

А.А. Шишкина, Н.Н. Карпун

**ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ ОЧАГОВ КОРНЕВОЙ ГУБКИ
В ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУРАХ СОСНЫ
СЕРЕБРЯНОБОРСКОГО ОПЫТНОГО ЛЕСНИЧЕСТВА**

Введение. Корневая губка (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref., Basidiomycota, Bondarzewiaceae) считается одним из наиболее опасных патогенов, вызывающих гибель сосновых насаждений [Негруцкий, 1973; Алексеев, 1974; Asiegbu et al., 2005; La Porta et al., 2008; Kovalchuk et al., 2022]. Возникновение и распространение очагов корневой губки в зависимости от комплекса различных факторов приводит или к медленно развивающемуся усыханию древостоев, или к их быстрому распаду [Кобец, 2001; Garbelotto, Gonthier, 2013]. Значительный экономический ущерб от патогена связан не только с повышением доли погибших деревьев, но и увеличением их подверженности ветровалу, снижением качества древесины, косвенными потерями, вызванными уменьшением прироста [Gori et al., 2013].

Многолетние наблюдения за состоянием сосновых древостоев на территории Серебряноборского опытного лесничества Института лесоведения ИЛАН РАН (Московская область) установили преобладание в них ослабленных и сильно ослабленных деревьев. В качестве основной причины отпада в культурах было определено поражение их корневой губкой [Рысин и др., 2001].

Географические культуры сосны обыкновенной Серебряноборского опытного лесничества были созданы в 1948–1950 гг. под руководством профессора Л.Ф. Правдина на участке, вышедшем из-под сельскохозяйственного пользования. Почвенные условия однородные. Семена сосны были получены из 34 районов бывшего СССР: от Мурманска до Кавказа и от Риги до Улан-Удэ, число повторностей опыта 1–3. В 1978 и 1981 гг. в культурах были проведены санитарные рубки в основном по причине снеголома [Серебряноборское опытное лесничество, 2010; Мерзленко и др., 2017].

По результатам многолетних исследований коллектива ученых Института лесоведения, по лесоводственному эффекту были выявлены существенные различия между климатипами [Мерзленко и др., 2014; 2017; Глазунов и др., 2015, 2016; Мельник и др., 2017]. Лучшие показатели по сохранности, средней высоте, диаметру и запасу древесины показали кли-

матипы сосны из Полесья, Ярославской области, Удмуртии и Саратовской области. Неудовлетворительными были признаны древостои из семенного материала Костромской, Вологодской и Воронежской областей [Мерзленко и др., 2017; Полякова и др., 2019].

В 2014–2015 гг. на этих участках была проведена комплексная оценка фитопатологического состояния климатипов сосны. Результаты исследований показали, что лучшим состоянием характеризуются сосны из Латвии, Беларуси, Карелии, а также некоторые климатипы происхождения из ближних к месту опытных культур регионов (Калужская и Рязанская области). Пораженными корневой губкой в сильной степени были климатипы из Бурятии, Татарстана, Свердловской и Вологодской областей [Шишкина, Колганихина, 2016].

Цель настоящего исследования – анализ динамики развития очагов усыхания в географических культурах сосны Серебряноборского опытного лесничества (Московская область) за период 2014–2023 гг. и оценка влияния метеорологических факторов на ослабление сосны и ее восприимчивость к корневой губке.

Материалы и методика исследования. Исследования проводили в период 2014–2023 гг. При оценке состояния климатипов и их пораженности корневой губкой использовали общепринятые методы лесопатологического обследования насаждений [Методы мониторинга ..., 2004]. Работы вели на постоянных пробных площадях (далее – ПП), заложенных ранее сотрудниками Института лесоведения РАН. Учеты выполняли в 2014–2015 гг. на 41 ПП и в 2022–2023 гг. – на 15 ПП, характеризующихся по данным первого учета разным состоянием и степенью поражения корневой губкой.

Климатипы сравнивали по трем показателям, характеризующим их санитарное и фитопатологическое состояние: средневзвешенная категория состояния (СКС), пораженность культур корневой губкой (ПКГ), %, суммарная доля условно здоровых деревьев первой и второй категорий состояния (С1,2), %. Оценка успешности климатипов проводили в соответствии с модифицированной методикой определения целесообразности внедрения климатипов по лесоводственным характеристикам [Мерзленко, 1995]. Данные принципы определения успешности климатипов применяли в предыдущих исследованиях на этом объекте [Шишкина, Колганихина, 2016]. Методика расчетов состояла из следующих этапов:

1) расчет абсолютной успешности климатипа, U :

$$U = X_p - X_m,$$

где X_p – среднеарифметический показатель по каждому климатипу; X_m – среднеарифметический показатель генеральной совокупности.

2) расчет в долях стандартного отклонения относительной успешности испытываемого климатипа, Q :

$$Q = \frac{U}{\sigma},$$

где U – абсолютная успешность климатипа по конкретному показателю; σ – стандартное отклонение по всей выборке опыта;

3) получение обобщенного показателя успешности климатипа, φ :

$$\varphi = \frac{Q_{\text{СКС}} + Q_{\text{ПКГ}} + Q_{\text{С1,2}}}{3},$$

где $Q_{\text{СКС}}$ – относительная успешность климатипа по СКС; $Q_{\text{ПКГ}}$ – относительная успешность климатипа по ПКГ; $Q_{\text{С1,2}}$ – относительная успешность климатипа по С1,2.

Успешность климатипов оценивали по следующим градациям: успешные, с удовлетворительным состоянием и неблагоприятные. При этом к успешным были отнесены все климатипы, у которых значение обобщенного показателя успешности (φ) менее $-0,5$, к неблагоприятным – более $+0,5$. Показатель успешности, приближенный к нулю, означал среднее значение данного показателя по всей выборке.

Влияние метеорологических факторов изучали по дендрохронологическим образцам (кернам), отобраным у четырех климатипов, в том числе местного, с разной степенью поражения корневой губкой. У каждого климатипа отбирали по 20–22 керна, учитывая представленность деревьев разных категорий состояния на ПП. При анализе данных учитывали расположение деревьев в очагах усыхания (очаг, границы очага, межочаговое пространство). В качестве параметра отклика сосны на климатические изменения были приняты индексы радиального прироста, которые рассчитывались путем деления ширины годичного кольца текущего года к средней ширине годичного кольца за последние пять лет. Для анализа влияния погодных данных использовали архив погоды на сайте www.gp5.ru [Архив погоды, 2023]. Установление зависимостей между величиной индекса прироста и метеорологических переменных осуществляли методами корреляционного анализа. В качестве основных параметров были выбраны: количество осадков и среднемесячная температура по месяцам вегетационного периода, показатель влагообеспеченности вегетационного периода – гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова (ГТК).

Результаты исследования. По данным оценки современного состояния географических культур установлено, что в последние годы в них продолжались активные процессы усыхания сосны от корневой губки (рис. 1).

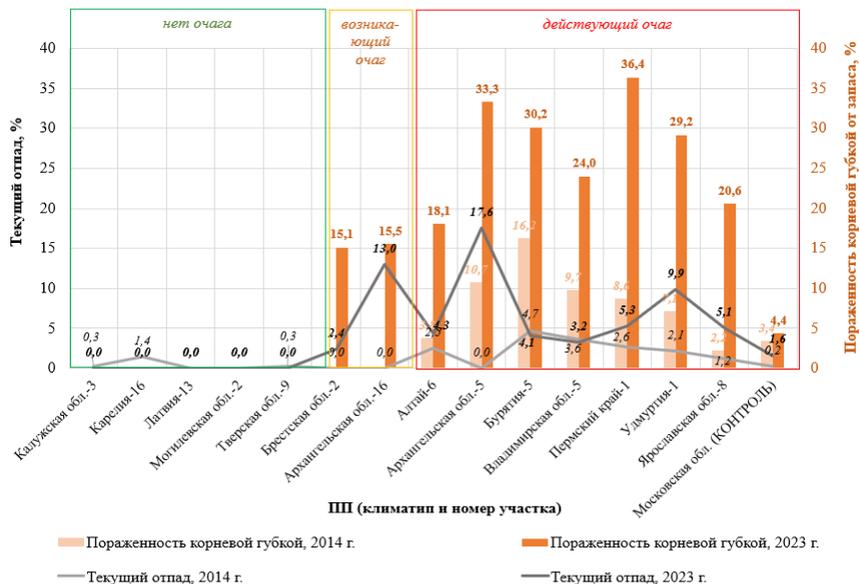


Рис. 1. Динамика текущего отпада и доли пораженных корневой губкой деревьев сосны в географических культурах Серебряноборского опытного лесничества, 2014–2023 гг.

Fig. 1. Dynamics of trees dieback and the proportion of trees infected by annosum root rot in Scots pine provenances of Serebryanoborskoe Experimental Forestry, 2014–2023

До 2014 г. на обследованных участках от поражения этим патогеном погибло 40 деревьев, к 2015 г. – 57 деревьев. В 2017 г. древостои были частично пройдены выборочной санитарной рубкой, но это мероприятие было проведено не в полном объеме и не повлияло на прекращение роста очагов, так как были удалены единичные сухостойные деревья. В настоящее время общее число деревьев, погибших или усыхающих от корневой губки, составляет 201 шт. (16,5% от всех деревьев на повторно обследованных ПП). Доля пораженных деревьев на участках с действующими очагами увеличилась в 2–9 раз. Общая площадь куртин усыхания возросла более чем в 2,5 раза (вместо 0,10 га достигла 0,26 га). Таким образом, заметно прогрессирующее поражение культур за период наблюдений.

На двух из семи ПП, характеризовавшихся ранее отсутствием очагов корневой губки, возникли группы усыхающих деревьев, пораженных этим патогеном. Они приурочены к более старым куртинам усыхания на примыкающих ПП, что свидетельствует о распространении инфекции от соседних зараженных деревьев.

По данным учетов в 2022–2023 гг. отмечено усыхание более половины деревьев, имевших при учете в 2014–2015 гг. категорию состояния «сильно ослабленные» (рис. 2). Из ослабленных деревьев погибло каждое пятое дерево, из здоровых – каждое десятое.

В 2014–2015 гг. отмечалось усыхание деревьев преимущественно низших классов Крафта (в среднем 5-го) с диаметрами, меньше среднего диаметра всех деревьев на ПП (рис. 3). В последние годы наблюдается гибель деревьев средних классов Крафта (в основном 3-го). При первом учете не было выявлено ни одного пораженного дерева 1-го класса Крафта, однако в настоящий момент доля лидирующих деревьев, оказавшихся в очагах усыхания и погибших от заболевания, заметно возросла. Средний диаметр деревьев, пораженных корневой губкой, увеличился, и на некоторых участках достиг среднего значения диаметра всех деревьев на ПП.

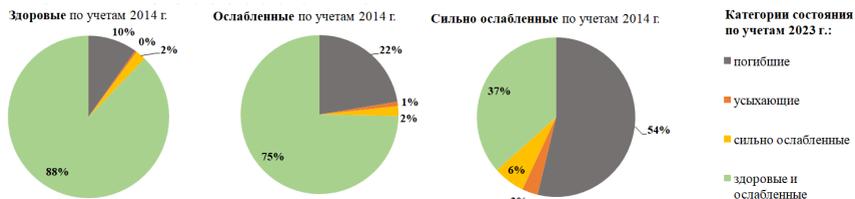


Рис. 2. Динамика состояния деревьев сосны в географических культурах Серебрянборского опытного лесничества в период с 2014 по 2023 гг.

Fig. 2. Dynamics of tree condition in Scots pine provenances of Serebryanoborskoe Experimental Forestry, 2014–2023

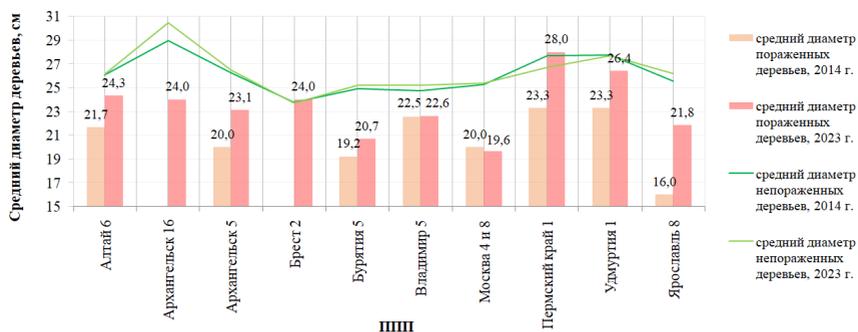


Рис. 3. Средний диаметр пораженных и непораженных корневой губкой деревьев по учетам 2014 и 2023 гг. Московская обл., Серебрянборское опытное лесничество

Fig. 3. Mean diameter of trees affected by annosum root rot and sustainable trees (2014–2023). Moscow region, Serebryanoborskoe Experimental forestry

На примере фрагмента ПП Алтай-6 (культуры происхождения из Алтайского края) приведена динамика роста куртин усыхания за период исследования (рис. 4). Анализ пространственного расположения очагов усыхания показал, что иногда один очаг поражения охватывает два и более участка с разными климатипами (рис. 5). При этом в ряде случаев куртины пораженных деревьев примыкают к участкам с климатипами, не имеющими к настоящему времени признаков поражения корневой губкой. Роль климатипа в формировании устойчивости подтверждают и однородные почвенные условия, которые в целом благоприятны для развития корневой губки. Ранее участки использовались как сельхозугодья, поэтому для них характерно наличие в почвах плужной подошвы, являющейся водоупором. Такие условия способствуют образованию у сосны поверхностных боковых корней, наиболее подверженных заражению, а также значительному колебанию увлажненности почвы в верхних горизонтах при дефиците и избытке осадков [Негруцкий, 1973].

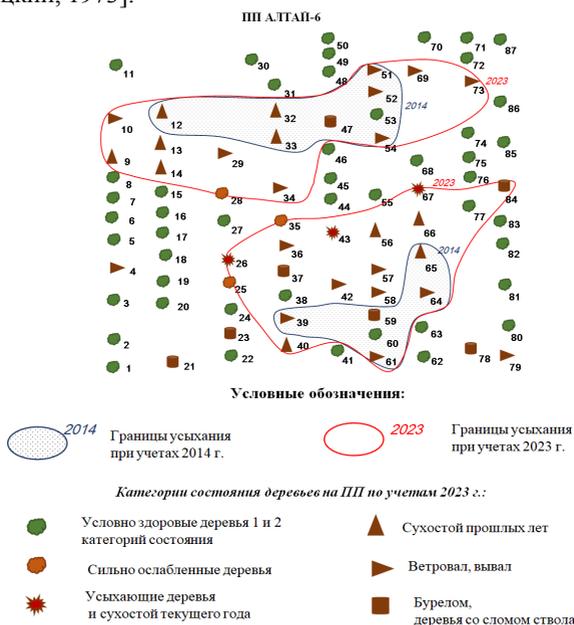


Рис. 4. Динамика усыхания деревьев сосны на постоянной пробной площади в географических культурах Серебряноборского опытного лесничества на примере климатипа сосны из Алтайского края. 2014–2023 гг.

Fig. 4. Dynamics of trees mortality on the trial plot in Scots pine provenances of Serebryanoborskoe Experimental Forestry, 2014–2023

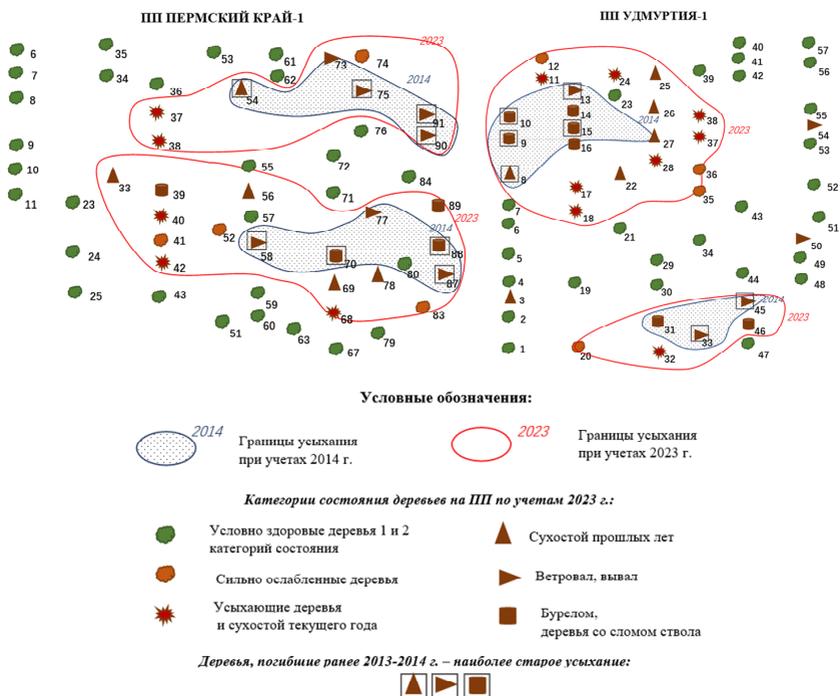


Рис. 5. Примыкающие постоянные пробные площади с общим очагом усыхания. Серебряноборское опытное лесничество, 2014–2023 гг.

Fig. 5. Adjacent trial plots with a common rot disease pocket. Serebryanoborskoe Experimental Forestry, 2014–2023

В связи с тем, что исследование проводили в географических культурах, представляет интерес выяснить, как повлияли произошедшие изменения на успешность климатипов, оцененную ранее по материалам учетов 2014–2015 гг. Установлено, что почти у половины климатипов оценка показателя успешности ухудшилась. Климатипы из Ярославской, Тверской областей, Алтайского края и Брестской области Беларуси перешли из группы «успешные» в группу «удовлетворительного состояния» со средними показателями успешности (рис. 6). Связано это с ростом очагов корневой губки (ПП Ярославская область, Алтайский край, Брестская область) или частичным повреждением участков буреломом (ПП Тверская область). Из удовлетворительной группы в неблагоприятную перешли климатипы из Архан-

гельской области, Удмуртии и Пермского края также в связи с распространением очагов корневой губки. Улучшилось значение показателя успешности у всех климатипов, не подвергшихся до настоящего времени заражению корневой губкой, при этом они были оценены как успешные и при предыдущем исследовании. Климатипы, с отмеченными ранее крупными очагами усыхания, остались в группе «неблагополучные». У контрольного климатипа местного происхождения оценка улучшилась, но также как и ранее осталась удовлетворительной.

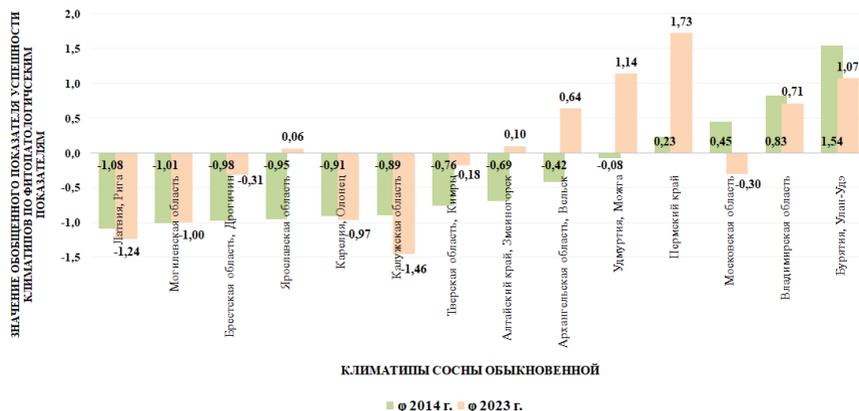


Рис. 6. Динамика успешности климатипов сосны в географических культурах Серебряноборского опытного лесничества за период 2014–2023 гг.

Fig. 6. Dynamics of Scots pine provenances success in Serebryanoborskoe Experimental Forestry, 2014–2023

Для выяснения причин активного роста очагов корневой губки был проведен анализ условий, способствующих ослаблению сосны, на основе динамики радиального прироста по годам. Для деревьев в очагах усыхания характерно резкое снижение приростов (рис. 7). Устойчивый спад прироста у зараженных деревьев начинается в среднем за четыре года до их гибели. Это объясняется отмиранием корней, пораженных гнилью, и снижением способности деревьев поглощать воду и питательные вещества [Gori et al., 2013]. Увеличение прироста отмечено у экземпляров, произрастающих в отдалении от очагов, а также по их границам, что, по-видимому, связано с освобождением пространства для их роста вследствие гибели соседних деревьев.

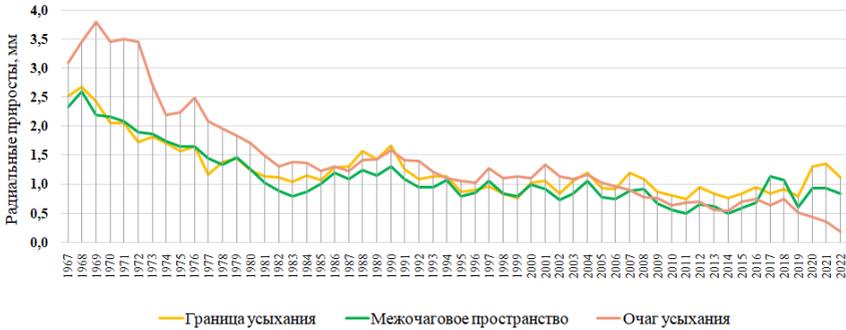


Рис. 7. Динамика радиального прироста у деревьев сосны в зависимости от расположения относительно очагов усыхания в географических культурах Серебряноборского опытного лесничества за период 1967–2022 гг.

Fig. 7. Dynamics of pine trees radial growth depending on trees location relative to disease pockets in Scots pine provenances of Serebryanoborskoe Experimental Forestry, 1967–2022

Установлено, что в большей степени на величину прироста влияет влагообеспеченность вегетационного периода. За период роста исследуемых культур наиболее засушливые условия сложились в вегетационный период 1967, 1992, 1995, 2002, 2010, 2011, 2014 гг. В эти годы наблюдается дружный спад приростов сосны у всех исследуемых климатических типов (рис. 8). Между значениями ГТК и средними индексами прироста выявлена связь умеренной силы: у разных климатических типов коэффициент корреляции (далее – r) с уровнем значимости 0,01 составляет от 0,37 (Брестская область) до 0,51 (Алтайский край). За последние 10 лет эта зависимость усилилась: r варьирует от 0,49 (Брестская область) до 0,62 (Бурятия).

Известно, что сосна обыкновенная обладает значительной приспособленностью к резким изменениям погодных условий [Правдин, 1964]. Однако по некоторым наблюдениям, после засухи отмечается резкое снижение прироста и ослабление насаждений, повышение интенсивности усыхания сосновых культур от корневой губки [Синадский, 1983; Сингауллин, 2017]. Полученные нами данные подтверждают этот вывод. В большей степени отклик прироста на засуху прослеживается у сосны происхождения из Бурятии, характеризующейся к тому же сильной степенью поражения корневой губкой.

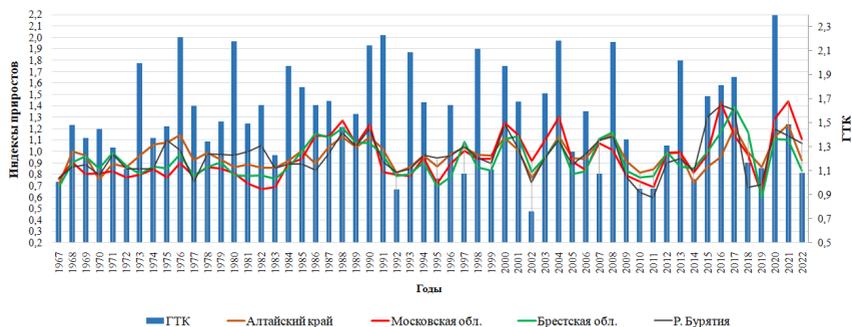


Рис. 8. Динамика индексов приростов деревьев сосны в географических культурах Серебряноборского опытного лесничества в связи с изменением значений ГТК по годам на примере разных климатипов сосны за период 1967–2022 гг.

Fig. 8. Dynamics of pine trees growth indices in Scots pine provenances of Serebryanoborskoe Experimental Forestry in connection with changes in moisture availability during the growing season, 1967–2022

Из различных метеопараметров наибольшее влияние на величину индекса прироста оказывают осадки в течение вегетационного периода: r с уровнем значимости 0,01 составляет от 0,37 (Брестский климатип) до 0,47 (Бурятский климатип). По месяцам вегетационного периода наибольшая связь отмечена между величиной индекса прироста и количеством осадков за июль (r с уровнем значимости 0,05 равен от 0,27 до 0,44), причем за последние 20 лет степень влияния количества осадков в июле на величину радиального прироста заметно усилилась (r с уровнем значимости 0,01 достигает от 0,46 до 0,55). Не выявлено связи между среднегодовой температурой воздуха и величиной индексов прироста. В большинстве случаев взаимосвязь этих показателей слабая и обратная.

Выводы. В последние годы в географических культурах Серебряноборского опытного лесничества темпы усыхания сосны от корневой губки заметно возросли. Климатипы из Тверской, Калужской областей, Карелии, Латвии и Могилевской области Белоруссии продолжают сохранять устойчивость к этому патогену.

Анализ пространственного расположения куртин усыхания показал, что один очаг поражения может как охватывать два и более участка с разными климатипами, так и прерываться на границе двух климатипов. Роль климатипа в формировании устойчивости подтверждают и однородные почвенные условия местопрорастания.

Наибольшее влияние на величину индекса радиального прироста деревьев оказывают осадки, выпадающие в течение вегетационного периода, и в целом его влагообеспеченность. За период с 2014 по 2023 гг. усилилась степень воздействия климатических факторов на величину радиального прироста деревьев, что свидетельствует о снижении их устойчивости. Значительные колебания ГТК по годам, наиболее вероятно, способствовали ослаблению культур и росту очагов усыхания, вызванного корневой губкой.

Установлена разная степень снижения прироста климатипами в ответ на недостаточность влагообеспеченности вегетационного периода, что может также являться одним из механизмов устойчивости.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

Алексеев И.А. Научные основы лесохозяйственных мер борьбы с корневой губкой в лесах Полесья и лесостепи УССР: автореф. дисс. ... д. с.-х. наук. Л., 1974. 35 с.

Архив погоды в Москве (ВДНХ) // Расписание Погоды. 2023. URL: [https://tr5.ru/Архив_погоды_в_Москве_\(ВДНХ\)](https://tr5.ru/Архив_погоды_в_Москве_(ВДНХ)) (дата доступа: 23.11.2023).

Глазунов Ю.Б., Мельник П.Г., Мерзленко М.Д. Рост саратовского климатипа сосны обыкновенной в условиях Подмосковья // Аграрный научный журнал. 2016. № 9. С. 9–14.

Глазунов Ю.Б., Мерзленко М.Д., Мельник П.Г. Сравнительные особенности роста карельского климатипа сосны обыкновенной в условиях Подмосковья // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2015. № 4. С. 67–72.

Кобец Е.В. Рекомендации по защите хвойных пород от корневой губки в лесах европейской части России. Пушкино: ВНИИЛМ. 2001. 16 с.

Мельник П.Г., Глазунов Ю.Б., Мерзленко М.Д. Рост и производительность архангельского климатипа сосны обыкновенной в условиях Подмосковья // ИВУЗ. Лесной журнал. 2017. № 1[355]. С. 9–20.

Мерзленко М.Д., Глазунов Ю.Б., Мельник П.Г. Результаты выращивания провениенций сосны обыкновенной в географических посадках Серебряноборского опытного лесничества // Лесоведение. 2017. № 3. С. 176–182.

Мерзленко М.Д., Глазунов Ю.Б., Мельник П.Г. Успешность роста алтайского климатипа сосны в условиях Подмосковья // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2014. № 10 [120]. С. 59–65.

Методы мониторинга вредителей и болезней леса: справочник Болезни и вредители в лесах России / под общ. ред. В.К. Тузова. М.: ВНИИЛМ, 2004. Т. III. 200 с.

Негруцкий С.Ф. Корневая губка. М.: Агропромиздат. 1973. 199 с.

Полякова Г.А., Мерзленко М.Д., Глазунов Ю.Б., Коженкова А.А., Колганихина Г.Б., Мельник П.Г. Серебряноборское опытное лесничество – основная база биогеоэкологических работ Института лесоведения РАН в средней полосе России // Лесохозяйственная информация. № 4. 2019. С. 67–78.

Правдин Л.Ф. Сосна обыкновенная. Изменчивость, внутривидовая систематика и селекция. М.: Наука. 1964. 192 с.

Рысин Л.П., Полякова Г.А., Савельева Л.И. и др. Леса Москвы. Опыт организации мониторинга. М.: Ин-т лесоведения РАН. 2001. 148 с.

Серебряноборское опытное лесничество: 65 лет лесного мониторинга. М.: Тов.-во науч. изд. КМК, 2010. 260 с.

Синадский Ю.В. Сосна. Ее вредители и болезни. М.: Наука. 1983. 344 с.

Сингатуллин И.К. Состояние сосновых древостоев Республики Татарстан после засухи 2010 года // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2017. № 3[27]. С. 95–101.

Шишкина А.А., Колганихина Г.Б. Фитопатологическая оценка успешности географических культур сосны обыкновенной в Серебряноборском опытном лесничестве // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2016. № 3. С. 22–38.

Asiegbu F.O. Adomas A., Stenlid J. Conifer root and butt rot caused by *Heterobasidion annosum* [Fr.] Bref. s.l. // Molecular plant pathology. 2005. № 6 [4]. P. 395–409.

Garbelotto M., Gonthier P. Biology, Epidemiology, and Control of *Heterobasidion* Species Worldwide // Annual Review of Phytopathology. Vol. 51. 2013. P. 39–59.

Gori Y., Cherubini P., Camin F., La Porta N. Fungal root pathogen [*Heterobasidion parviporum*] increases drought stress in Norway spruce stand at low elevation in the Alps // European Journal of Forest Research. 2013. 132[4]. P. 607–619.

Kovalchuk A., Wen Z., Sun H., Asiegbu F. *Heterobasidion annosum* s.l.: Biology, genomics, and pathogenicity factors // Forest Microbiology. 2022. P. 345–359.

La Porta N., Capretti P., Thomsen I.M. et al. Forest pathogens with higher damage potential due to climate change in Europe // Canadian Journal of Plant Pathology, 2008. 30(2). P. 177–195.

References

Alekseev I.A. Nauchnye osnovy lesohozyajstvennyh mer borby s kornevoj gubkoj v lesah Polesya i lesostepi USSR: avtoref. diss. ... d. s.-h. n. L., 1974. 35 p. (In Russ.)

Архив погоды в Москве (VDNH). *Raspisanie Pogody*, 2004. URL: [https://rp5.ru/Архив_pogody_v_Moskve_\(VDNH\)](https://rp5.ru/Архив_pogody_v_Moskve_(VDNH)) (accessed November 23, 2023). (In Russ.)

Asiegbu F.O. Adomas A., Stenlid J. Conifer root and butt rot caused by *Heterobasidion annosum* [Fr.] Bref. s.l. *Molecular plant pathology*, 2005, no. 6 [4], pp. 395–409.

Garbelotto M., Gonthier P. Biology, Epidemiology, and Control of *Heterobasidion* Species Worldwide. *Annual Review of Phytopathology*, 2013, vol. 51, pp. 39–59.

Glazunov Yu.B., Melnik P.G., Merzlenko M.D. Rost saratovskogo klimatipa sosny obyknovnoy v usloviyah Podmoskovya. *Agrarnyj nauchnyj zhurnal*, 2016, no. 9, pp. 9–14. (In Russ.)

Glazunov Yu.B., Merzlenko M.D., Melnik P.G. Sravnitelnye osobennosti rosta karelskogo klimatipa sosny obyknovnoy v usloviyah Podmoskovya. *Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2015, no. 4, pp. 67–72. (In Russ.)

Gori Y., Cherubini P., Camin F., La Porta N. Fungal root pathogen [*Heterobasidion parviporum*] increases drought stress in Norway spruce stand at low elevation in the Alps. *European Journal of Forest Research*, 2013, 132[4], pp. 607–619.

Kobec E.V. Rekomendacii po zashite hvoynyh porod ot kornevoj gubki v lesah evropejskoj chasti Rossii. Pushkino: VNIILM. 2001. 16 p. (In Russ.)

Kovalchuk A., Wen Z., Sun H., Asiegbu F. *Heterobasidion annosum* s.l.: Biology, genomics, and pathogenicity factors. *Forest Microbiology*, 2022, pp. 345–359.

La Porta N., Capretti P., Thomsen I.M. et al. Forest pathogens with higher damage potential due to climate change in Europe. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 2008, 30(2), pp. 177–195.

Melnik P.G., Glazunov Yu.B., Merzlenko M.D. Rost i proizvoditelnost arhangel'skogo klimatipa sosny obyknovnoy v usloviyah Podmoskovya // *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. IVUZ. Lesnoj zhurnal*, 2017, no. 1[355], pp. 9–20. (In Russ.)

Merzlenko M.D., Glazunov Yu.B., Melnik P.G. Rezultaty vyrashivaniya proveniencij sosny obyknovnoy v geograficheskikh posadkah Serebryanoborskogo opyt'nogo lesnichestva. *Lesovedenie*, 2017, no. 3, pp. 176–182. (In Russ.)

Merzlenko M.D., Glazunov Yu.B., Melnik P.G. Uspeshnost rosta al-taj'skogo klimatipa sosny v usloviyah Podmoskovya. *Vestnik Altaj'skogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2014, no. 10 [120], pp. 59–65. (In Russ.)

Metody monitoringa vreditelej i boleznej lesa: spravochnik Bolezni i vrediteli v lesah Rossii / pod obsh. red. V.K. Tuzova. M.: VNIILM, 2004, vol. III. 200 p. (In Russ.)

Negruckij S.F. Kornevaya gubka. M.: Agropromizdat. 1973. 199 p. (In Russ.)

Polyakova G.A., Merzlenko M.D., Glazunov Yu.B., Kozhenkova A.A., Kolganihina G.B., Melnik P.G. Serebryanoborskoe opyt'noe lesnichestvo – os-novnaya baza biogeocenologicheskikh rabot Instituta lesovedeniya RAN v srednej polose Rossii. *Lesohozyajstvennaya informaciya*, 2019, no. 4, pp. 67–78. (In Russ.)

Pravdin L.F. Sosna obyknovennaya. Izmenchivost, vnurividovaya sistematika i selekciya. M.: Nauka. 1964. 192 p. (In Russ.)

Rysin L.P., Polyakova G.A., Saveleva L.I. et al. Lesa Moskvy. Opyt organizacii monitoringa. M.: In-t lesovedeniya RAN. 2001. 148 p. (In Russ.)

Serebryanoborskoe opyt'noe lesnichestvo: 65 let lesnogo monitoringa. M.: Tov.-vo nauch. izd. KMK, 2010. 260 p. (In Russ.)

Shishkina A.A., Kolganihina G.B. Fitopatologicheskaya ocenka us-peshnosti geograficheskikh kultur sosny obyknovnoy v Serebryanobor-skom opyt'nom lesnichestve. *Trudy Sankt-Peterburgskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo hoz'yajstva*, 2016, no. 3, pp. 22–38. (In Russ.)

Sinadskij Yu.V. Sosna. Ee vrediteli i bolezni. M.: Nauka. 1983. 344 p. (In Russ.)

Singatullin I.K. Sostoyanie osnovnyh drevostoev Respubliki Tatarstan posle zasuhi 2010 goda. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2017, no. 3[27], pp. 95–101.

Материал поступил в редакцию 10.01.2024

Шишкина А.А., Карпун Н.Н. Динамика развития очагов корневой губки в географических культурах сосны Серебряноборского опытного лесничества // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2024. Вып. 250. С. 67–82. DOI: 10.21266/2079-4304.2024.250.67-82

Проанализирована динамика развития очагов корневой губки в географических культурах сосны обыкновенной 4-го класса возраста Серебряноборского опытного лесничества Института лесоведения РАН (Московская область). Установлено, что за период с 2014 по 2023 гг. темпы усыхания культур сосны от корневой губки многократно возросли, возникли новые куртины с пораженными деревьями. Патологический процесс в культурах начался при естественной дифференциации деревьев, и корневой губкой заражались в основном отстающие в росте экземпляры, затем поражение охватило более крупные деревья. Анализ пространственного расположения куртин усыхания показал, что один очаг поражения может охватывать два и более участка с разными климатипами, что позволяет предположить приуроченность очагов в том числе и к почвенным условиям местопроизрастания. Однако некоторые климатипы, несмотря на соседство с пораженными участками, сохранили устойчивость к корневой губке. Это климатипы из Тверской, Калужской областей, Карелии, Латвии и Могилевской области Беларуси. На этих постоянных пробных площадях следует продолжать наблюдения за состоянием насаждений. Методом дендрохронологического анализа установлено, что наибольшее влияние на величину индекса радиального прироста деревьев оказывают осадки, выпадающие в течение вегетационного периода, и в целом его влагообеспеченность. После засухи отмечается резкое снижение прироста у всех сосен, но в большей степени отклик прироста на дефицит осадков прослеживается у климатипов с более высоким уровнем поражения корневой губкой. В период с 2014 по 2023 гг. степень воздействия климатических факторов на величину радиального прироста деревьев усилилась, что способствовало их ослаблению и росту очагов усыхания, вызванного корневой губкой.

Ключевые слова: климатипы сосны, *Pinus sylvestris*, Московская область, *Heterobasidion annosum*, динамика усыхания, дендрохронология, метеорологические факторы, влияние засухи.

Shishkina A.A., Karpun N.N. Dynamics and development of annosum root rot in Scots pine provenances in Serebryanoborsky experimental forestry // *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhnicheskoy Akademii*, 2024, iss. 250, pp. 67–82 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2024.250.67-82

The dynamics of annosum root rot development in Scots pine provenances of the 4th age-class in Serebryanoborskoe Experimental Forestry of Institute of Forest Science Russian Academy of Science (Moscow region) is analyzed. It is determined that for the period from 2014 to 2023 the rate of trees dieback caused by annosum root rot on the trial plots has increased many times, new pockets with affected trees have appeared. The pathological process began at the same time with the natural differentiation of trees, and the annosum root rot infected mainly suppressed pines, then the dieback spread to larger trees. An analysis of the spatial arrangement of disease pockets showed that one disease center could spread over two or more trial plots with different pine provenances, which suggests association of disease pockets with tree growth conditions including edaphic ones. However, some provenances, despite their proximity to the affected plots, retained resistance to the root rot. These are provenances from the Tver, Kaluga regions, Karelia, Latvia and the Mogilev region of Belarus. On these trial plots, monitoring of the condition of the plantings should be continued. Using the method of dendrochronological analysis, it was established that the greatest influence on the value of the radial growth index of trees is exerted by precipitation falling during the growing season and, in general, by the moisture availability during the growing season. After a drought, a sharp decrease in growth is observed in all climatypes, but a greater response of growth to precipitation deficit is observed in climatypes with a higher level of root rot damage. During 2014-2023 the degree of influence of climatic factors on the magnitude of the radial growth of trees increased, which contributed to their weakening and increase the rate of trees dieback caused by annosum root rot.

Keywords: pine provenances, *Pinus sylvestris*, Moscow region, *Heterobasidion annosum*, trees dieback dynamics, dendrochronology, meteorological factors, influence of drought.

ШИШКИНА Анастасия Александровна – соискатель Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова. SPIN-код: 7851-1821. ORCID: 0009-0004-0378-512X.

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

SHISHKINA Anastasia A. – aspirant, St.Petersburg State Forest Technical University. SPIN-code: 7851-1821. ORCID: 0009-0004-0378-512X.

194021. Institutskiy per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: frbg@mail.ru

КАРПУН Наталья Николаевна – профессор кафедры защиты леса, древесиноведения и охотоведения Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, доктор биологических наук, доцент. SPIN-код: 7293-8389. ORCID: 0000-0002-7696-3618. Web of Science: U-1502-2019. Scopus: 56955491500.

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

KARPUN Natalia N. – DSc (Biological), Docent, Professor of the Department of Forest Protection, Timber Science and Hunting, St.Petersburg State Forest Technical University. SPIN-code: 7293-8389. ORCID 0000-0002-7696-3618. Web of Science: U-1502-2019. Scopus: 56955491500.

194021. Institutskiy per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: nkolem@mail.ru