ЭКОЛОГИЯ, 2021, № 5, с. 354–362

УДК 630*1

ИДЕНТИФИКАЦИЯ КАЛЕНДАРНЫХ ЛЕТ С ПОЗДНИМИ ВЕСЕННИМИ ЗАМОРОЗКАМИ НА ОСНОВЕ АНАТОМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ГОДИЧНЫХ КОЛЕЦ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО НА ЗИЛАИРСКОМ ПЛАТО (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

© 2021 г. С. Е. Кучеров*

Уфимский институт биологии УФИЦ РАН, Россия 450054 Уфа, просп. Октября, 69

**e-mail: skucherov@mail.ru*

Поступила в редакцию 15.12.2020 г.
После доработки 07.04.2021 г.
Принята к публикации 17.04.2021 г.

На южной оконечности Урала поздние весенние заморозки, регулярно повреждающие листья дуба черешчатого (*Quercus robur* L.), отражаются в образовании специфической анатомической структуры годичных слоев. Проведенная на основе известных и выявленных особенностей анатомической структуры древесины годичных слоев дуба идентификация календарных лет с повреждением листьев дуба поздними весенними заморозками показала, что за последние 250 лет наиболее часто повреждение листьев заморозками происходило в южной части Зилаирского плато.

Ключевые слова: дуб черешчатый, поздние весенние заморозки, анатомические особенности, Зилаирское плато

DOI: 10.31857/S0367059721050103

Аномальные погодные события могут оказывать сильное воздействие на лесные экосистемы, влияя на их состояние, функционирование и стабильность. К таким событиям относятся поздние весенние заморозки, вызывающие повреждения почек, молодых листьев и побегов у многих древесных растений. Степень воздействия заморозков зависит от ряда факторов (вид древесного растения, возраст, условия местопроизрастания и др.) [1–3]. Наибольшее значение имеет время наступления заморозков. Если заморозок произошел в момент распускания почек или пришелся на фазу молодых неокрепших листьев и побегов, то эффект повреждения максимален [1, 4]. Внешними проявлениями воздействия заморозков на листья дуба являются “ожоги” листьев, их увядание и опадение [1, 5, 6]. Воздействие заморозков отражается и в строении годичных слоев деревьев. При резком понижении температуры до отрицательных значений после периода теплой погоды у древесных растений образуются “морозобойные” кольца с полосой деформированных клеток в ксилеме [7–10]. Воздействие заморозков может привести к снижению радиального прироста в год повреждения листьев или побегов [5, 11]. Годичные слои с наличием морозобойной структуры могут быть использованы для датировки прошлых поздних весенних заморозков [2, 11–14].

Цель данной работы состояла в выявлении анатомических особенностей в годичных слоях у дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в годы повреждения листьев поздними весенними заморозками и проведении на основе анатомических особенностей древесины годичных колец ретроспективной идентификации календарных лет с поздними весенними заморозками на южной оконечности Южного Урала.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили на Зилаирском плато, расположенном на южной оконечности Южного Урала между широтной излучиной р. Белой на севере (53°00′ с.ш.), долиной р. Сакмара на юге (51°35′ с.ш.) и востоке (57°50′ в.д.) и долиной р. Большой Ик на западе (56°40′ в.д.) (рис. 1). Рельеф плато представляет собой древний, сформировавшийся в конце мезозоя пенеплен, являющийся естественным продолжением к югу древнего пенеплена предгорий западного склона Урала. Абсолютная высота плато составляет от 400 до 600 м над ур. м. В почвенном покрове преобладают серые и темно-серые лесные почвы, а на самых возвышенных частях маломощные грубоскелетные почвы. Климат Зилаирского плато континентальный. Среднегодовая температура

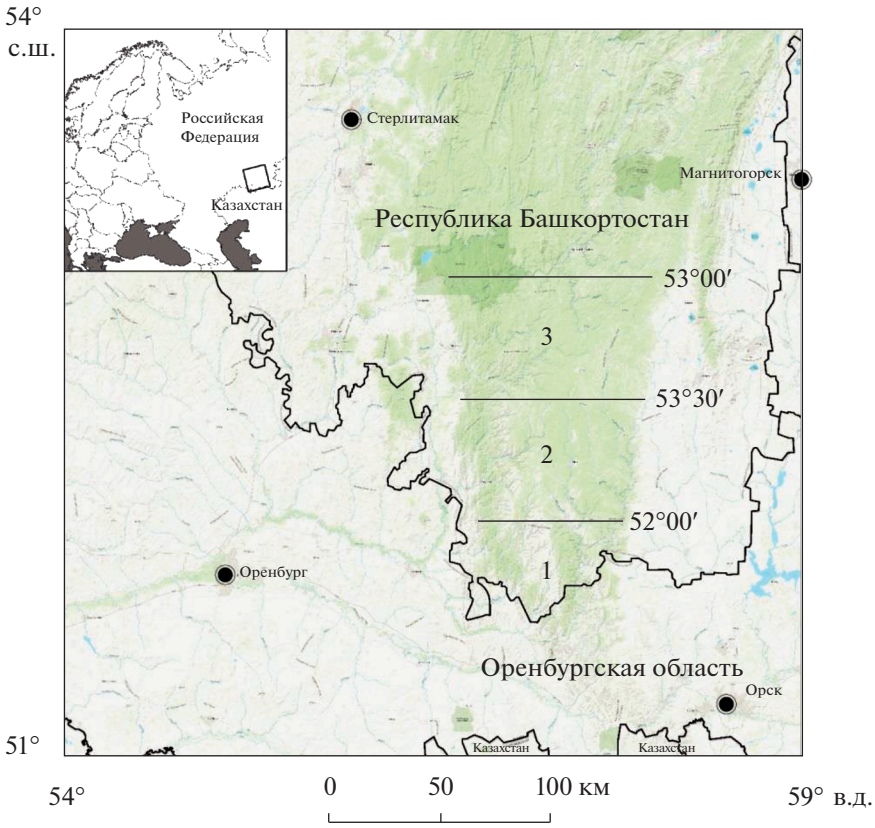

Рис. 1. Карта-схема района исследований: 1 – южная, 2 – центральная, 3 – северная части Зилаирского плато.

+1.9°C, среднегодовая сумма осадков 550 мм. Весна в исследуемом районе характеризуется поздними заморозками, которые прекращаются обычно в начале июня, но в отдельные годы они случаются в середине и даже конце июня. Наиболее опасны для дуба заморозки, совпадающие по времени с началом распускания листьев. Согласно геоботаническому районированию, территория, где проводились исследования, расположена в трех районах: лесостепном районе юго-западной окраины, районе широколиственных лесов юго-западной части и в районе лиственнично-сосновых с вкраплениями широколиственных (преимущественно дубовых) лесов центральной части Зилаирского плато [15, 16].

Исследования проводили на большей части Зилаирского плато, которая для сравнительного анализа была разделена на широтном градиенте на три района (см. рис. 1): первый располагается в южной части плато – на хребте Дзяутюбе, второй – в центральной части (от 52°00′ до 52°30′ с.ш.) в бассейне рек Большая и Малая Сурень и среднем течении р. Зилаир, третий – в северной части плато (от 52°30′ до 53°00′ с.ш.) от широтного течения р. Большой Ик и его притоков на юге района до р. Белой на севере района. В первом районе анатомические особенности годичных слоев были исследованы у 544 деревьев на 37 тест-полигонах (ТП), во втором – у 530 деревьев на 54 ТП, в третьем – у 216 деревьев на 19 ТП.

Образцы древесины (керны) у дуба черешчатого на Зилаирском плато были взяты в дубняках и лесах с участием дуба в период с 1985 г. по 2016 г. Датировку осуществляли по реперным годичным слоям, определенным для перекрестно датированных образцов каждого из тест-полигонов [17]. Выявленные в годичных слоях специфические анатомические особенности строения древесины фиксировали в виде схематических рисунков с указанием номера образца и года формирования слоев с теми или иными особенностями анатомической структуры. В анализе были использованы данные для 1290 деревьев дуба со 110 тест-полигонов в южной, центральной и северной частях Зилаирского плато (см. рис. 1).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Влияние поздних весенних заморозков на анатомическую структуру годичных колец дуба черешчатого

Для анализа влияния поздних весенних заморозков на анатомическую структуру годичных слоев дуба черешчатого на Зилаирском плато бы-

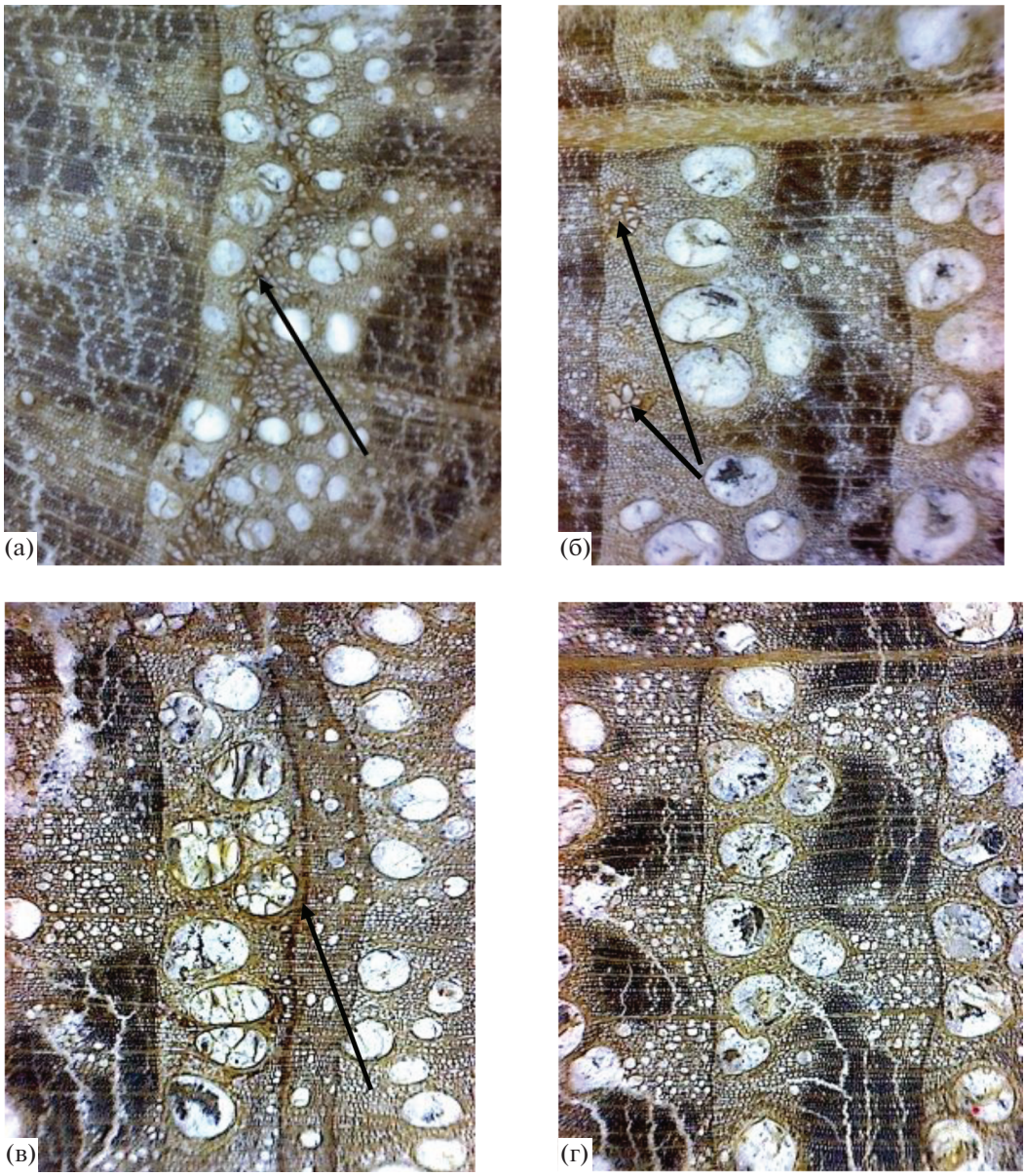

Рис. 2. Анатомические особенности годичных слоев дуба: а – деформированные клетки в ранней древесине годичного слоя; б – в первом ряду годичного слоя часть сосудов не раскрылась (указаны стрелками); в – полоса толстостенных клеток темного цвета на границе зон ранней и поздней древесины в слое дуба, у которого листья были повреждены поздним весенним заморозком; г – обычная структура годичного слоя дуба.

ли использованы достоверные сведения о двух событиях, связанных со значительными повреждениями листьев дуба в результате заморозков: первое из них наблюдалось в южной части Зилаирского плато (на хребте Дзяутюбе) 25–27 мая 1938 г. [18], второе – в центральной части плато 17 мая 1981 г. [11].

Заморозок 25–27 мая 1938 г. В годичных слоях 1938 г. были обнаружены три типа анатомических особенностей структуры древесины. Первый (общеизвестный для многих видов древесных растений) – наличие деформированных клеток в ранней древесине (рис. 2а); два других типа анатомических особенностей были описаны ранее [11, 19]: значительное количество нераскрывшихся сосудов в ранней древесине (второй тип; рис. 2б) и полосы толстостенных клеток темного цвета на границе ранней и поздней (третий тип; рис. 2в) древесины соответственно.

В районе исследования деформированные клетки в ранней древесине годичных слоев дуба (первый тип) наиболее часто присутствуют между первым и вторым рядами сосудов. Наличие деформированных клеток в ранней древесине 1938 г. вы-

явлено у 14 из 544 деревьев. Радиус деревьев (без коры), у которых присутствует этот тип особенностей анатомического строения древесины, находится в интервале значений от 4 до 47 мм на момент формирования годичного слоя 1938 г. Таким образом, деформирование клеток в ранней древесине происходит только у "молодых" деревьев, у которых кора тонкая, и низкая температура воздуха приводит к охлаждению подкорового годичного слоя.

Особенности анатомического строения древесины второго типа (часть сосудов в первом, редко во втором рядах не раскрылась) в слоях прироста 1938 г. выявлены только у 2 из 544 деревьев. Радиус у этих деревьев (без коры) в 1938 г. составлял 14 и 77 мм.

Особенности анатомического строения древесины третьего типа (полосы толстостенных клеток темного цвета на границе зон ранней и поздней древесины) в слоях прироста 1938 г. выявлены у 8 из 544 деревьев по всей протяженности хребта. Радиус деревьев (без коры) до слоев прироста 1938 г., у которых присутствует этот тип, находится в интервале значений от 25 до 239 мм. Наличие полос плотной древесины можно объяснить тем, что у этих деревьев из-за повреждения заморозком произошло практически полное усыхание листьев. В результате процесс фотосинтеза прекратился и образовалась полоса плотной древесины, примыкающая к последнему ряду сосудов ранней древесины.

После образования вторичной листвы летом этого же года процесс фотосинтеза возобновляется, и за полосой уплотнения образуется узкая зона поздней древесины. У большинства деревьев дуба полного увядания листьев от повреждения заморозком не происходит, поэтому фотосинтез, хотя и слабый, продолжается. В результате у этих деревьев образуется узкая зона поздней древесины без наличия полосы уплотнения. Полосы толстостенных клеток темного цвета на границе зон ранней и поздней древесины были обнаружены также в образцах многих деревьев на западном склоне Южного Урала в слоях прироста 1992 г. после сильного повреждения листьев заморозком в этом году.

Заморозок 1981 г. (до –8°С) в центральной части плато произошел 17 мая в результате резкого похолодания, сопровождавшегося обильным выпадением снега, который пролежал 3–4 дня [11]. Заморозок сильно повредил листья, особенно в нижней и средней частях крон дуба. Летом этого же года произошло вторичное распускание листьев. При исследовании годичных слоев радиального прироста 1981 г. нами были обнаружены особенности анатомического строения древесины только второго и третьего типов. Прямых повреждений камбия заморозком (первый тип) не обнаружено ни у одного из 530 деревьев на 54 тест-полигонах по всей территории центральной части плато. Отсутствие анатомического строения древесины первого типа можно объяснить только тем, что в 1981 г. все исследованные деревья уже имели достаточно толстую кору, которая не позволила заморозку достигнуть подкорового слоя.

Особенности анатомического строения древесины второго типа (значительное количество нераскрывшихся сосудов в ранней древесине) зафиксированы у 9 из 530 деревьев по всей территории центральной части плато. Радиус деревьев (без коры) до слоев прироста 1981 г., у которых присутствует второй тип нарушения структуры, находится в интервале значений от 79 до 174 мм.

Особенности анатомического строения древесины третьего типа (полосы толстостенных клеток темного цвета на границе ранней и поздней древесины) в слоях прироста 1981 г. зафиксированы у 13 из 530 деревьев. Радиус деревьев (без коры) до слоев прироста 1981 г. находится в интервале значений от 81 до 296 мм. Как видно, анатомические особенности структуры древесины при повреждении листьев дуба поздним весенним заморозком в 1981 г. присутствуют у незначительной части деревьев.

Идентификация календарных лет с поздними весенними заморозками, отразившихся на анатомической структуре годичных колец дуба

Идентификация календарных лет повреждения листьев дуба поздними весенними заморозками проводилась на основе выявления в годичных слоях особенностей строения древесины, характерных при повреждении листьев заморозком. Для идентификации повреждения листьев заморозком обязательным условием является наличие особенностей структуры первого или второго типа, либо обоих типов. Третий тип (наличие полосы толстостенных клеток темного цвета на границе зон ранней и поздней древесины) может также присутствовать в годичных слоях, образовавшихся на следующий год после сильной дефолиации листогрызущими насекомыми [11].

В образцах дуба из южной части плато анатомические особенности первого или второго, либо обоих типов одновременно зафиксированы, начиная с 1764 г., в годичных слоях 59 календарных лет (табл. 1, рис. 3а). Из этого следует, что на хребте Дзяутюбе поздние весенние заморозки, совпадающие по времени со стадией молодых листьев у дуба, являются частыми событиями. Особенно часто такие заморозки наблюдались во второй половине XIX столетия (см. табл. 1, рис. 3а, 4).

Начальные годы реконструкции календарных лет, для которых были отмечены анатомические

признаки повреждения листьев дуба поздними весенними заморозками, представлены небольшим количеством деревьев: древесно-кольцевые слои 1777 и 1781 гг. имеются лишь у 3 деревьев; слой прироста 1790 г. присутствует уже у 8 деревьев, 1800 г. – у 9 и 1808 г. – у 12 . Поэтому количественную оценку доли деревьев в первые годы реконструкции календарных лет повреждения листьев дуба поздними весенними заморозками (1777 и 1781 гг.) нельзя считать объективной. Тем не менее в эти годы отмечаются особенности строения древесных колец, которые позволяют предположить, что заморозок повредил листья дуба. Максимальная доля деревьев, имеющих анатомические особенности первого типа в этом районе, зафиксирована в слоях 1790 г. (37.5%), второго типа – также в слоях 1790 г. (12.5%), третьего типа – в слоях 1917 г. (10.0%). Во вторую половину XVIII столетия в этом районе выделяются слои 1790 и 1800 гг., в которых доля деревьев с особенностями строения древесины первого типа велика – 37.5 и 22.2% (см. рис. 3а). В XIX столетии выделяются слои радиального прироста 1808, 1852, 1882, 1887, 1889 и 1899 гг., в которых доля особенностей строения древесины первого типа более 5% при максимальном значении 22.2% в 1889 г.

В годичных слоях, сформировавшихся в XX столетии, наибольшая доля особенностей первого типа зафиксирована в слоях 1903 и 1929 гг. – 8.0 и 5.1% соответственно (см. рис. 3а). Из диаграммы видно, что при продвижении по календарной шкале от ее начала к современному времени (что в среднем соответствует увеличению возраста деревьев) уменьшается доля особенностей строения древесины первого типа. Это связано с увеличением теплоизолирующего эффекта утолщающейся с возрастом коры деревьев, которая предохраняет клетки камбия от прямого повреждения заморозком. Особенности строения древесины первого типа в образцах деревьев дуба из южной части плато зафиксированы в годичных слоях, отстоящих от сердцевины деревьев не более чем на 47 мм.

Для центральной части Зилаирского плато, начиная с 1717 г., анатомические особенности первого или второго, либо обоих типов одновременно выявлены в годичных кольцах 53 календарных лет (см. табл. 1, рис. 3б). В этой части плато, как и в южной, наиболее часто поздние весенние заморозки были зафиксированы в годичных слоях дуба во второй половине XIX в. (см. рис. 3б, 4). В реконструкции, начиная с 1770 г., слой прироста которого присутствует у 9 деревьев, максимальная доля деревьев, имеющих анатомические особенности первого типа, зафиксирована в годичных слоях 1773 г. (22.2%), второго – в слоях 1919 г. (3.1%), третьего – в слоях 1773 и 1777 гг. (22.2%) (см. рис. 3б).

Таблица 1. Годы с наличием в годичных слоях древесины дуба анатомических признаков, характерных при повреждении листьев поздними весенними заморозками (*)

Год	Юг	Центр	Север	Год	Юг	Центр	Север
1702	–	–	*	1895		*	
1728	–		*	1896	*		
1730	–		*	1897		*	
1750			*	1898		*	*
1773		*	*	**1899**	*	*	*
1777	*	*	*	1900		*	
1778			*	1901	*		
1781	*			**1903**	*	*	*
1790	*	*	*	**1904**	*	*	*
1797			*	1908		*	
1798		*		**1909**	*	*	*
1800	*		*	1911	*	*	
1805			*	**1917**	*	*	*
1808	*			1919	*	*	
1826	*			1920		*	
1832		*	*	1924	*		
1835		*		1926		*	
1838		*	*	**1929**	*	*	*
1842		*		1936	*		
1850	*	*	*	**1938**	*	*	*
1852	*	*	*	1939	*	*	
1853	*	*		1940		*	
1854		*		1942	*		
1857	*	*	*	1946		*	
1860	*			1947	*	*	
1861	*	*		1950	*	*	
1863	*			1951	*	*	
1864			*	1952	*		
1870	*			1954	*		
1872	*			1956	*		
1876		*		1958	*		
1879	*	*		1965	*		
1881	*	*	*	1966		*	*
1882	*	*	*	1968	*		
1883	*			1971	*		
1885		*		1977	*		*
1887	*	*		**1981**	*	*	*
1888	*	*		1983	*	*	
1889	*	*	*	1986	*		
1890	*	*		1989	*	*	
1891	*	*	*	1990	*		
1892	*	*	*	1992	*	*	
1893	*	*		1999	*		

Примечание. Полужирным шрифтом выделены годы, в которые анатомические признаки присутствуют в годичных кольцах дуба в южной, центральной и северной частях плато.

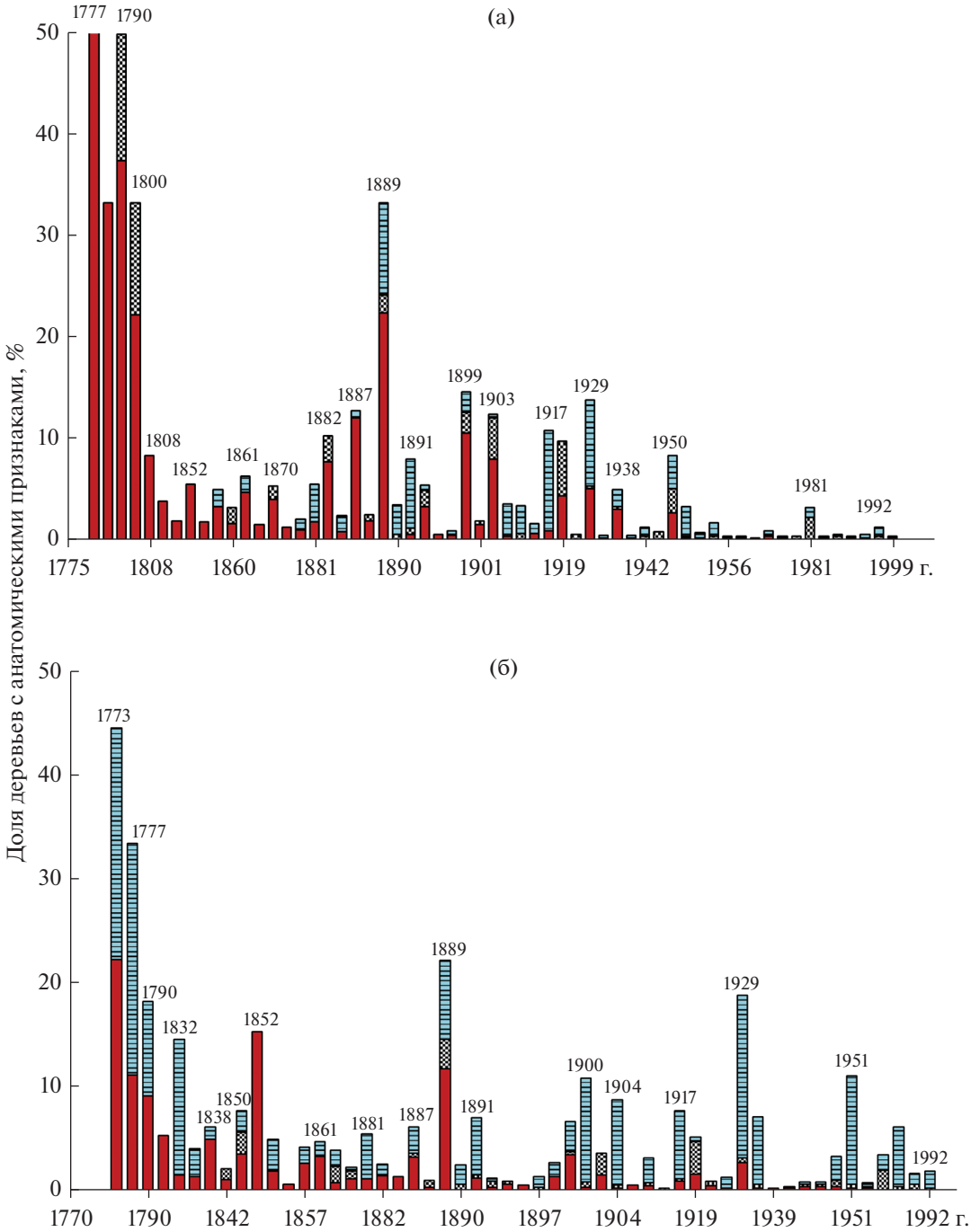

Рис. 3. Количество различных типов особенностей в анатомической структуре годичных слоев дуба при повреждении листьев поздними весенними заморозками в южной (а), центральной (б) и северной (в) частях Зилаирского плато (% от общего количества годичных слоев в образцах в данный год).

Для северной части Зилаирского плато, начиная с 1696 г., анатомические особенности первого, второго либо обоих типов одновременно выявлены в годичных кольцах 33 календарных лет (см. табл. 1, рис. 3в). В реконструкции, начиная с 1768 г., слой прироста которого присутствует у 10 деревьев, максимальная доля деревьев, имеющих анатомические особенности первого типа, зафиксирована в слоях 1773 г. (9.1%), второго – в слоях 1790 г. (4.8%), третьего – в слоях 1777 г. (33.3%) (см. рис. 3в). В этой части плато во вторую половину XVIII столетия выделяются слои при-

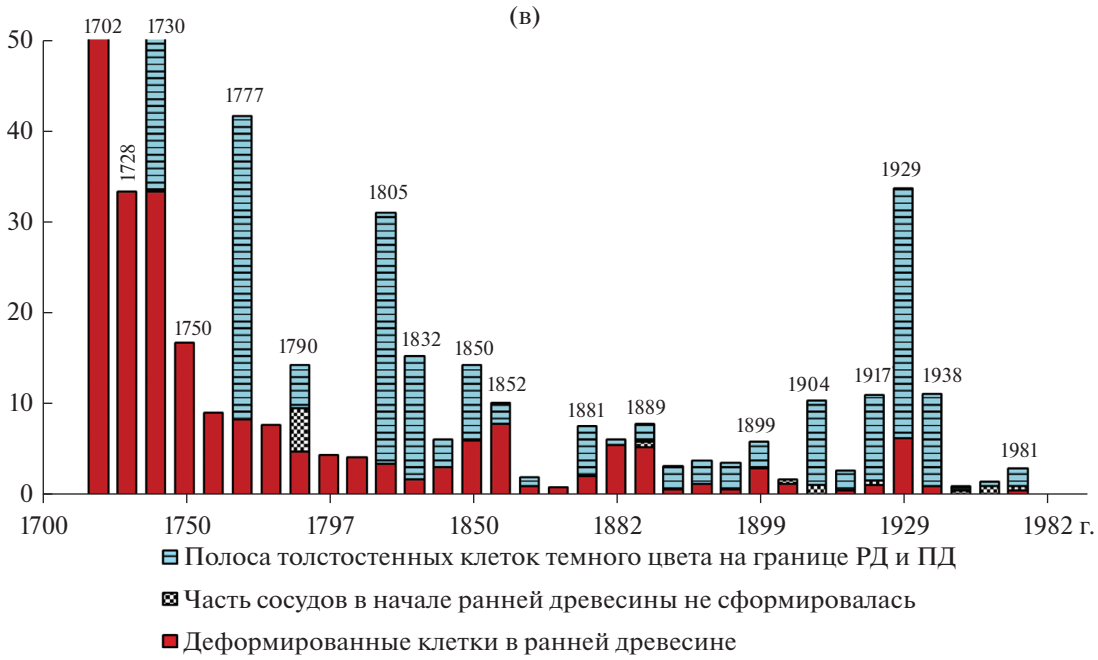

Рис. 3. Окончание

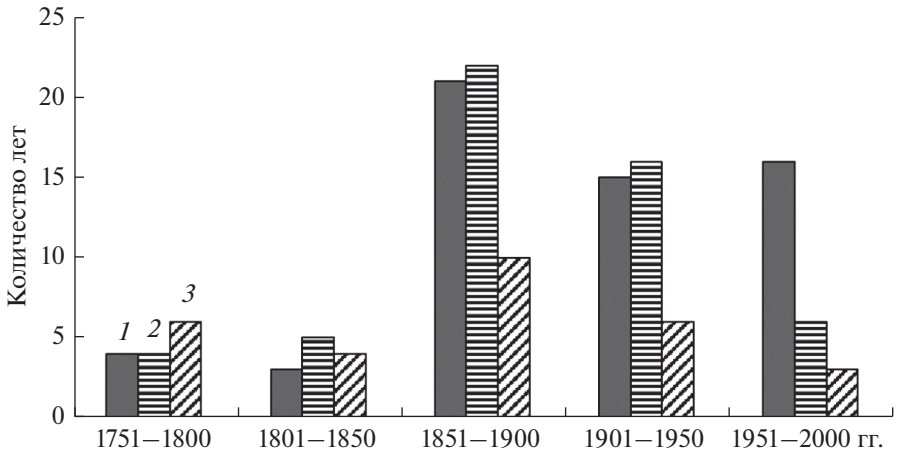

Рис. 4. Количество календарных лет на 50-летних интервалах с анатомическими признаками, характерными при повреждении листьев поздними весенними заморозками в южной (*1*), центральной (*2*) и северной (*3*) частях Зилаирского плато.

роста 1773, 1777, 1778 и 1790 гг., в которых доля особенностей строения древесины первого типа составляет 5–9%; в XIX столетии наибольшая доля слоев прироста с особенностями строения древесины первого типа выявлена в 1850 (6.0%), 1852 (7.9%), 1882 (5.4%) и 1889 (5.2%) гг., а в XX столетии – в 1929 г. (6.2%). Особенности строения древесины этого типа в образцах деревьев дуба из северной части плато зафиксированы в годичных слоях, отстоящих от сердцевины деревьев не более чем на 58 мм. Отметим, что в полученной для северной части плато реконструкции календарных лет повреждения листьев дуба поздними весенними заморозками сильный заморозок в конце мая 1929 г. был зафиксирован на метеостанции Кананикольское, когда температура воздуха 28 мая опустилась до отметки –5.8°С, а 29 мая до –7.7°С.

Результаты идентификации свидетельствуют о том, что повреждение листьев дуба заморозками чаще происходит в южной части плато. Это связано с тем, что в южнее расположенных районах листья у дуба распускаются на несколько дней раньше и поэтому чаще попадают под заморозки [20]. В XX столетии наблюдается тенденция уменьше-

ния количества календарных лет с анатомическими признаками повреждения листьев дуба поздними весенними заморозками в центральной и северной частях Зилаирского плато (см. рис. 4). В то же время в южной части плато повреждение листьев заморозками во второй половине XX столетия происходило значительно чаще (см. рис. 4), что, вероятно, связано со значительным усыханием дуба в южной части плато после сильных повреждений дуба непарным шелкопрядом в 50-е и 70-е гг. этого столетия [21, 22]. Усыхание дуба в южной части плато привело весной к большему прогреву изреженных древостоев и, как следствие, к более раннему распусканию листьев по сравнению с дубняками в центральной и северной частях плато.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для южной оконечности Южного Урала (Зилаирское плато) на основе анатомических особенностей годичных колец дуба черешчатого проведена ретроспективная идентификация календарных лет с поздними весенними заморозками, повредившими листья дуба. В этой последовательности календарных лет при продвижении от ее начала к современному времени снижается доля анатомических особенностей строения древесины годичных слоев первого типа (наличие участков деформированных клеток в ранней древесине), что связано с увеличением теплоизолирующего эффекта утолщающейся с возрастом коры, которая предохраняет клетки камбия от прямого повреждения заморозком.

За последние 250 лет более частое повреждение листьев дуба заморозками происходило в южной части плато. Это связано с тем, что в южной части плато листья у дуба распускаются на несколько дней раньше и поэтому повреждаются теми заморозками, которые произошли до распускания листьев в более северной части плато.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 98-04-49539).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Nichols J.* Oak mortality in Pennsylvania; a ten-year study // J. Forestry. 1968. V. 66. № 9. P. 681–694.
2. *Хантемиров Р.М., Горланова Л.А., Шиятов С.Г.* Патологические структуры в годичных кольцах можжевельника сибирского (*Juniperus sibirica* Burgsd.) и их использование для реконструкции экстремальных климатических событий // Экология. 2000. № 3. С. 185–192. [*Hantemirov R.M., Gorlanova L.A., Shiyatov S.G.* Pathological tree-ring structures in Siberian juniper (*Juniperus sibirica* Burgsd.) and their use for reconstructing extreme climatic events // Russ. J. Ecol. 2000. V. 31. № 3. P. 167–173.]
3. *Гурская М.А.* Формирование морозобойных повреждений у хвойных деревьев в различные климатические периоды на Полярном Урале // Изв. РАН. Серия географич. 2018. № 6. С. 70–80. https://doi.org/10.1134/S2587556618060055
4. *Cannell M.G.R.* Spring frost damage on young *Picea sitchensis*. 1. Occurence of damaging frosts in Scotland compared with western North America // J. Forestry. 1984. V. 57. № 2. P. 159–175.
5. *Иванова Н.Е.* Рост дубовых молодняков на темно-серых лесных суглинистых почвах нагорных дубрав лесостепи. М.: Изд-во АН СССР, 1954. 167 с.
6. *Положенцев П.А., Ханисламов М.Г.* Энтомовредители дуба в Башкирии // Исследования очагов вредителей леса в Башкирии. Уфа, 1962. С. 105–112.
7. *Glock W.S.* Cambial frost injuries and multiple growth layers at Lubboke, Texas // Ecology. 1951. V. 32. № l. P. 28–36.
8. *Glock W.S., Agerter S.* Anomalous patterns in tree rings // Endeavour. 1963. V. 22. № 85. P. 9–13.
9. *Glerum C., Farrar J.L.* Frost ring formation in the stem of some coniferous species // Canad. J. Bot. 1966. V. 44. № 7. P. 879–886.
10. *Гурская М.А., Шиятов С.Г.* Образование двух морозобойных повреждений ксилемы в одном годичном кольце у ели сибирской в условиях Западно-Сибирской лесотундры // Экология. 2002. № 2. С. 83–90. [*Gurskaya M.A., Shiyatov S.G.* Formation of two xylem frost injuries in one annual ring in Siberian spruce under conditions of Western Siberian forest tundra // Russ. J. Ecol. 2002. V. 33. № 2. P. 73–79.]
11. *Кучеров С.Е.* Влияние массовых размножений листогрызущих насекомых и климатических факторов на радиальный прирост древесных растений: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Свердловск, 1988. 24 с.
12. *Hantemirov R.M., Gorlanova L.A., Shiyatov S.G.* Extreme temperature events in summer in northwest Siberia since AD 742 inferred from tree rings // Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2004. V. 209. P. 155–164.
13. *Гурская М.А., Шиятов С.Г.* Распределение морозобойных повреждений в древесине хвойных деревьев // Экология. 2006. № 1. С. 9–15. [*Gurskaya M.A., Shiyatov S.G.* Distribution of frost injuries in the wood of conifers // Russ. J. Ecol. 2006. V. 37. № 1. P. 7–12.]
14. *Баринов В.В., Мыглан В.С., Тайник А.В.* Экстремальные климатические события в центральном Алтае за последние 1500 лет по данным древесно-кольцевой хронологии Jelo // Изв. РАН. Сер. геогр. 2017. № 1. С. 91–102.
15. *Крашенинников И.М., Кучеровская-Рожанец С.Е.* Природные ресурсы Башкирской АССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1941. Т. 1: Растительность Башкирской АССР. 156 с.
16. *Горчаковский П.Л.* Широколиственные леса и их место в растительном покрове Южного Урала М.: Наука, 1972. 146 с.
17. *Schweingruber F.H., Eckstein D., Serre-Bachet F., Bräker O.U.* Identification, presentation and interpretation of event years and pointer years in dendrochronology // Dendrochronologia. 1990. V. 8. P. 9–38.

18. *Кириков С.В.* Птицы и млекопитающие в условиях ландшафтов южной оконечности Урала. М.: АН СССР, 1952. 412 с.
19. *Кучеров С.Е.* Реконструкция аномальных погодных событий на юго-восточной границе ареала дуба черешчатого на основе анализа структуры годичных слоев древесины // Изв. Самарского науч. центра РАН. 2012. Т. 14. № 1(6). С. 1481–1484.
20. Фенологические наблюдения в Башкирии. Уфа, 1959. 81 с.
21. *Кучеров С.Е., Кучерова С.В.* Усыхание дуба на юго-восточной границе ареала в связи с воздействием повреждающих факторов // Изв. Самарского научн. центра РАН. 2013. Т. 15. № 3(4). С. 1341–1343.
22. *Кучеров С.Е., Кучерова С.В.* Динамика усыхания дуба на южной оконечности Южного Урала в связи с массовыми размножениями непарного шелкопряда и пожарами // Научные ведомости БелГУ. Серия “Естественные науки”. 2014. № 17(188). Вып. 28. С. 60–63.