



**ЛЕСОВЕДЕНИЕ, ЛЕСОВОДСТВО,
ЛЕСНЫЕ КУЛЬТУРЫ,
АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИЯ, ОЗЕЛЕНЕНИЕ,
ЛЕСНАЯ ПИРОЛОГИЯ И ТАКСАЦИЯ**

DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2023.4.1>

UDC 632.4.01/08:632.931.4

LBC 44.9



**CAUSES FOR TRACHEOMYCOSIS *ULMACEAE* MIRB. AND THE PERIOD
OF THEIR SUSCEPTIBILITY IN THE LOWER VOLGA REGION**

Svetlana V. Kolmukidi

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Tatyana V. Kuznetsova

Station of Young Naturalists of the Kirovskiy District of Volgograd, Volgograd, Russian Federation

Abstract. This article presents material covering the results of a study of the causes and conditions of the occurrence of tracheomycosis (graphiosis, Dutch Elm Disease) caused by the pathogenic fungus *Ophiostoma ulmi* (Buisman) Nannf., as well as the role of waste products of phytopathogen secretions in the death of living cells infected with the parasite. *Ulmus laevis* Pall., *U. minor* Mill. and *U. pumila* L. were used for research. Collection and analysis of disease-infected material have been conducted in plantings in the Volgograd region. For injection, a mixture of pathogen spores had been prepared (500 thousand spores in 1 ml of distilled water). Then injections have been performed directly into the xylem vessels. Plants two to three years old had been selected for inoculation, with twenty plants in each of the three repetitions used. Infestation results for elm specimens have been recorded after five to ten days. To detect the toxicity of fungal secretions on the plant, fungus filtrate was used for preparing the working solution. Seedlings of *U. minor* Mill. and *U. laevis* Pall. were used as experimental specimens. It is established that in both variants with two strains, the leaves of seedlings began to shrivel on the third to fifth day, twist into a tube, and acquire the brown color characteristic of tracheomycosis. On the ninth day of the experiment, the leaves of the affected seedlings finally withered. Withering of elm seedlings is a consequence not only of vessel clogging by fungus products, as it occurs in nature, but also by toxic secretions of the pathogen. To determine the timing of elm susceptibility to tracheomycosis, an experiment involving artificial infection of small-leaved elm, which is not resistant to this disease, was conducted from April to October. Analysis of the results showed that intensive spread of the parasite is observed during active growth of the plant, the formation of spring-summer vessels, and wood growth. The duration of the incubation period of graphiosis depends on the timing of infection, and with increasing ambient temperature, the incubation period of tracheomycosis decreases. It has been observed that the high sensitivity of elm trees to graphiosis lesions is synchronized with the active feeding of insect vectors.

Key words: graphiosis, Dutch Elm Disease, elm tracheomycosis, *Ophiostoma ulmi*, etiology, susceptibility.

Citation. Kolmukidi S.V., Kuznetsova T.V. Causes for Tracheomycosis *Ulmaceae* Mirb. and the Period of Their Susceptibility in the Lower Volga Region. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2023, vol. 13, no. 4, pp. 5-13. (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2023.4.1>

ПРИЧИНЫ ТРАХЕОМИКОЗА ИЛЬМОВЫХ И ПЕРИОД ИХ ВОСПРИИМЧИВОСТИ В РЕГИОНЕ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Светлана Валерьевна Колмукиди

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Татьяна Владимировна Кузнецова

Станция юных натуралистов Кировского района Волгограда, г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. В статье представлен материал, освещающий результаты исследования причин и условий возникновения трахеомикоза (графиоза, голландской болезни ильмовых), вызываемых патогенным грибом *Ophiostoma ulmi* (Buismann) Nannf., а также роль продуктов жизнедеятельности выделений фитопатогена в отмирании живых клеток, зараженных паразитом. Для исследований использовали вяз гладкий (*Ulmus laevis* Pall.), вяз малый (*Ulmus minor* Mill.) и вяз приземистый (*Ulmus pumila* L.). Сбор и анализ инфицированного болезнью материала, проводились в насаждениях Волгоградской обл. Для инъекции готовили смесь спор патогена (500 тыс. спор в 1 мл дистиллированной воды). Затем производили инъекции непосредственно в сосуды ксилемы. Для инокуляции были выбраны растения двух-трехлетнего возраста. В каждой из трех повторностей использовано по 20 растений. Учет результатов заражения вязов проводили через пять-десять дней. Для выявления токсичности выделений гриба на растение использовали фильтрат грибницы для приготовления рабочего раствора. В качестве опытных образцов были использованы сеянцы *U. minor* Mill. и *U. laevis* Pall. Было установлено, что в обоих вариантах с двумя штаммами листья сеянцев начали усыхать на третий-пятый день, скручиваться в трубочку и приобретать бурый цвет, характерный для трахеомикоза. На девятый день эксперимента листья пораженных сеянцев окончательно усохли. Увядание сеянцев вязов является следствием засорения сосудов не только продуктами грибницы, как это имеет место в природе, но и токсическими выделениями патогена. Для определения сроков чувствительности ильмовых к поражению трахеомикозом был заложен опыт с искусственным инфицированием малоустойчивого к болезни вяза малого с апреля по октябрь. Анализ результатов показал, что интенсивное распространение паразита отмечено во время активного роста растения, формирования весенне-летних сосудов и прироста древесины, что продолжительность инкубационного периода графиоза зависит от сроков заражения, с нарастанием температуры окружающей среды инкубационный период трахеомикоза снижается. Отмечено, что период высокой чувствительности ильмовых к поражению графиозу синхронизован с активным питанием насекомых-переносчиков.

Ключевые слова: графиоз, голландская болезнь вяза, трахеомикоз ильмовых, *Ophiostoma ulmi*, этиология, восприимчивость.

Цитирование. Колмукиди С. В., Кузнецова Т. В. Причины трахеомикоза ильмовых и период их восприимчивости в регионе Нижнего Поволжья // Природные системы и ресурсы. – 2023. – Т. 13, № 4. – С. 5–13. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2023.4.1>

Введение

В настоящее время сосудистые заболевания древесных растений наиболее вредоносны, скрытно живущие патогены наносят непоправимый вред, который вызывает усыхание или увядание растения, пораженного патогеном [1; 5–7; 14–17]. В этом случае растение быстро отмирает, то есть проявляется остротекущая форма, или длительное время болеет и чахнет – это хроническая форма микоза.

Этиология усыханий – плохо изученное направление в фитопатологии. Изучая причины инфекционного увядания древесной раститель-

ности, исследователи неоднозначно трактуют этот вопрос и выдвигают различные обоснования. Одни исследователи указывают на то, что увядание растений, зараженных трахеомикозом, вызвано механической закупоркой сосудов за счет тиллов, камеди и др. [2; 4; 26]. Другие исследователи полагают, что микотоксины, производимые грибом в процессе жизнедеятельности, воздействуя на живые клетки, вызывают увядание пораженного растения [22].

В результате гистологических исследований подверженных усыханию больных деревьев было обнаружено, что проводящие сосуды у ветвей забиты спорами и гифами

скрытно живущих фитопатогенов [4]. Это вызывает глубокие нарушения физиологических процессов у растения. Наши исследования препаратов со срезами подтвердили, что изменения цвета сосудов на спиле древесины вяза связаны с заражением и распространением грибницы *Ophiostoma ulmi* (*Ceratocystis ulmi*) по сосудам, что в литературе описано многими авторами [9; 10; 12; 18; 20; 25–28]. Как указывает С.Ј. Buisman [22] и многие другие авторы [20; 25; 26], при получении спилов или срезов больных веток и стволов наблюдается темные кольца, часто сливающиеся в одно пятно с включениями коричневого цвета – это сосуды, заполненные камедью и тиллами.

И.И. Минкевич [11], изучив патогенез трахеомикозов, сделал вывод о том, что споры патогена, разносящиеся по сосудам восходящим током, могут прорасти и распространять мицелий, поражая клетки паренхимы, а микотоксины вызывать ответную реакцию живых клеток – выделение тиллов и гуммиобразных веществ, которые и засоряют сосуды. Это вызывает окрашивание срезов в темный цвет, что и является отчасти диагностическим признаком поражения графтиозом.

Объект исследования. Возбудитель чрезвычайно вредоносной болезни трахеомикоза или графтиоза гриб *Ophiostoma ulmi* (Buisman) Nannf. (syn. *Ceratocystis ulmi* (Buisman) C. Moreau), относится к классу *Sordariomycetes*, который за последние столетия широко распространился в нашей стране и за рубежом [21; 23–25].

Цель исследований, представленных в данной работе, сводится к изучению происхождения трахеомикоза (графтиоза, офиостомы, голландской болезни), выявления условий и причин его возникновения у ильмовых.

Материалы и методы

Материалом исследования являлись вяз гладкий (*Ulmus laevis* Pall.), вяз малый (*Ulmus minor* Mill.) и вяз приземистый (*Ulmus pumila* L.). Сбор и анализ инфицированного болезнью материала, проводились в насаждениях Волгоградской области. Эксперименты полевые и лабораторные проводились по соответствующим общепринятым методикам [2; 9; 12; 18; 20; и др.].

Методика заражения растений. Для инъекции готовили смесь спор патогена (500 тыс. спор в 1 мл дистиллированной воды). Затем производили инъекцию непосредственно в сосуды ксилемы. Зараженный участок ствола выдерживали в условиях, благоприятных для активного прорастания спор и проникновения в сосуды вяза. Для инокуляции были выбраны растения двух-трехлетнего возраста. В каждой повторности использовали по 20 растений. Учет результатов заражения вязов проводили через пять-десять дней, для идентификации использовали проявление симптомов внешних и внутренних. Через сорок дней в лабораторных условиях провели заключительный анализ. Для этого выполнили пересев материала с пораженных образцов на питательную среду.

Результаты исследования

Перед нами стояла задача: выявить причины и уточнить роль продуктов жизнедеятельности и выделений *Ophiostoma ulmi* в отмирании живых клеток, зараженных паразитом. Мы поставили опыт в трех повторностях, который заключался в следующем: на стерилизованной агаризованной среде был произведен посев *O. ulmi* (штамм В₁, выделенный с *Ulmus pumila*, г. Волгоград); и штамм Т₁ – со среднеазиатского вяза приземистого). В течение месяца штаммы культивировались на питательной среде. Затем в каждую колбу долили воды и довели содержимое до начального объема. На следующем этапе для получения рабочего раствора грибницу отфильтровали, а фильтрат использовали для проведения опыта на выявление токсичности выделений гриба для сеянцев.

Для этого опыта нами были выбраны *Ulmus minor* Mill. и *Ulmus laevis* Pall., так как ранее было установлено, что в нашем регионе эти виды наиболее восприимчивы к болезни [10], а следовательно, чувствительные к поражению патогеном *Ophiostoma ulmi*. В каждую из выбранных для опыта двенадцати колб с фильтратом поместили по 3 сеянца каждого вида ильмовых. Контролем служили 6 колб с водой и питательной средой, куда также были помещены по 3 сеянца. Результаты ежедневных наблюдений за жизненным состоянием опытных образцов приведены в таблице.

Анализ показал, что на средах с фильтрами в обоих вариантах с двумя штаммами листья сеянцев начали усыхать на третий-пятый день, скручиваться в трубочку, позднее приобрели бурый цвет характерный для усыхания растений, пораженных трахеомикозом. На девятый день эксперимента листья пораженных сеянцев окончательно побурели и усохли полностью. В контрольном варианте, где применялась среда без вытяжек, с 5 дня было отмечено естественное усыхание сеянцев. Однако и на девятый день опыта в контроле на сеянцах листья оставались без изменений, не скручивались и не бурели.

Таким образом, увядание ильмовых от трахеомикоза, вызванное распространением грибкицы *Ophiostoma ulmi*, является следствием не только механической закупорки сосудов тиллами, но и токсичными выделениями гриба-паразита, вырабатывающего в процессе своей жизнедеятельности токсины, отравляющие своего хозяина [24].

Анализ научной литературы показал, что вопрос о периоде восприимчивости ильмовых к графйозу освящен неоднозначно [18]. Ученными накоплен большой фактический материал, но исследования проводились в различных климатических условиях, что делает некоторые полученные результаты и выводы несоотносимыми [3; 19; 21; 23; 25]. Так, в условиях Голландии по результатам исследований, проведенных V. Tchernoff [28], восприимчивость ильмовых к возбудителю трахеомикоза нарастает достаточно быстро, как только раскрываются почки. Продолжительность

этого периода может составлять 50–52 суток. Наиболее восприимчивыми некоторые виды вязов были во второй половине июня, этот период продолжался в течение 13 дней, затем этот процесс резко шел на спад.

При заражении растений инфекцией в июле внешние симптомы графйоза не фиксировались, только у части опытных образцов наблюдалось потемнение сосудов на срезах ветвей. Исследователь микроскопировал зараженные ветви и отметил, что во время активного роста зоны камбия и активного формирования сосудов в весенний период ильмовые наиболее восприимчивы к поражению патогена. Восприимчивость к графйозу постепенно сокращается с возникновением летней древесины.

Е.В. Smalley и R.P. Guries [26] при проведении исследований на европейском вязе малом и вязе американском выявили значительное расхождение в сроках восприимчивости этих вязов этой патологии. Ученые, изучая сезонную динамику трахеомикоза *U. americana* L., выявили корреляцию между снижением восприимчивости вяза графйозу и падением скорости терминального роста.

На постсоветском пространстве исследованиями этой проблемы занимались ученые Л.П. Жуклис [3], Р.А. Крангауз [8; 9], В.А. Зудилин [4], Е.А. Крюкова [10], Т.Б. Дорофеева [2] и др. Полученные этими учеными результаты о существовании периода заражения вязовых трахеомикозом, вызываемых грибами рода *Ophiostoma* согласуются с результатами исследований западноевропейских уче-

Влияние токсичных продуктов жизнедеятельности гриба *Ophiostoma ulmi* (Buisman) Nannf. на состояние сеянцев *Ulmus minor* Mill. и *Ulmus laevis* Pall.

Варианты	Состояние растения				
	2 день	3 день	5 день	7 день	9 день
Среда с фильтратом штамма <i>B₁</i>	норма	листья начали увядать	листья начали увядать	листья побурели от вилки	засохшие бурые листья – растение засохло
Среда с фильтратом штамма <i>T₁</i>		листья начали увядать	увядание листьев	листья начали буреть	засохшие бурые листья – растение засохло
Контроль (среда без фильтрата)		норма	увядание	увядание	скрученные зеленые листья – растение живое
Контроль (вода)	норма				

Примечание. Штамм *B₁* – выделен из образца вяза приземистого (г. Волгоград); штамм *T₁* – выделен из образца среднеазиатского вяза приземистого.

ных. Однако сроки восприимчивости ильмовых к болезни зависят от природно-климатических условий региона исследования, а также различны по календарным датам и продолжительности периода заражения.

Так, например, исследованиями Р.А. Крангауза [8; 9] в Ростовской области установлено, что периода восприимчивости ильмовых к голландской болезни два: весной в мае, когда наблюдается многочисленное поражение растений и в осенний период, который приходится на конец августа – середину сентября. Оптимальные условия складываются как в отношении погоды (комфортная температура и влажность), так и наличии высокого инфекционного фона, связанного с активной деятельностью жуков-заболонников, которые переносят споры. Как указывает Р.А. Крангауз [9], сухой и жаркий период погодных условий снижает возможность заражения патогеном, оптимальная температура для паразитирования патогена +20 ... +27 °С. При повышении температуры и нарастанию сухости воздуха, повреждения, наносимые растению жуками, засыхают быстрее, чем в них прорастают споры.

Как показал анализ литературных данных для нашей природной зоны с засушливым климатом, исследования по изучению периодов чувствительности ильмовых к заражению трахеомикозом практически не проводилось.

Для определения сроков чувствительности ильмовых к поражению трахеомикозом нами был заложен опыт с искусственным инфицированием вяза малого (береста), как наиболее восприимчивым к заражению, в различные сроки вегетационного периода, начиная с апреля по октябрь.

Детальный анализ проведенных исследований показал, что заражение растений в третьей декаде апреля не дает результата, первичные признаки болезни наблюдаются только в конце апреля, причем судьба дальнейшего инфицирования строго зависит от благоприятной погоды (влажность, оптимальная температура).

С первых чисел мая (04.05–10.05) и до середины первой декады июня (05.06–06.06) идет интенсивное заражение восприимчивых экземпляров ильмовых, анализ пораженных образцов в этот период показал активный рост

мицелия и инфицирование древесины от места инокуляции вверх и вниз по стволикам с проявлением четких симптомов заражения. Выявлена следующая тенденция: заражение в более ранние сроки провоцирует длительный инкубационный период и более позднее проявления первичных внешних симптомов.

Инокуляция образцов со второй декады июня, в остальные летние месяцы и на протяжении осени до первых чисел ноября и последующий анализ выявил, что интенсивность поражения вяза графтиозом резко снижается. У самых восприимчивых образцов фиксировалось окрашивание древесины точно (локально). Заражения болезнью в этом случае не происходит. Однако усыхание ильмовых в наших природно-климатических условиях начинается в конце мая – начале июня, причем независимо от даты инфицирования. Результаты проверки на пораженность образцов выявили на питательной среде рост колоний гриба во всех инокулированных образцах, где были обнаружены внутренние и внешние симптомы графтиоза (см. рисунок).

Исследования образцов показало, что при инокуляции в ранневесенний (апрель) и осенний (август – сентябрь) периоды интенсивное распространение гриба по сосудам не высокое (не выше 1,5–5,0 см от места инъекции), и далее развитие гриба не развивается. Активный рост и распространение паразита отмечено во время активного роста растения и формирования весенне-летних сосудов, прироста древесины. У *Ulmus minor* Mill. этот процесс наблюдается с первой декады мая и продолжается по вторую декаду июня. Продолжительность инкубационного периода графтиоза зависит от сроков заражения. С повышением температуры инкубационный период трахеомикоза снижается. Если поражение вяза патогеном фиксировалось четвертого мая, то продолжительность инкубационного периода составила двадцать девять дней, соответственно двенадцатого мая – двадцать один день и т. д.

Итак, в острозасушливых условиях Нижнего Поволжья [13] период чувствительности ильмовых к болезни и интенсивное заражение приходится на период плодоношения растения-хозяина, а по фенодатам, как показали наблюдения, совпадают с цветением яблони

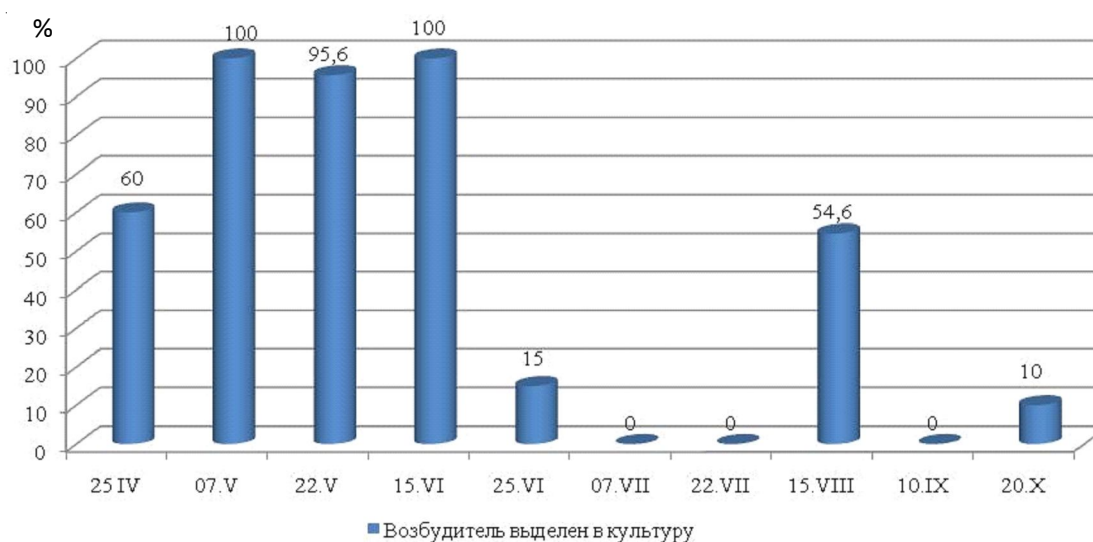
местного сорта Анис. В этот период отмечается массовый лет жуков-заболонников первой генерации, которые в наших условиях являются переносчиками спор *Ophiostoma ulmi*. Проведенное исследование по установлению периода высокой чувствительности ильмовых к поражению графтиозу, выявление синхронности этого периода с активным питанием насекомых-переносчиков дает возможность для проведения грамотной борьбы с паразитами и их переносчиками, а также успешному проведению селекционных работ на устойчивость к патогену.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белицкая, М. Н. Фауна энтомофагов в лесоаграрных ландшафтах аридной зоны / М. Н. Белицкая, Е. А. Иванцова // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11, Естественные науки. – 2012. – № 2 (4). – С. 50–55.
2. Дорофеева, Т. Б. Эпифитотия офиостомоза в насаждениях вязов Санкт-Петербурга и методы ее изучения / Т. Б. Дорофеева // Вестник защиты растений. – 2007. – № 4. – С. 41–47.
3. Жуклис, Л. П. Голландская болезнь ильмовых пород в Литовской ССР и меры борьбы с ней / Л. П. Жуклис // Сборник научных трудов Литовского НИИ лесного хозяйства. – Каунас : [б. и.], 1958. – Т. 3. – С. 25–29.
4. Зудилин, В. А. Голландская болезнь ильмовых, биология ее возбудителя и обоснование мер борь-

бы : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Зудилин В. А. – М., 1971. – 23 с.

5. Иванцова, Е. А. Изменчивость численности насекомых-филлофагов в городских насаждениях различных экологических категорий / Е. А. Иванцова, М. Т. Нгуен, Т. Ш. Нгуен // Вестник ИрГСХА. – 2023. – № 115. – С. 6–16.
6. Иванцова, Е. А. Экологическая оценка городских агломераций на основе индикаторов устойчивого развития / Е. А. Иванцова, М. В. Постнова, В. А. Сагалаев, А. А. Матвеева, А. В. Холоденко // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3, Экономика, Экология. – 2019. – Т. 21, № 2. – С. 143–156. – DOI: <https://doi.org/10.15688/jvolsu3.2019.2.13>
7. Калько, Г. В. Голландская болезнь вязов в Санкт-Петербурге / Г. В. Калько // Микология и фитопатология. – 2008. – Т. 42, вып. 6. – С. 564–571.
8. Крангауз, Р. А. Биофенология графтиоза ильмовых пород и меры борьбы с ним / Р. А. Крангауз // Защита лесных насаждений от вредителей и болезней : сб. науч. тр. / под ред. И. В. Тропинина – Пушкино : [б. и.], 1975. – 168 с.
9. Крангауз, Р. А. Голландская болезнь ильмовых пород и меры борьбы с ней / Р. А. Крангауз. – М. : Лес. пром-сть, 1964. – 7 с.
10. Крюкова, Е. А. Голландская болезнь ильмовых: актуальные защитные мероприятия в насаждениях Нижнего Поволжья / Е. А. Крюкова, Т. В. Кузнецова, С. В. Колмукиди // Природные системы и ресурсы. – 2019. – Т. 9, № 1. – С. 27–36. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2019.1.4>
11. Минкевич, И. И. Фитопатология. Болезни древесных и кустарниковых пород / И. И. Минке-



Результаты проверки зараженности *Ulmus minor* Mill. трахеомикозом методом выделения возбудителя в культуру в различные сроки

вич, Т. Б. Дорофеева, В. Ф. Ковязин ; под ред. И. И. Минкевич. – СПб. : Лань, 2023. – 160 с.

12. Мощеникова, Н. Б. Методическое пособие по изучению голландской болезни вязов / Н. Б. Мощеникова, Е. В. Вязникова. – СПб. : [б. и.], 2016. – 43 с.

13. Овсянкин, Р. В. Воздействие антропогенной нагрузки на насаждения в функциональных зонах урбанизированной среды г. Волгограда / Р. В. Овсянкин, Е. А. Иванцова // Экологическая безопасность и охрана окружающей среды в регионах России: теория и практика : материалы Всерос. науч.-практ. конф. – Волгоград : Изд-во ВолГУ, 2015. – С. 350–356.

14. Овсянкин, Р. В. Состояние зеленых насаждений в промышленной зоне г. Волгограда / Р. В. Овсянкин, Е. А. Иванцова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 2 (42). – С. 119–127.

15. Овсянкин, Р. В. Состояние древесных насаждений южной промзоны г. Волгограда / Р. В. Овсянкин, Е. А. Иванцова // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2014. – Т. 10, № 2. – С. 544–547.

16. Тихонова, А. А. Оценка жизненного состояния древесной растительности санитарно-защитной зоны АО «ФНПЦ “Титан-Баррикады”» в Волгограде / А. А. Тихонова, Е. А. Иванцова // Экология урбанизированных территорий. – 2020. – № 3. – С. 22–27.

17. Фирсов, Г. А. Современное состояние вязов (*Ulmus L.*, *Ulmaceae*) в парке-дендрарии Ботанического сада Петра Великого в условиях эпифитотии голландской болезни вязов / Г. А. Фирсов, Т. С. Булгаков // Hortus Botanicus. – 2017. – Т. 12. – С. 278–312.

18. Черпаков, В. В. Природа голландской болезни вязов: новые аспекты диагностики, патогенеза, этиологии / В. В. Черпаков // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2019. – № 228. – С. 266–293.

19. Щербакова, Л. Н. Динамика очагов голландской болезни вязов в г. Санкт-Петербурге / Л. Н. Щербакова, Н. Б. Мощеникова, С. В. Шевченко // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2018. – № 67. – С. 226–232.

20. Brasier, C. Enhanced Outcrossing, Directional Selection and Transgressive Segregation Drive Evolution of Novel Phenotypes in Hybrid Swarms of the Dutch Elm Disease Pathogen *Ophiostoma novo-ulmi* / C. Brasier, S. Franceschini, J. Forster, S. Kirk // J. Fungi 2021. – Vol. 7 – Art. 452.

21. Braun, H. J. Die mögliche Verbreitung des “Ulmensterbens” durch Wurzelverwachsungen bei *Ulmus carpiniifolia* Gled. / H. J. Braun, G. Vanaselow, M. Khalisy // European J. Forest Pathol. – 1978. – Bd. 8, H. 3. – S. 146–154.

22. Buismam, C. J. *Ceratostomella ulmi*, de deslachtelijke vorm van *Graphium ulmi* Schwarz

/ C. J. Buismam // Tijdschr Plziekt. – 1982. – Vol. 38. – P. 1–5.

23. Harwood, T. D. Dutch Elm Disease Revisited: Past, Present and Future Management in Great Britain / T. D. Harwood, I. Tomlinson, C. A. Potter, J. D. Knight // Plant Pathology. – 2011. – Vol. 60, iss. 3. – P. 545–555.

24. Martín, J. A. Breeding and Scientific Advances in the Fight Against Dutch Elm Disease: Will They Allow the Use of Elms in Forest Restoration? / J. A. Martín, J. Sobrino-Plata, J. Rodríguez-Calcerrada, C. Collada, L. Gil // New Forests. – 2019. – Vol. 50, iss. 2. – P. 183–215.

25. Ogris, N. Ash Dieback and Dutch Elm Disease: Current Situation and Prospects in Slovenia. / N. Ogris // Baltic Forestry. – 2018. – Vol. 24, iss. 2. – P. 181–184.

26. Smalley, E. B. Breeding Elms for Resistance to Dutch Elm Disease / E. B. Smalley, R. P. Guries // Annual Review of Phytopathology. – 1993. – Vol. 31. – P. 325–352.

27. Sutherland, M. L. The Influence of Temperature and Light on Defoliation Levels of Elm by Dutch Elm Disease / M. L. Sutherland, S. Pearson, C. M. Brasier // Phytopathology. – 1997. – Vol. 87, № 6. – P. 576–581.

28. Tchernoff, V. Method for Screening and for the Rapid Selection of Elms for Resistance to Dutch Elm Disease / V. Tchernoff // Acta Botanica Nederl. – 1965. – Vol. 14. – P. 409–452.

REFERENCES

1. Belickaya M.N., Ivantsova E.A. Fauna entomofagov v lesoagrarnyh landshaftah aridnoj zony [Fauna of Entomophages in the Forest-Agrarian Landscapes of the Arid Zone]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 11. Estestvennye nauki*, 2012, no. 2 (4), pp. 50-55.

2. Dorofeeva T.B. Epifitotiya ofiostomoza v nasazhdeniyah vyazov Sankt-Peterburga i metody ee izucheniya [Epiphytotoy of Ophiostomosis in Elm Plantations in St. Petersburg and Methods of Its Study]. *Vestnik zashchity rastenij* [Herald of Plant Protection], 2007, no. 4, pp. 41-47.

3. Zhuklis L.P. Gollandskaya bolezn ilmovyh porod v Litovskoj SSR i mery borby s nej [Dutch Disease of Elm Species in the Lithuanian SSR and Measures to Combat It]. *Sbornik nauchnyh trudov Litovskogo NII lesnogo hozyajstva* [Collection of Scientific Works of the Lithuanian Forestry Research Institute]. Kaunas, s. n., 1958, vol. 3, pp. 25-29.

4. Zudilin V.A. *Gollandskaya bolezn ilmovyh, biologiya ee vzbuditelya i obosnovanie mer borby: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk* [Dutch Elm Disease, Biology of Its Causative Agent and Rationale for

Control Measures. Cand. biol. sci. abs. diss.]. Moscow, 1971. 23 p.

5. Ivantsova E.A., Nguen M.T., Nguen T.Sh. Izmenchivost chislennosti nasekomyh-fillofagov v gorodskih nasazhdeniyah razlichnyh ekologicheskikh kategorij [Variability of the Number of Phyllophagous Insects in Urban Plantings of Various Ecological Categories]. *Vestnik IrGSHA* [Bulletin of the IrGSHA], 2023, no. 115, pp. 6-16.

6. Ivantsova E.A., Postnova M.V., Sagalae V.A., Matveeva A.A., Holodenko A.V. Ekologicheskaya ocenka gorodskih aglomeracij na osnove indikatorov ustojchivogo razvitiya [The Environmental Assessment of Urban Agglomerations on the Basis of Sustainable Development Indicators]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 3. Ekonomika. Ekologiya* [Science Journal of Volgograd State University. Global Economic System], 2019, vol. 21, no. 2, pp. 143-156. DOI: <https://doi.org/10.15688/jvolsu3.2019.2.13>

7. Kalko G.V. Gollandskaya bolezn vyazov v Sankt-Peterburge [Dutch Elm Disease in St. Petersburg]. *Mikologiya i fitopatologiya* [Mycology and Phytopathology], 2008, vol. 42, iss. 6, pp. 564-571.

8. Krangauz R.A. Biofenologiya grafioza ilmovyh porod i mery borby s nim [Biophenology of Graphiosis of Elm Species and Measures to Combat It]. Tropinin I.V., ed. *Zashchita lesnyh nasazhdenij ot vreditel'ej i boleznej: sb. nauch. tr.* [Protection of Forest Plantations from Pests and Diseases. Collection of Scientific Works]. Pushkino, s. n., 1975. 168 p.

9. Krangauz R.A. *Gollandskaya bolezn ilmovyh porod i mery borby s nej* [Dutch Disease of Elm Species and Measures to Combat It]. Moscow, Les. prom-st, 1964. 7 p.

10. Kryukova E.A., Kuznecova T.V., Kolmukidi S.V. Gollandskaya bolezn ilmovyh: aktualnye zashchitnye meropriyatiya v nasazhdeniyah Nizhnego Povolzhya [Dutch Elm Disease: Topical Protective Measures in Plantings of the Lower Volga Region]. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2019, vol. 9, no. 1, pp. 27-36. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2019.1.4>

11. Minkevich I.I., Dorofeeva T.B., Kovyazin V.F. *Fitopatologiya. Bolezni drevesnyh i kustarnikovykh porod* [Plant Pathology. Diseases of Tree and Shrub Species]. Saint Petersburg, Lan Publ., 2023. 160 p.

12. Moshchenikova N.B., Vjaznikova E.V. *Metodicheskoe posobie po izucheniju gollandskoj bolezni vjazov* [Study Guide for the Study of Dutch Elm Disease]. Saint Petersburg, s. n., 2016. 43 p.

13. Ovsyankin R.V., Ivantsova E.A. Vozdejstvie antropogennoj nagruzki na nasazhdeniya v funkcionalnykh zonah urbanizirovannoj sredy g. Volgograda [The Impact of Anthropogenic Load on Plantings in the Functional Zones of the Urbanized

Environment of Volgograd]. *Ekologicheskaya bezopasnost i ohrana okruzhayushchej sredy v regionah Rossii: teoriya i praktika: materialy vseros. nauch.-prakt. konf.* [Environmental Safety and Environmental Protection in the Regions of Russia: Theory and Practice. Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference]. Volgograd : Izd-vo VoGU, 2015, pp. 350-356.

14. Ovsyankin R.V., Ivantsova E.A. Sostoyanie zelenykh nasazhdenij v promyshlennoj zone g. Volgograda [The State of Green Spaces in the Industrial Zone of Volgograd] *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie* [Proceedings of Nizhnevolzskiy Agrouniversity Complex: Science and Higher Vocational Education], 2016, no. 2 (42), pp. 119-127.

15. Ovsyankin R.V., Ivantsova E.A. Sostoyanie drevesnykh nasazhdenij yuzhnoj promzony g. Volgograda [The State of Tree Plantations in the Southern Industrial Zone of Volgograd]. *Geopolitika i ekogeodinamika regionov* [Geopolitics and Ecogeodynamics of the Regions], 2014, vol. 10, no. 2, pp. 544-547.

16. Tihonova A.A., Ivantsova E.A. Ocenka zhiznennogo sostoyaniya drevesnoj rastitelnosti sanitarno-zashchitnoj zony AO «FNPC “Titan-Barrikady”» v Volgograde [Assessment of the Living Condition of Woody Vegetation of the Sanitary Protection Zone of JSC “FNPC ‘Titan-Barricades’” in Volgograd]. *Ekologiya urbanizirovannykh territorij* [Ecology of Urbanized Territories], 2020, no. 3, pp. 22-27.

17. Firsov G.A., Bulgakov T.S. Sovremennoe sostoyanie vyazov (*Ulmus L.*, *Ulmaceae*) v parke-dendrarii Botanicheskogo sada Petra Velikogo v usloviyah epifitotii gollandskoj bolezni vyazov [The Current State of Elms (*Ulmus L.*, *Ulmaceae*) in the Park-Arboretum of the Botanical Garden of Peter the Great in the Conditions of Epiphytotics of Dutch Elm Disease]. *Hortus Botanicus*, 2017, vol. 12, pp. 278-312.

18. Cherpakov V.V. Priroda gollandskoj bolezni vyazov: novye aspekty diagnostiki, patogenez, etiologii [The Nature of Dutch Elm Disease: New Aspects of Diagnosis, Pathogenesis, and Etiology]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii* [Proceedings of the St. Petersburg Forestry Academy], 2019, no. 228, pp. 266-293.

19. Shcherbakova L.N., Moshchenikova N.B., Shevchenko S.V. Dinamika ochagov gollandskoj bolezni vyazov v g. Sankt-Peterburge [Dynamics of Foci of Dutch Elm Disease in St. Petersburg]. *Subtropicheskoe i dekorativnoe sadovodstvo* [Subtropical and Ornamental Gardening], 2018, no. 67, pp. 226-232.

20. Brasier C., Franceschini S., Forster J., Kirk S. Enhanced Outcrossing, Directional Selection and Transgressive Segregation Drive Evolution of Novel Phenotypes in Hybrid Swarms of the Dutch Elm Disease

Pathogen *Ophiostoma novo-ulmi*. *J. Fungi*, 2021, vol. 7, art. 452.

21. Braun H.J., Vanaselow G., Khalisy M. Die mögliche Verbreitung des "Ulmensterbens" durch Wurzelverwachsungen bei *Ulmus carpiniifolia* Gled. *Europen J. Forest Pathol.*, 1978, Bd. 8, H. 3, S. 146-154.

22. Buismam C.J. *Ceratostomella ulmi*, de deslachtelijke vorm van *Graphium ulmi* Schwarz. *Tijdschr Plziekt*, 1982, vol. 38, pp. 1-5.

23. Harwood T.D., Tomlinson I., Potter C.A., Knight J.D. Dutch Elm Disease Revisited: Past, Present and Future Management in Great Britain. *Plant Pathology*, 2011, vol. 60, iss. 3, pp. 545-555.

24. Martín J.A., Sobrino-Plata J., Rodríguez-Calcerrada J., Collada C., Gil L. Breeding and Scientific Advances in the Fight Against Dutch Elm Disease:

Will They Allow the Use of Elms in Forest Restoration? *New Forests*, 2019, vol. 50, iss. 2, pp. 183-215.

25. Ogris N. Ash Dieback and Dutch Elm Disease: Current Situation and Prospects in Slovenia. *Baltic Forestry*, 2018, vol. 24, iss. 2, pp. 181-184.

26. Smalley E.B., Guries R.P. Breeding Elms for Resistance to Dutch Elm Disease. *Annual Review of Phytopathology*, 1993, vol. 31, pp. 325-352.

27. Sutherland M.L., Pearson S., Brasier C.M. The Influence of Temperature and Light on Defoliation Levels of Elm by Dutch Elm Disease. *Phytopathology*, 1997, vol. 87, no. 6, pp. 576-581.

28. Tchernoff V. Method for Screening and for the Rapid Selection of Elms for Resistance to Dutch Elm Disease. *Acta Botanica Nederl.*, 1965, vol. 14, pp. 409-452.

Information About the Authors

Svetlana V. Kolmukidi, Candidate of Sciences (Agriculture), Associate Professor, Department of Biology and Bioengineering, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, kolmukidi@volsu.ru

Tatyana V. Kuznetsova, Candidate of Sciences (Agriculture), Methodist, Station of Young Naturalists of the Kirovskiy District of Volgograd, Kurchatova St, 1, 400059 Volgograd, Russian Federation, ceratocystis@list.ru

Информация об авторах

Светлана Валерьевна Колмукиди, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры биологии и биоинженерии, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, kolmukidi@volsu.ru

Татьяна Владимировна Кузнецова, кандидат сельскохозяйственных наук, методист, Станция юных натуралистов Кировского района Волгограда, ул. Курчатова, 1, 400059 г. Волгоград, Российская Федерация, ceratocystis@list.ru