{общ}} \right) \times 100\%. \quad (2)$$

где k – количество находок опенка определенного вида; S_{kc} – средняя площадь корневой системы, m^2 ; $S_{общ}$ – общая площадь насаждения, m^2 .

¹ Приложение к распоряжению Комитета по благоустройству Санкт-Петербурга от 22 января 2014 года N 5-р (ред. от 17 октября 2019 г.).

² Правила санитарной безопасности в лесах. Постановление Правительства РФ от 9 декабря 2020 года №2047.

Детальное обследование проведено для глубокого осмотра очагов поражения возбудителями гнили. Балл состояния каждого дерева оценивался глазомерно по комплексу визуальных биоморфологических признаков: густоте кроны, наличию и доле сухих ветвей в кроне, состоянию коры, признакам поражения патогенными организмами и др. с помощью 5-балльной шкалы категорий санитарного состояния деревьев^{3,4}. Шкала является универсальной для хвойных и лиственных пород деревьев. На основании полученных при осмотре деревьев оценок в баллах определялся средний балл состояния древесной породы – средневзвешенная категория состояния. Если значение средней категории не превышало 1,5, насаждение оценивалось как здоровое; 2,5 – ослабленное; 3,5 – сильно ослабленное; 4,5 – усыхающее; более 4,5 – погибшее.

Результаты исследований. Из основных возбудителей гнилей растущих деревьев в насаждениях Елагина острова большую распространенность имеют: комплекс осенне-зимних опят (представители родов *Armillaria* (Fr.) Staude, *Desarmillaria* (Herink) R.A. Koch & Aime, *Flammulina* P. Karst.) (27% (плодовые тела)), род чешуйчатка (*Pholiota* (Fr.) P. Kumm.) (12%) и плоский трутовик (*Ganoderma applanatum* (Wallr.) Pat.) (6%). Из возбудителей стволовой гнили – кленовый трутовик (*Oxyporus populinus* (Schumach.) Donk) (13%) (рис. 4).

Из патогенов рода чешуйчатка чаще встречается чешуйчатка обыкновенная (*Pholiota squarrosa* (Oeder) P. Kumm.) – 9%, реже тополевая (*Pholiota populnea* (Pers.) Kuyper & Tjall.-Beuk.) – 3%. Представители данного рода – возбудители стволовой, реже корневой бурой ямчато-волокнистой ядровой гнили спелых и перестойных деревьев. В конечной стадии разрушения древесины может образовываться дупло, что часто приводит к бурелому и ветровалу.

Более существенный вред насаждениям причиняет опёнок – собирательная группа видов патогенных грибов, относящихся к агарикоидным базидиомицетам (*Agaricomycetes* Doweld, 2001), которая объединяет 4 рода (*Armillaria*, *Desarmillaria*, *Kuehneromyces* Singer & A.H. Sm., *Flammulina*) из разных семейств. Патогены вызывают белую периферическую гниль корней и нижней части стволов, что часто приводит к ветровалу. Основные признаки развития опенка в стволе – появление плодовых тел, наличие ризоморф, состояние кроны.

³ Приложение к распоряжению Комитета по благоустройству Санкт-Петербурга от 22 января 2014 года N 5-р (ред. от 17 октября 2019 г.).

⁴ Правила санитарной безопасности в лесах. Постановление Правительства РФ от 9 декабря 2020 года №2047.

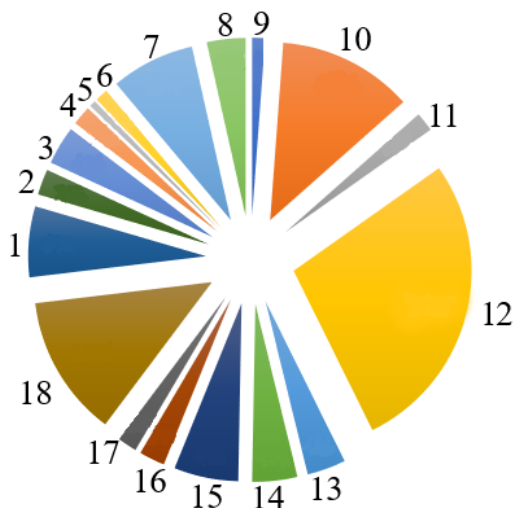


Рис. 4. Распространенность дереворазрушающих патогенов в насаждениях Елагина острова, Р, %, август – ноябрь 2024 г.

Патогены: 1 – *Ganoderma* P. Karst. – 6%; 2 – *Trametes* Fr. – 2%; 3 – *Daedalea* Pers. – 4%; 4 – *Phaeolus* (Pat.) Pat. – 2%; 5 – *Cerioporus* Quéł. – 1%; 6 – *Phlebia* Fr. – 1%; 7 – *Schizophyllum* Fr. / *Bjerkandera* P. Karst. – 8%; 8 – *Thelephora* Ehrh. ex Willd. – 4%; 9 – *Pleurotus* (Fr.) Kumm. – 1%; 10 – *Pholiota* (Fr.) P. Kumm. – 12%; 11 – *Kuehneromyces* Singer & A.H. Sm. – 2%; 12 – комплекс осенне-зимних опят – 27%; 13 – *Hypsizygus* Singer / *Volvariella* Speg. – 4%; 14 – *Laetiporus* Murrill – 4%; 15 – *Climacodon* P. Karst. – 6%; 16 – *Phellinus* Quel. – 2%; 17 – *Fomes* (Fr.) Fr. – 2%; 18 – *Oxyporus* (Bourdot & Galzin) Donk – 13%

Fig. 4. Distribution of tree-destroying pathogens in Elagin Island plantations, P, %, in August – November 2024

Pathogens: 1 – *Ganoderma* P. Karst. – 6%; 2 – *Trametes* Fr. – 2%; 3 – *Daedalea* Pers. – 4%; 4 – *Phaeolus* (Pat.) Pat. – 2%; 5 – *Cerioporus* Quéł. – 1%; 6 – *Phlebia* Fr. – 1%; 7 – *Schizophyllum* Fr. / *Bjerkandera* P. Karst. – 8%; 8 – *Thelephora* Ehrh. ex Willd. – 4%; 9 – *Pleurotus* (Fr.) Kumm. – 1%; 10 – *Pholiota* (Fr.) P. Kumm. – 12%; 11 – *Kuehneromyces* Singer & A.H. Sm. – 2%; 12 – autumn-winter honey agarics complex – 27%; 13 – *Hypsizygus* Singer / *Volvariella* Speg. – 4%; 14 – *Laetiporus* Murrill – 4%; 15 – *Climacodon* P. Karst. – 6%; 16 – *Phellinus* Quel. – 2%; 17 – *Fomes* (Fr.) Fr. – 2%; 18 – *Oxyporus* (Bourdot & Galzin) Donk – 13%

Большую распространенность в насаждениях Елагина острова имеет опенок толстоногий (*Armillaria gallica* Marxm.) – 45%, что связано с особенностями данного вида, который предпочитает древесину растений из родов клен, бук, дуб, реже ясеня и липы – наиболее типичных лиственных пород, произрастающих на территории парка. Далее следуют: опенок луковичноногий (*Armillaria cepistipes* Velen.) – 19%; опёнок ссыхающийся (*Desarmillaria tabescens* (Scop.) R.A. Koch & Aime) – 16%; опёнок зимний (*Flammulina velutipes* (Curtis) Singer) и опёнок летний (*Kuehneromyces mutabilis* (Schaeff.) Singer et A.H. Sm.) – 14% и 6% соответственно (рис. 5).

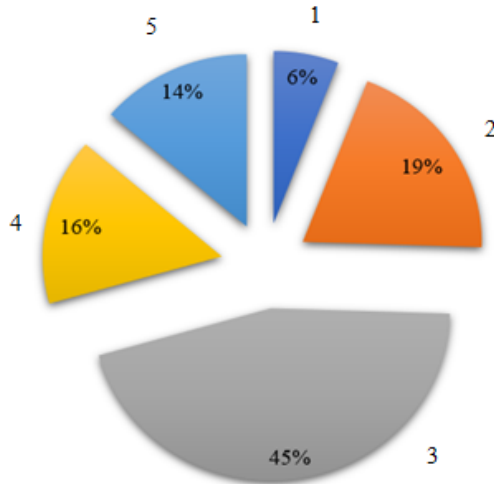


Рис. 5. Распространенность различных видов опенка в насаждении Елагина острова, Р, %, август – ноябрь 2024 г.

Виды: 1 – опенок летний (*Kuehneromyces mutabilis* (Schaeff.) Singer et A.H. Sm), 2 – опенок луковичноногий (*Armillaria cepistipes* Velen.), 3 – опенок толстоногий (*Armillaria gallica* Marxm.), 4 – опенок ссыхающийся (*Desarmillaria tabescens* (Scop.) R.A. Koch & Aime), 5 – опенок зимний (*Flammulina velutipes* (Curtis) Singer)

Fig. 5. Prevalence of different species of honey agarics in the Elagin Island stands, P, %, in August – November 2024.

Species: 1 – *Kuehneromyces mutabilis* (Schaeff.) Singer et A.H. Sm, 2 – *Armillaria cepistipes* Velen., 3 – *Armillaria gallica* Marxm., 4 – *Desarmillaria tabescens* (Scop.) R.A. Koch & Aime, 5 – *Flammulina velutipes* (Curtis) Singer

Процент покрытия территории парка опенком в 2022–2023 гг. составил: опенок летний – 0,4%; опенок толстоногий – 4,0%; опенок луковичноногий – 1,3%; опенок ссыхающийся – 1,0%; опенок зимний – 0,9%. В жаркое и сухое лето 2024 г. эти показатели были значительно ниже. В ряде случаев, при отсутствии плодовых тел патогена, на пнях или сухобочинах растущих деревьев отмечены ризоморфы, распространенность которых составила 13%.

Фитопатологическое состояние насаждений острова можно оценить как ослабленное, хотя средняя категория по всем породам не превысила 2,50 и составляет 2,45 балла. Самая ослабленная порода из лиственных пород – вяз шершавый (3,30 балла), что можно объяснить поражением ее графтиозом. У всех остальных пород категория состояния колеблется от 2,00 баллов (ольха черная) до 2,50 (ивы белая и ломкая). Из хвойных наивысший балл состояния у сосны обыкновенной (3,00); хвойные породы ослаблены в целом, поскольку из-за биологических особенностей сильнее подвержены действию негативных факторов городской среды. Так, средний балл у лиственницы сибирской составил 2,4; ели европейской – 2,67; пихты европейской – 2,67. В большинстве случаев усыхание крон, ажурность и суховершинность деревьев наблюдается в очагах корневой гнили.

Поражение деревьев опенком происходит через корневую систему аэрогенным способом и переходом по корням через раневые повреждения. На ослабление деревьев и развитие патогена сильное влияние оказывают почвенно-климатические и гидрологические условия.

Погодные условия являются естественным фактором, создающим и влияющим на гидрологический режим. Поэтому для его изучения были учтены характеристики среднемесячных температур и режима выпадения осадков за период исследований. Для сравнения были использованы среднемноголетние данные по осадкам и температуре воздуха метеостанции г. Санкт-Петербурга, находящейся в 5 км от объекта проведения исследований.

Вегетационный период 2024 г. по количеству выпавших осадков близок к среднему. За этот период выпало 331,2 мм осадков, что составило 96,6% от нормы. Средняя за период вегетации температура воздуха была на 1,7 °C выше нормы – +17,0°C.

Май выдался очень засушливым, осадков выпало только 18,4 мм, что составило 39,3% от нормы, а температура воздуха была на 1,4°C выше среднемноголетней величины. Июнь, июль и август были влажными, величина осадков на 13–24% превысила среднюю многолетнюю величину, а среднемесячная температура воздуха в эти месяцы была выше на 1,9 °C,

1,1 °C и 0,2 °C соответственно. Сентябрь был засушливым и аномально теплым, осадков выпало 25 мм, или 43,7% от нормы, а среднесуточная температура составила +16,4 °C, что на 4,0 °C выше среднесуточной.

Водный режим минеральных почв, преобладающих на территории острова, имеет ряд особенностей. Обычно на таких землях в мае уровень грунтовых вод находится близко к поверхности, далее в июне–августе он снижается за счет суммарного испарения. В сентябре при снижении суммарного испарения и выпадении сильных осадков уровень грунтовых вод поднимается.

В ходе исследований на основании замеров уровней грунтовых вод рассчитан средний вегетационный уровень на участках. Этот показатель сравнивался с нормой осушения – минимальной глубиной грунтовых вод в среднем за период вегетации, необходимой для хорошего роста деревьев. В наших условиях на минеральных почвах она находится в интервале 50–60 см от поверхности почвы. Исследования показали, что в 17-м и 23-м выделах норма осушения не обеспечена, в остальных выделах уровень грунтовых вод в среднем за период вегетации находился ниже 60 см, обеспечив норму осушения для роста и развития деревьев.

По результатам обследования водного режима почв Елагина острова и данных замеров уровней грунтовых вод составлена карта подтоплений корней деревьев, на которой вся территория парка условно разделена на три категории участков (рис. 6).

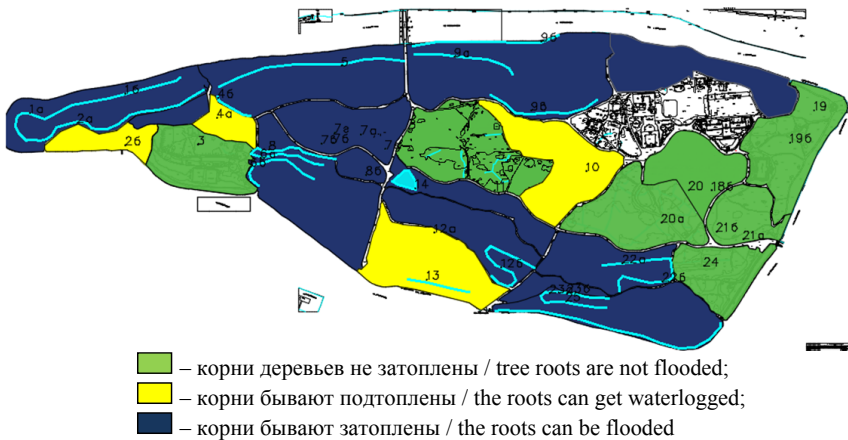


Рис. 6. Карта подтопления корней деревьев на Елагинском острове в 2024 г.

Fig. 6. Map of waterlogging of tree roots on Elagin Island in 2024

В период проведения исследований вероятность затопления корнеобитаемого слоя почвы (обеспеченность) в 5-м, 7-м, 12-м, 14-м, 22-м и 25-м выделах составила 8%, в 1-м, 6-м, 9-м, 17-м – 16%, а в 8-м и 23-м – 32%. В остальных выделах обеспеченность грунтовых вод была равна 0%, то есть затопления корней деревьев не наблюдалось.

Коэффициент фильтрации грунтовой воды по результатам многочисленных определений в среднем для верхнего (корнеобитаемого, 0 – 40 см) слоя почвы составил 1,63 м/сутки, а для нижнего слоя (70 – 100 см от поверхности) – 105,71 м/сутки. Вода движется по нижним горизонтам почвы в 65 раз быстрее, чем по верхним. Так как в верхних горизонтах почвы низкие коэффициенты фильтрации, то после осадков (особенно обильных) вода сверху медленно фильтруется, образуя застой влаги и мочажины в пониженных местах рельефа.

Проведенные исследования показали, что в почвы Елагина острова происходит двойное поступление воды. Сверху (после дождей) поступает капиллярно-подвешенная влага, так как на некоторых участках на глубине около 60 см встречается глеевый или оглеенный горизонт почвы, который является относительным водоупором. Снизу поступает капиллярно-подпертая влага, так как на глубине 80–100 см залегает песок, почва подпитывается водой за счет притока из Большой Невки, Средней Невки и прудов. Некоторые шлюзы-регуляторы часто открыты полностью или наполовину, и вода из Большой Невки и Средней Невки поступает в пруды. При сильном западном ветре и открытых защитных сооружениях нагонная волна из Финского залива встречается с текущей водой Большой Невки и Средней Невки, и это приводит к затоплению берегов Елагина острова. Наводнение в Санкт-Петербурге фиксируется, когда уровень воды на водомерном посту «Горный институт» превышает отметку +161 см выше ординара. К счастью, такое бывает временно, обычно наводнение длится не более 1–2 суток.

В течение 2024 г. наблюдались дни – 18 и 25 октября – когда вода из прудов через шлюзы поступала обратно в Большую Невку и Среднюю Невку.

Застой воды и переувлажнение почвы негативно влияют на состояние насаждений. Эти факторы способствуют повреждению корней, ослаблению и впоследствии заражению патогенными организмами деревьев, что приводит к их усыханию или выпадению.

На основании результатов наблюдений за динамикой развития очагов опенка на территории Елагина острова с 2022 по 2024 гг. составлена карта их расположения (рис. 7). В 2024 г. очаги отмечены и на участках, где корни деревьев не были затоплены (рис. 6).

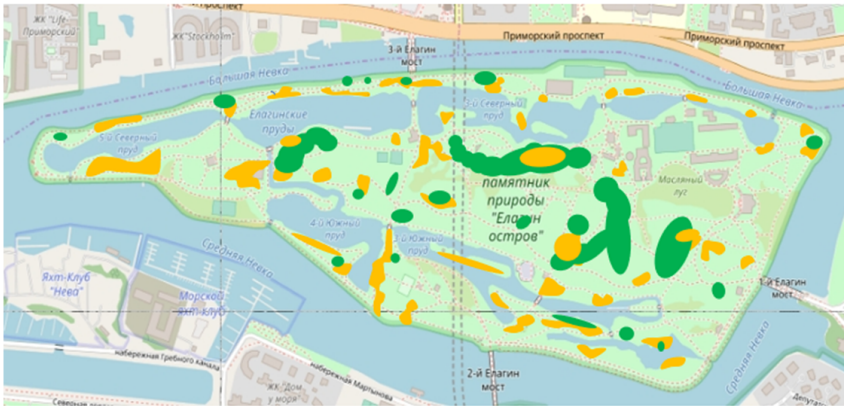


Рис. 7. Расположение очагов опенка на острове Елагин

- – очаги опенка по наблюдениям в 2022 г.;
- – очаги опенка по наблюдениям в 2023–2024 гг.

Fig. 7. Location of agaric honey foci on Elagin Island

- – agaric honey foci according to observations in 2022;
- – agaric honey foci according to observations in 2023–2024

Обсуждение. Все виды опенка – возбудители корневой, комлевой и стволовой гнили, выявленные в результате проведенных исследований – сапротрофы, но могут паразитировать на ослабленных деревьях. Развитие патогена приводит к ажурности крон при поражении 25% корней первого и второго порядка, затем суховершинности и усыханию деревьев [Соколов, 1964]. Произрастающие по берегам прудов и рядом с дренажными каналами деревья ослаблены из-за подтопления корней грунтовой водой, обедненной растворенным кислородом. У таких деревьев формируется асимметричная корневая система, располагающаяся вдоль береговой линии и дренажных каналов, наблюдается наклон ствола в сторону водоема вследствие подмыва почвы.

Развитие опенка и заражение им растений зависит от почвенно-климатических условий, прежде всего от увлажнения почв. Наибольшая вероятность заражения наблюдается при влажности субстрата более 80%, влажности воздуха 50–70% и более, уровне кислотности почвы (pH) от 8 до 2,5. При температуре выше +25°C происходит снижение активности патогена, а при +35°C способность развиваться прекращается; оптимальной считается температура воздуха +17...+24 °C [Соколов, 1964; Варенцова,

Шурыгин, 2021]. Средняя температура воздуха за период вегетации в 2024 г. была благоприятной для развития опенка $+17,0^{\circ}\text{C}$.

Хорошему росту и активному распространению гриба посредством ризоморф и поражению им растений способствует повышенная влажность почвы. Для развития ризоморф под корой уже пораженных деревьев влажность почвы не имеет значения, опенок способен переносить недостаток влаги окружающей среды [Соколов, 1964]. Это объясняет, почему в 2022 г. очаги сосредоточены в основном вдоль береговых линий, где наблюдается подтопление. Активность опенка была крайне велика, патоген паразитировал на ослабленных деревьях, что привело к их усыханию, и распространился в зоны, где подтопления не наблюдалось. Очаги опенка по наблюдениям в 2023–2024 гг. в большинстве случаев отмечены на участках, где корни деревьев не затоплены или бывают подтоплены, так как они сформировались в предыдущие, наиболее благоприятные для развития патогена годы.

Впоследствии на некоторых участках парка произошло «затухание» очагов. Это связано со своевременным удалением усохших деревьев с последующей корчевкой или обработкой пней, а также отмиранием ризоморф на постоянно переувлажненных участках. В зонах с умеренным увлажнением почв они сохранились и продолжили свое развитие. Уровень грунтовых вод на территории острова в мае и сентябре находился близко к поверхности, в июне–августе, когда в Санкт-Петербурге наблюдается активный рост и развитие ризоморф опенка, он снизился. Особенно это отразилось на формировании плодовых тел опенков летнего и осеннего, что затруднило выявление пораженных деревьев по прямым признакам, а зимний опенок сформировал плодовые тела в очень поздние сроки.

Кроме того, из-за снижения влажности почвы паразитическая активность опенка в 2024 г. на этих участках оказалась значительно ниже, усыхания деревьев не произошло, но наблюдалось пожелтение или ажурность крон. Развитие патогена на пораженных деревьях может продолжаться 10 и более лет, не приводя к их гибели [Федоров, 2004].

Заключение. Проведена оценка фитопатологической ситуации, выявлены основные возбудители гнили растущих деревьев, их распространенность и влияние на состояние насаждений Елагина острова.

Более существенный вред насаждениям причиняет опёнок – собирательная группа видов патогенных грибов, относящихся к агарикоидным базидиомицетам (Agaricomycetes). На развитие опенка в 2024 г. сильно повлиял погодный фактор, плодовые тела патогена появились в очень позд-

ние сроки, что затруднило выявление пораженных деревьев по прямым признакам.

Фитопатологическое состояние насаждений острова можно оценить как ослабленное, хотя средняя категория по всем породам не превысила 2,50 и составляет 2,45 балла. Наивысший средний балл у вяза шершавого – 3,30 балла, что можно объяснить поражением этой породы, в первую очередь, графтиозом.

Гидрологический режим на острове значительно влияет на состояние насаждений в целом. Наличие площади водных объектов более 18 га и само расположение парка влечет за собой появление проблем с регуляцией стока. В мае и сентябре уровень грунтовых вод находится близко к поверхности, в июне–августе он снижается. Норма осушения, необходимая для роста и развития деревьев, обеспечена не во всех выделах, вероятность затопления корнеобитаемого слоя почвы на них составила 8% – 32%, лишь в некоторых выделах она равна 0%, то есть затопления корней деревьев не наблюдалось.

Исследования коэффициентов фильтрации верхних и нижних горизонтов почв на территории «Ансамбль Елагина острова. Парк» показали, что в почву происходит двойное поступление грунтовой воды – сверху (после дождей, капиллярно-подвешенная влага) и снизу (капиллярно-подпертая). Коэффициент фильтрации грунтовой воды верхнего слоя почвы составляет 1,63 м/сутки, а нижнего – 105,71 м/сутки, что приводит к застою влаги. Отмечено подтопление внутренних береговых линий и скапливание воды в микропонижениях, что увеличивает нагрузку на корневую систему деревьев, вызывая ее повреждения, и способствует развитию корневой гнили.

В результате проведенных исследований и анализа картографического материала за 2022 г. отмечена закономерность: прямые и косвенные признаки поражения опенком чаще встречаются вдоль береговой линии прудов и около плохо работающих дренажных каналов, вне зависимости от породного состава насаждения. Очаги опенка по наблюдениям в 2023–2024 гг. в большинстве случаев отмечены на участках, где корни деревьев не затоплены или бывают подтоплены. Это свидетельствует о требовательности опенка к высокой влажности почвы для хорошего развития, заражения растений и активного распространения, а также способности переносить недостаток влаги.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

Бабилов Б.В., Шурыгин С.Г. Гидротехнические мелиорации в ландшафтном строительстве: учеб. пособ. для студентов бакалавриата направления подготовки 35.03.10 «Ландшафтная архитектура» очной формы обучения. СПб.: СПбГЛТУ, 2022. 22 с.

Брянцева Ю.С., Варенцова Е.Ю. Влияние грибов из группы опят на насаждение центрального парка культуры и отдыха имени С. М. Кирова // Леса России: политика, промышленность, наука, образование: матер. третьей межд. науч.-тех. конф. / под ред. В.М. Гедьо. СПб., 2018. Т. 1. С. 43–46.

Варенцова Е.Ю., Шурыгин С.Г. Поражение древесных насаждений Елагина острова в Санкт-Петербурге грибными патогенами (*Agaricomycetes* Doweld) и влияние водного режима на их распространение // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2021. Вып. 236. С. 152–162. DOI: 10.21266/2079-4304.2021.236.152-162.

Веретенников А.В. Физиологические основы устойчивости древесных растений к временному избытку влаги в почве. М.: Наука, 1968. 216 с.

Веретенников А.В. Метаболизм древесных растений в условиях корневой аноксии. Воронеж: ВГУ, 1985. 152 с.

Карпун Н.Н., Булгаков Т.С., Журавлева Е.Н. Атлас вредителей и болезней декоративных насаждений на юге России. Сочи, 2021. 216 с.

Краткие методические указания по постановке и проведению опытно-мелиоративных исследований. М.: Сельхозгиз, 1951. 162 с.

Минкевич И.И., Варенцова Е.Ю. Причины возникновения опасных ситуаций в зеленых насаждениях Санкт-Петербурга и его окрестностей и методы их предупреждения // Безопасность жизнедеятельности. 2013. №3. С. 37–41.

Мозолевская Е.Г., Катаев О.А., Соколова Э.С. Методы лесопатологического обследования очагов стволовых вредителей и болезней леса. М.: Лесн. пром-сть, 1984. 152 с.

Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 8. Л.: Гидрометеониздат, 1990. 360 с.

Орлов А.Я., Кошельков С.П. Почвенная экология сосны. М.: Наука, 1971. 323 с.
Природа Елагина острова / ред. Е.А. Волкова, Г.А. Исаченко, В.Н. Храмцов. СПб., 2007. 108 с.

Соколов Д.В. Корневая гниль от опенка и борьба с ней. М.: Лесная промышленность, 1964. 184 с.

Стороженко В.Г., Крутов В.И., Руколайнен А.В., Коткова В.М., Бондарцева М.А. Атлас-определитель дереворазрушающих грибов лесов Русской равнины. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 195 с.

Федоров Н.И. Лесная фитопатология: учеб. для студентов специальности «Лесное хозяйство». Минск.: БГТУ, 2004. 462 с.

Фирсов Г.А., Ярмишко В.Т., Змитрович И.В., Бондарцева М.А., Волобуев С.В., Дудка В.А. Морозобоины и патогенные ксилотрофные грибы в парке-дендрарии Ботанического сада Петра Великого. СПб.: Ладога, 2021. 304 с.

Index fungorum: CABI Bioscience Database. 2016. URL: <http://www.indexfungorum.org/Names/Names.asp> (дата обращения: 01.12.2024).

Mycobank.org. URL: <http://www.mycobank.org> (дата обращения: 01.12.2024).

References

Babikov B.V., Shurygin S.G. Hydrotechnical ameliorations in landscape construction: a textbook for undergraduate students of training direction 35.03.10 'Landscape architecture' full-time education., St. Petersburg: SPbGLTU, 2022. 22 p. (In Russ.)

Bryantseva Yu.S., Varentsova E.Yu. Influence of fungi from the group of agaric honey on the plantation of the central park of culture and recreation named after S. M. Kirov. *Forests of Russia: politics, industry, science, education: mater. of the 3rd int. sci.-tech. conf.* / ed. by V.M. Gedyo. St. Petersburg, 2018, vol. 1, pp. 43–46. (In Russ.)

Brief methodical instructions on staging and carrying out experimental meliorative researches. Moscow: Selkhozgiz, 1951. 162 p. (In Russ.)

Fedorov N.I. Forest phytopatrology: textbook for students of Forestry speciality. Minsk: BSTU, 2004. 462 p. (In Russ.)

Firsov G.A., Yarmishko V.T., Zmitrovich I.V., Bondartseva M.A., Volobuev S.V., Dudka V.A. Frost fungi and pathogenic xylophagous fungi in the park-dendrarium of the Peter the Great Botanical Garden. St. Petersburg: Ladoga, 2021. 304 p. (In Russ.)

Index fungorum: CABI Bioscience Database. 2016. URL: <http://www.indexfungorum.org/Names/Names.asp> (accessed December 01, 2024)

Instruction to hydrometeorological stations and posts. Iss. 8. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1990. 360 p. (In Russ.)

Karpun N.N., Bulgakov T.S., Zhuravleva E.N. Atlas of pests and diseases of ornamental plantations in southern Russia. Sochi, 2021. 216 p. (In Russ.)

Minkevich I.I., Varenova E.Yu. Causes of dangerous situations in green spaces of St. Petersburg and its neighbourhood and methods of their prevention. *Life Safety*, 2013, no. 3, pp. 37–41. (In Russ.)

Mozolevskaya E.G., Kataev O.A., Sokolova E.S. Methods of forest pathological survey of foci of stem pests and forest diseases. Moscow: Forest Industry, 1984. 152 p. (In Russ.)

Mycobank.org. URL: <http://www.mycobank.org> (accessed December 01, 2024).

Nature of Elagin Island / ed. by E.A. Volkova, G.A. Isachenko, V.N. Khrantsov. SPb., 2007. 108 p. (In Russ.)

Orlov A.Ya., Koshelkov S.P. Soil ecology of pine trees. Moscow: Nauka, 1971. 323 p. (In Russ.)

Sokolov D.V. Root rot of honey fungus and its control. Moscow: Lesnaya Promyshlennost, 1964. 184 p. (In Russ.)

Storozhenko V.G., Krutov V.I., Rukolainen A.V., Kotkova V.M., Bondartseva M.A. Atlas-guide of wood-destroying fungi of forests of the Russian Plain. Moscow: Partnership of scientific publications KMK, 2014. 195 p. (In Russ.)

Varentsova E.Yu., Shurygin S.G. Damage to the tree stands of the Elagin Island of St. Petersburg (Russia) caused by fungal pathogens (Agaricomycetes Doweld) and the effect of water regime on their distribution. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhniceskoj Akademii*, 2021, iss. 236, pp. 152–162. DOI: 10.21266/2079–4304.2021.236.152–162. (In Russ.)

Veretennikov A.V. Physiological bases of resistance of woody plants to temporary excess moisture in soil. Moscow: Nauka, 1968. 216 p. (In Russ.)

Veretennikov A.V. Metabolism of woody plants under conditions of root anoxia. Voronezh: Voronezh State University Publishing House, 1985. 152 p. (In Russ.)

Материал поступил в редакцию 13.02.2025

Варенцова Е.Ю., Шурыгин С.Г., Мартирова М.Б., Шурыгина М.С. Влияние увлажнения почв на формирование очагов корневой гнили древесных пород в насаждениях Елагина острова // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2025. Вып. 254. С. 347–366. DOI: 10.21266/2079-4304.2025.254.347-366

Выявлены основные патогены, вызывающие гнили растущих деревьев, их распространенность и влияние на состояние насаждений острова. Существенный вред насаждениям причиняет опёнок (*Agaricomycetes* Doweld) – причина ослабления, усыхания деревьев, возникновения ветровала и бурелома. Наибольшую распространенность имеют: опенок толстоногий (*Armillaria gallica* Marxm.) – 45%; опенок луковичноногий (*Armillaria cepistipes* Velen.) – 19%; опёнок ссыхающийся (*Desarmillaria tabescens* (Scop.) R.A. Koch & Aime) – 16%; опёнок зимний (*Flammulina velutipes* (Curtis) Singer) и опёнок летний (*Kuehneromyces mutabilis* (Schaeff.) Singer et A.H. Sm.) – 14% и 6% соответственно. Процент покрытия территории парка опенком составляет от 0,4% – опенок летний – до 4,0% – опенок толстоногий. Фитопатологическое состояние насаждений оценивается как ослабленное, средняя категория по всем породам составляет 2,45 балла. С целью выявления влияния увлажнения почвы на формирование очагов корневой гнили на территории Елагина острова проведено изучение водного режима почв и фитопатологическое обследование. Водный режим минеральных почв острова имеет ряд особенностей: в мае и сентябре уровень грунтовых вод находится близко к поверхности, в июне–августе он снижается. Норма осушения, необходимая для роста и развития деревьев, обеспечена не во всех выделах, вероятность затопления корнеобитаемого слоя почвы на них составила 8%–32%, лишь в некоторых обеспеченность грунтовых вод равна 0% (затопления корней деревьев не наблюдалось). Происходит двойное поступление грунтовой воды в почву – сверху

(капиллярно-подвешенная влага) и снизу (капиллярно-подпертая). Коэффициент фильтрации грунтовой воды верхнего слоя почвы составляет 1,63 м/сутки, а нижнего – 105,71 м/сутки, что приводит к застою влаги. По данным замеров уровней почвенно-грунтовых вод составлена карта подтоплений корней деревьев. Застой воды и переувлажнение почв негативно влияют на состояние насаждений и способствуют развитию корневой гнили. Вероятность развития патогена возрастает с увеличением влажности почвы. Составлена карта очагов патогена.

Ключевые слова: увлажнение почв, водный режим, корневая гниль, очаги опенка, категория состояния насаждений.

Varentsova E.Yu., Shurygin S.G., Martirova M.B., Shurygina M.S. Influence of the soil moisture on the formation of foci of root rot of woody species in the stands of Elagin Island. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhnicheskoy Akademii*, 2025, iss. 254, pp. 347–366 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2025.254.347-366

The main pathogens causing rot of growing trees, their prevalence and influence on the condition of the island's plantations have been identified. Significant damage to the plantations is caused by the agaric honey (*Agaricomycetes* Doweld), which is the cause of weakening, tree desiccation, windthrow and deadwood. The most widespread are: *Armillaria gallica* – 45%; *Armillaria cepistipes* – 19%; *Desarmillaria tabescens* – 16%; *Flammulina velutipes* and *Kuehneromyces mutabilis* – 14% and 6%, respectively. The percentage of agaric honey cover in the park ranges from 0.4% – *Kuehneromyces mutabilis* – to 4.0% – *Armillaria gallica*. Phytopathological condition of plantations is assessed as weakened, the average category for all species is 2.45 points. In order to identify the influence of soil moisture on the formation of root rot foci on the territory of Yelagin Island, the study of soil water regime and phytopathological survey was carried out. Water regime of mineral soils of the island has a number of peculiarities: in May and September groundwater level is close to the surface, in June–August it decreases. The drainage norm necessary for growth and development of trees is not provided in all sections, the probability of flooding of the root-inhabited layer of soil on them was 8%–32%, only in some sections the groundwater availability is 0% (no flooding of tree roots was observed). There is a double inflow of groundwater into the soil, capillary-suspended moisture from above and capillary-suspended moisture from below. The groundwater filtration coefficient of the upper soil layer is 1.63 m/day and that of the lower layer is 105.71 m/day, which leads to moisture stagnation. A map of waterlogging of tree roots was drawn up based on measurements of soil-soil water levels. Water stagnation and soil overwatering negatively affect the condition of plantations and favour the development of root rot. The probability of pathogen development increases with increasing soil moisture. A map of pathogen foci has been drawn up.

Keywords: soil moistening, water regime, root rot, agaric honey foci, plantation condition category.

ВАРЕНЦОВА Елена Юрьевна – доцент Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, кандидат биологических наук. SPIN-код: 9300-4162. ORCID: 0000-0002-4616-2289.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: varentsova.elena@mail.ru

VARENTSOVA Elena Yu. – PhD (Biological), Associate Professor, St.Petersburg State Forest Technical University. SPIN-code: 9300-4162. ORCID: 0000-0002-4616-2289.

194021. Institute per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: varentsova.elena@mail.ru

ШУРЫГИН Сергей Геннадьевич – доцент кафедры почвоведения Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, кандидат сельскохозяйственных наук. SPIN-код: 3735-9759.

194021, Институтский пер., д. 5, лит. У, Санкт-Петербург, Россия, E-mail: serges3000@yandex.ru

SHURYGIN Sergej G. – PhD (Agricultural), Associate Professor of St.Petersburg State Forest Technical University. SPIN-code: 3735-9759.

194021. Institute per. 5. Let. U. St. Petersburg. Russia. E-mail: serges3000@yandex.ru

МАРТИРОВА Мария Борисовна – специалист по УМР Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова. ORCID: 0000-0002-8576-5226. Researcher ID: 57869903900.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия.

MARTIROVA Maria B. – Specialist in educational and methodical work, St.Petersburg State Forest Technical University. ORCID: 0000-0002-8576-5226. Researcher ID: 57869903900.

194021. Institute per. 5. St. Petersburg. Russia.

ШУРЫГИНА МАРИЯ СЕРГЕЕВНА – студент Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С.М. Кирова.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: mariya32003@gmail.com

SHURYGINA Maria S. – Student of St.Petersburg State Forest Technical University.

194021. Institute per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: mariya32003@gmail.com