

ИСКОПАЕМЫЕ ДРЕВЕСИНЫ *XENOXYLON* (CONIFERALES) ИЗ НИЖНЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ АРХИПЕЛАГА ЗЕМЛЯ ФРАНЦА-ИОСИФА

© 2023 г. М. А. Афонин^{1,2*}, Д. В. Громыко¹

¹Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН

ул. Проф. Попова, 2, Санкт-Петербург, 197022, Россия

²Федеральный научный центр Биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН
пр-т 100 лет Владивостоку, 159, Владивосток, 690022, Россия

*e-mail: mafonin@binran.ru

Поступила в редакцию 27.03.2023 г.

После доработки 29.05.2023 г.

Принята к публикации 06.06.2023 г.

По анатомическим признакам ископаемых древесин из нижнемеловых вулканогенно-осадочных отложений островов Мак-Культа и Солсбери архипелага Земля Франца-Иосифа описаны виды мезозойского рода *Xenoxylon* (Coniferales): *X. phyllocladoides* и *X. jakutiense*. Ископаемые древесины с этих островов изучены впервые, при этом древесина *X. jakutiense* указывается впервые для островной части Арктики. Наличие абиетоидной поровости на радиальных стенках трахеид указывает на принадлежность этих видов к группе “*phyllocladoides*” *sensu* Philippe et al. (2013), дивергировавшей от предковых форм *Xenoxylon* в ранней юре. Обнаружение ископаемых древесин *X. phyllocladoides* и *X. jakutiense* в нижнемеловых отложениях как на островной, так и на материковой частях арктического региона России подтверждает выводы по другим типам растительных макроостатков об установлении флористических связей между Землей Франца-Иосифа и севером Сибирской платформы в раннем мелу.

Ключевые слова: анатомия древесины, голосеменные, меловой период, мезозойская эра, Арктика

DOI: 10.31857/S0006813623060029, **EDN:** UPTBGT

Род *Xenoxylon* Gothan предложен В. Готаном (Gothan, 1905) для ископаемых древесин хвойных, которые впервые были описаны С. Крамером (Cramer, 1868) как *Pinites latiporosus* Cramer и *P. pauciporosus* Cramer из предположительно верхнеюрских отложений архипелага Шпицберген. Многочисленные находки ископаемой древесины *Xenoxylon* указываются из мезозойских отложений по всему Северному полушарию (Philippe et al., 2013; Afonin et al., 2022). Однако, несмотря на большое количество находок, систематическое положение *Xenoxylon* среди хвойных до сих пор остается дискуссионным. А.В. Ярмоленко (Yarmolenko, 1933), И.В. Бэйли (Bailey, 1953), И.А. Шилкина и Р. Худайбердыев (Shilkina, Khudayberdyev, 1971) и многие другие исследователи на основании большого сходства в анатомическом строении древесины предполагали, что хвойные с древесиной типа *Xenoxylon* близки к современному монотипному семейству *Sciadopityaceae*. В.Д. Нашокин (Nashchokin, 1968) считал, что древесина *Xenoxylon* имеет черты сходства с древесиной современных представителей не только семейства *Sciadopityaceae*, но и *Podocarpaceae*. Л. Мариновский с соавторами (Marynowski

et al., 2008), проведя органо-геохимический анализ образцов ископаемой древесины *Xenoxylon* из юрских отложений Польши, установили, что этот род, возможно, близок к семействам *Cupressaceae* и *Podocarpaceae*. Несколько позднее М. Филипп с соавторами (Philippe et al., 2013) высказали предположение, что представители *Xenoxylon* могли входить в состав вымершего семейства хвойных *Miroviaceae*.

В представленной работе по анатомическим признакам ископаемых древесин из нижнемеловых отложений островов Мак-Культа и Солсбери архипелага Земля Франца-Иосифа описываются виды *Xenoxylon phyllocladoides* Gothan и *X. jakutiense* Shilkina. Ископаемые древесины с этих островов исследованы впервые. До настоящего времени древесные остатки на архипелаге Земля Франца-Иосифа были описаны из верхнетриасовых–нижнемеловых отложений островов Альджер, Винер-Нейштадт, Галля, Грэм-Белл, Гукера, Джексона, Земля Александры, Мак-Клинтока, Нортбрук, Хейса, Циглера и Чамп (Seward, 1919; Нøeg, 1932; Fedin, 1943; Shilkina, 1960, 1967; Snigirevskaya, Fefilova, 2007; Afonin, Gromyko, 2021; Afonin et al., 2022). В 60-е годы прошлого

столетия И.Н. Свешникова и Л.Ю. Буданцев (Sveshnikova, Budantsev, 1969) собрали и изучили богатейшую коллекцию ископаемых растений, состоящую в основном из листовых отпечатков беннеттитовых и хвойных, из местонахождения на острове Солсбери, откуда происходит исследованная нами древесина *X. jakutiense*.

Ископаемая древесина *X. phyllocladoides* ранее была описана из юрских отложений Польши (Gothan, 1906), Шпицбергена (Gothan, 1910; Reolid et al., 2010) и Гренландии (Oh et al., 2015, suppl.), юрских и нижнемеловых отложений Земли Франца-Иосифа (Afonin et al., 2022) и Восточной Сибири (Shilkina, Khudayberdyev, 1971; Afonin, 2019), а также из нижнемеловых отложений Земли Короля Карла (Gothan, 1907) и российского Дальнего Востока (Afonin, Philippe, 2014; Afonin, 2019). Ископаемая древесина *X. jakutiense* до сих пор указывалась только из двух местонахождений на материковой части Арктического региона России, а именно из нижнемеловых отложений на реках Буолкалах и Зырянка в Северо-Восточной Сибири (Shilkina, 1986).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исследованные ископаемые древесины были обнаружены сотрудниками Всероссийского научно-исследовательского института геологии и минеральных ресурсов Мирового океана имени академика И.С. Грамберга (г. Санкт-Петербург) в нижнемеловых вулканогенно-осадочных отложениях на юго-западном побережье острова Мак-Культа (коллекция № 570, образец № 82) и на мысе Ковальи острова Солсбери (коллекция № 570, образец № 90) архипелага Земля Франца-Иосифа (рис. 1). В.Д. Дибнер (Dibner, 1961, 1970), один из первых исследователей геологии островов российской Арктики, выделил со значительной степенью условности для нижнемеловых вулканогенно-осадочных отложений Земли Франца-Иосифа готерив-аптскую свиту бухты Тихой и апт-альбскую свиту Солсбери. В 2002 году Е.М. Макарьева предложила для вулканогенно-осадочных образований Земли Франца-Иосифа новое стратиграфическое подразделение – армитиджскую свиту, которая на некоторых островах архипелага расчленяется на нижнюю и верхнюю подсвиты (Viskunova et al., 2004; Dymov et al., 2006, 2011). На мысе Ковальи острова Солсбери представлена апт-альбская верхняя подсвита армитиджской свиты (свита Солсбери, по В.Д. Дибнеру), а на острове Мак-Культа – нерасчлененные образования армитиджской свиты (Dibner, 1961, 1970; Dymov et al., 2006, 2011). Возраст армитиджской свиты установлен как готерив-альбский по палеоботаническим и палинологическим данным, а также по радиоизотопному датированию (Viskunova et al., 2004; Dymov et al., 2006, 2011).

При изучении ископаемых древесин использовалась методика изготовления прозрачных шлифов из плотной минерализованной древесины, изложенная в работе А.Ф. Гаммерман с соавторами (Gammerman et al., 1946). Всего было изготовлено шесть шлифов, по три шлифа на каждый образец в трех взаимно перпендикулярных плоскостях: поперечной, радиальной и тангентальной. Микроскопическое изучение шлифов и микрофотографирование анатомических структур проводилось с помощью светового биологического микроскопа “AxioScop” производства “Carl Zeiss” на базе Ботанического института им. В.Л. Комарова (БИН) РАН (г. Санкт-Петербург).

Описание анатомического строения древесины выполнено с использованием терминологии, изложенной в работе А.А. Яценко-Хмелевского (Yatsenko-Khmelevsky, 1954), IAWA Committee (2004), а также М. Филиппа и М.К. Бамфорд (Philippe, Bamford, 2008).

Коллекция № 570 хранится в БИН РАН.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Coniferales

Pod Xenoxylon Gothan, 1905

Xenoxylon phyllocladoides Gothan, 1906

Описание анатомического строения. Кольца прироста отчетливые, приблизительно 2–3.5 мм шириной, иногда сильно смяты; переход от ранней древесины к поздней от резкого до постепенного (рис. 2а). Поздняя древесина часто составляет незначительную часть кольца прироста и образована 2–8 слоями толстостенных уплощенных в радиальном направлении трахеид. Смоляные ходы и тяжевая паренхима отсутствуют.

Лучи однорядные, изредка с короткими двурядными участками (рис. 2е, ф). Высота лучей 1–12 (26) клеток, 11–343 (в среднем 168) мкм. Горизонтальные и тангентальные стенки клеток лучей гладкие, непористые (рис. 2б–д). На тангентальных стенках трахеид изредка встречаются однорядные, округлые, свободно расположенные поры, 8–10 мкм в диаметре (рис. 2ф).

На радиальных стенках трахеид ранней древесины однорядные, округлые и овальные, свободно и сближено расположенные поры, 18–22 мкм в диаметре; изредка встречаются уплощенные поры в сомкнутом расположении, 14–18 × 22–28 мкм в размере (рис. 2б–д). Радиальный размер трахеид ранней древесины 19–34 (в среднем 25) мкм. На полях перекреста одна, изредка две овальные и косоэллиптические, простые или слегка окаймленные поры оконцевого типа (рис. 2б–д); размер пор 14–17 × 19–30 мкм. В трахеидах иногда встречаются тиллы.

Сравнение и обоснование определения. Исследованная ископаемая древесина характеризуется

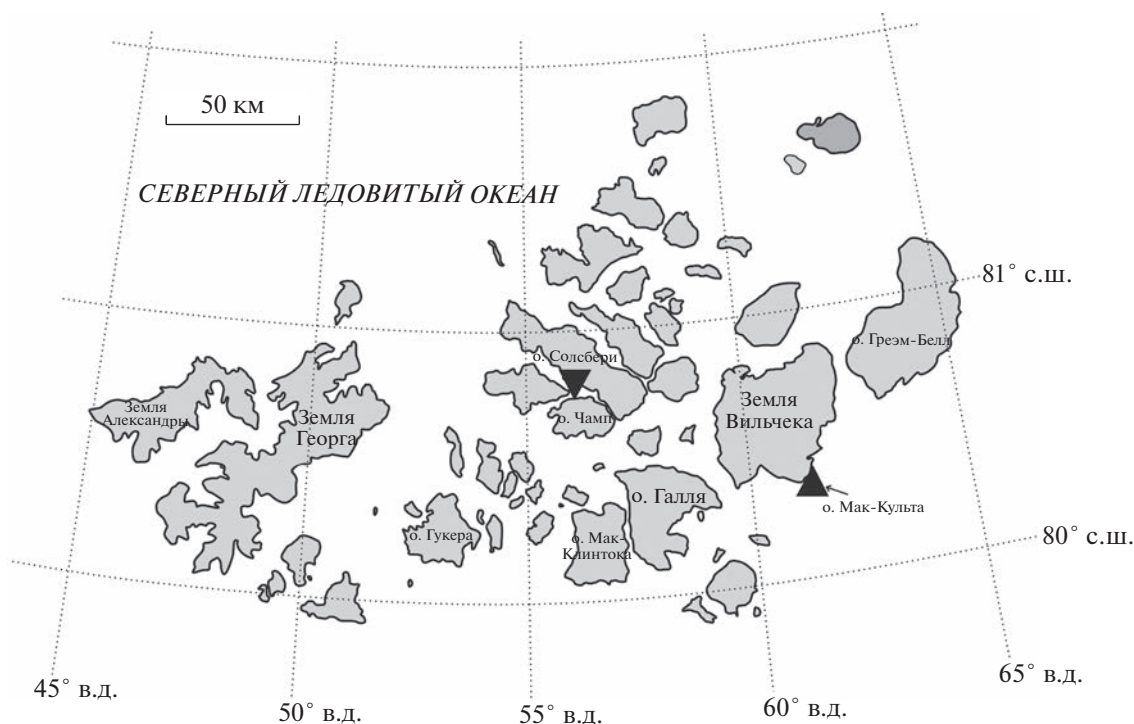


Рис. 1. Карта-схема местонахождений ископаемых древесин *Xenoxylon* на островах Мак-Культа (▲) и Солсбери (▼) архипелага Земля Франца-Иосифа.

Fig. 1. Map showing *Xenoxylon* fossil wood localities on the Mac-Cult (▲) and Salisbury islands (▼) of the Franz Josef Land Archipelago.

наличием отчетливых колец прироста, гладких стенок клеток лучей, оконцевых пор на полях перекреста, а также отсутствием смоляных ходов и лучевых трахеид. Наличие такого набора анатомических признаков древесины свидетельствует о принадлежности изученной ископаемой древесины к роду *Xenoxylon*. Среди известных представителей *Xenoxylon* наибольшее сходство у исследованного нами образца ископаемой древесины наблюдается с древесиной *X. phyllocladoides* из группы “*phyllocladoides*” (Gothan, 1906; Philippe et al., 2013). Это сходство отмечается в наличии в основном округлых и овальных, свободно и сближено расположенных, изредка уплощенных сомкнутых пор на радиальных стенках трахеид, редких пор на тангентальных стенках трахеид, простых или слегка окаймленных пор оконцевого типа на полях перекреста (Gothan, 1906; Philippe et al., 2013). От других видов *Xenoxylon* из группы “*phyllocladoides*” (*X. hopeiense* Chang, *X. huttonianum* (Witham) Philippe et Hayes и *X. jakutiense*) изученная нами ископаемая древесина отличается отсутствием тяжелой паренхимы или крассул, либо по форме и размеру оконцевых пор на полях перекреста (Philippe et al., 2013).

Материал. Образец № 570–82.

Местонахождение. Остров Мак-Культа, архипелаг Земля Франца-Иосифа, армитиджская свита, нижний мел, готерив-альб.

Xenoxylon jakutiense Shilkina, 1986

Описание анатомического строения. Кольца прироста отчетливые, 1–4 мм шириной; переход от ранней древесины к поздней от резкого до постепенного (рис. 3а). Поздняя древесина часто составляет незначительную часть кольца прироста и образована 2–6 слоями толстостенных уплощенных в радиальном направлении трахеид. Смоляные ходы и тяжелая паренхима отсутствуют.

Лучи однорядные, изредка с короткими двурядными участками (рис. 3е, ф). Высота лучей 1–20(44) клетки, 12–485 (в среднем 151) мкм. Клетки лучей иногда заполнены смолистым содержанием. Горизонтальные и тангентальные стенки клеток лучей гладкие, непористые (рис. 3б–д). На тангентальных стенках трахеид изредка встречаются однорядные, округлые, свободно расположенные поры, 8–12 мкм в диаметре (рис. 3ф).

На радиальных стенках трахеид ранней древесины однорядные, округлые и овальные, свободно и сближено расположенные поры, 18–22 мкм в диаметре (рис. 3б, с); реже встречаются уплощенные поры в сомкнутом расположении, 14–18 × 22–28 мкм в размере (рис. 3б, с). Между порами на радиальных стенках трахеид часто встречаются отчетливо выраженные крассулы (рис. 3б, с). Радиальный размер трахеид ранней древесины 20–48 (в среднем 33) мкм. На полях перекреста одна, изредка две крупные поры оконцевого типа

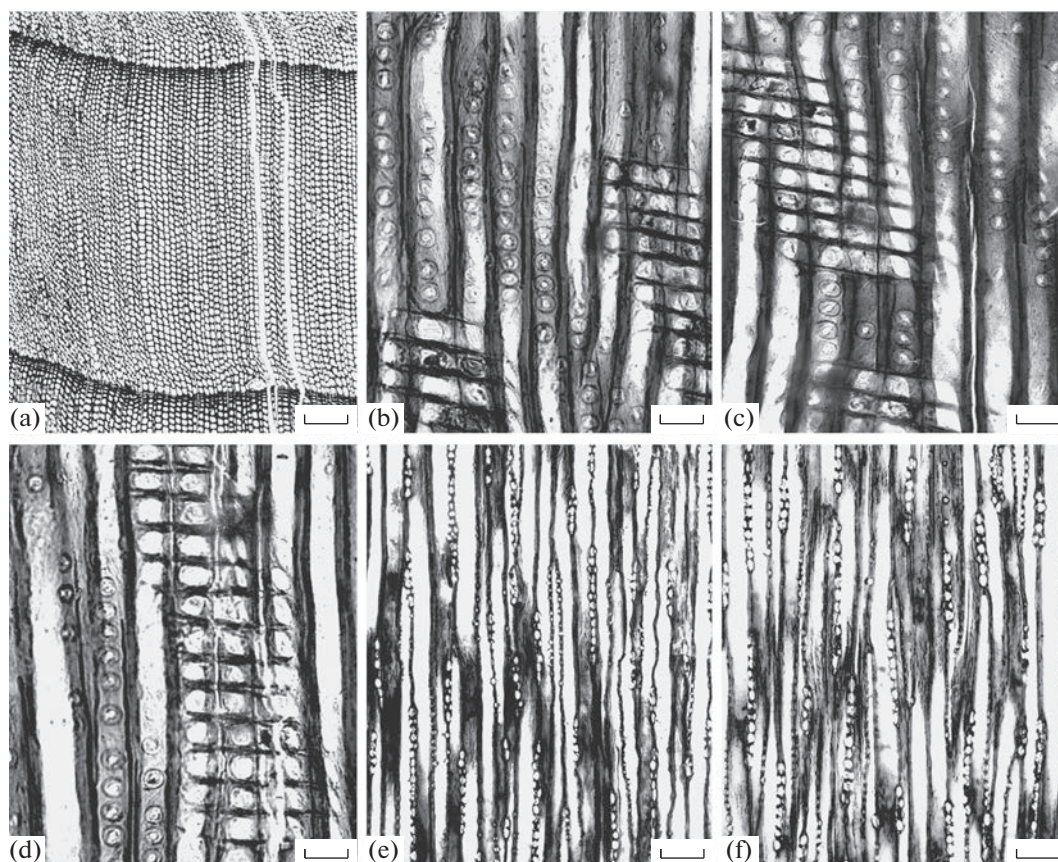


Рис. 2. a–f – *Xenoxylon phyllocladoides*, образец № 570–82, остров Мак-Культа, архипелаг Земля Франца-Иосифа, армитиджская свита, готерив-альб. а – поперечный срез, кольца прироста (масштабная линейка = 180 мкм); b–d – радиальные срезы, однорядные поры на стенках трахеид, оконцевые поры на полях перекреста (масштабная линейка = 30 мкм); e – тангентальный срез, однорядные лучи (масштабная линейка = 80 мкм); f – тангентальный срез, однорядные лучи, поры на стенках трахеид (масштабная линейка = 80 мкм).

Fig. 2. a–f – *Xenoxylon phyllocladoides*, specimen no. 570–82, Mac-Cult Island, Franz Josef Land Archipelago, Armitidzh Formation, Hauterivian-Albian. a – transverse section, growth rings (scale bar = 180 μm); b–d – radial sections, pits on the walls of tracheids, window-like cross-field pits (scale bar = 30 μm); e – tangential section, uniseriate rays (scale bar = 80 μm); f – tangential section, uniseriate rays, pits on the walls of tracheids (scale bar = 80 μm).

(рис. 3b–d); размер пор $12\text{--}18 \times 19\text{--}34$ мкм. В трахеидах иногда встречаются тиллы.

Сравнение и обоснование определения. Исследованная ископаемая древесина характеризуется наличием отчетливых колец прироста, гладких стенок клеток лучей, оконцевых пор на полях перекреста, а также отсутствием смоляных ходов и лучевых трахеид. Наличие такого набора анатомических признаков древесины позволяет отнести изученную ископаемую древесину к роду *Xenoxylon*. Среди известных представителей *Xenoxylon* исследованная ископаемая древесина полностью отождествима с древесиной *X. jakutiense* из группы “*phyllocladoides*” (Shilkina, 1986; Philippe et al., 2013). Этот вид характеризуется наличием в основном округлых и овальных, свободно расположенных, изредка уплощенных, сближенных или сомкнутых пор на радиальных стенках трахеид, красул между порами на радиальных стенках трахеид, редких пор на тангентальных стенках

трахеид, простых пор оконцевого типа на полях перекреста (Shilkina, 1986; Philippe et al., 2013). Вид *X. jakutiense* близок по анатомическому строению к видам *X. hopeiense*, *X. huttonianum* и *X. phyllocladoides* из группы “*phyllocladoides*”, однако, отличается от последних отсутствием тяжелой паренхимы, наличием красул, либо по форме и размеру оконцевых пор на полях перекреста (Philippe et al., 2013).

Материал. Образец № 570–90.

Местонахождение. Мыс Ковальи, остров Солсбери, архипелаг Земля Франца-Иосифа, армитиджская свита, верхняя подсвита, нижний мел, апт-альб.

ОБСУЖДЕНИЕ

Представители рода *Xenoxylon* были очень многочисленны и широко распространены в Северном полушарии с позднего триаса по ранний

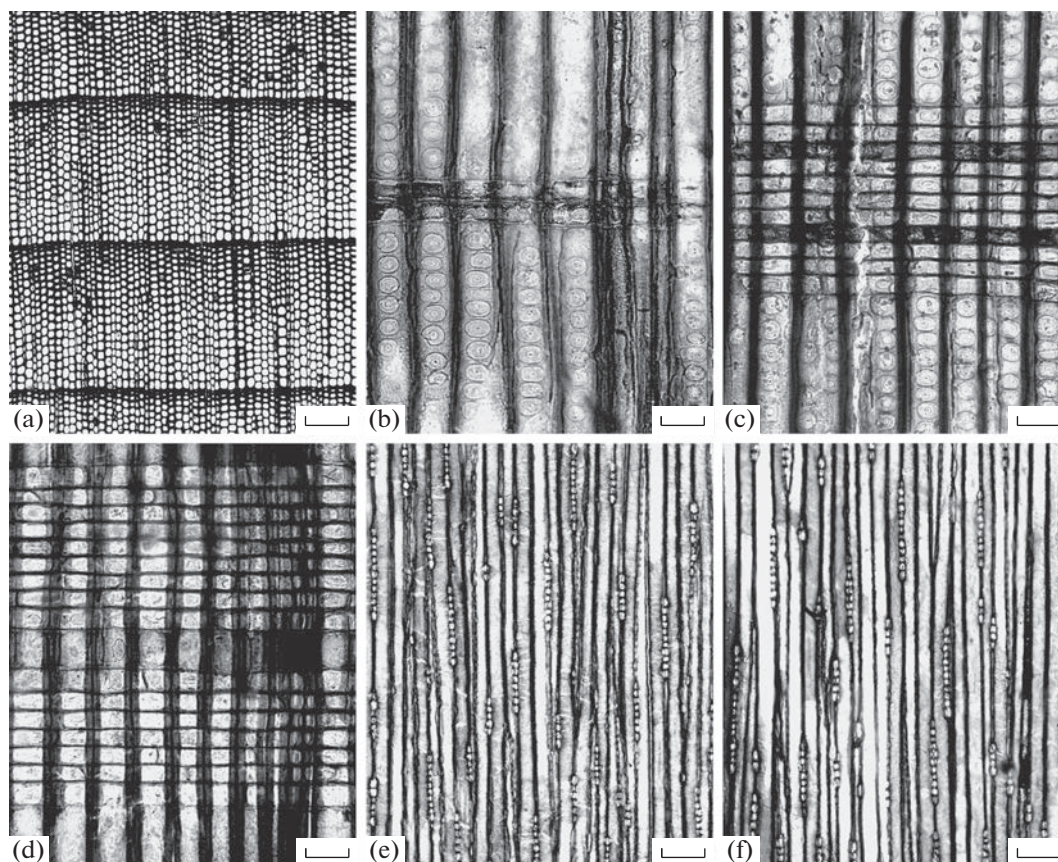


Рис. 3. а–f – *Xenoxylon jakutiense*, образец № 570–90, мыс Ковальи, остров Солсбери, архипелаг Земля Франца-Иосифа, армитиджская свита, верхняя подсвита, апт-альб. а – поперечный срез, кольца прироста (масштабная линейка = 180 мкм); б, с – радиальные срезы, однорядные поры на стенках трахеид, оконцевые поры на полях перекреста, крассулы (масштабная линейка = 28 мкм); д – радиальный срез, оконцевые поры на полях перекреста (масштабная линейка = 28 мкм); е – тангентальный срез, однорядные лучи (масштабная линейка = 80 мкм); ф – тангентальный срез, однорядные лучи, поры на стенках трахеид (масштабная линейка = 80 мкм).

Fig. 3. а–f – *Xenoxylon jakutiense*, specimen no. 570–90, Kavali Cape, Salisbury Island, Franz Josef Land Archipelago, Armitidzh Formation, Upper Subformation, Aptian-Albian. а – transverse section, growth rings (scale bar = 180 μ m); б, с – radial sections, uniseriate pits on the walls of tracheids, window-like cross-field pits, crassulae (scale bar = 28 μ m); д – radial section, window-like cross-field pits (scale bar = 28 μ m); е – tangential section, uniseriate rays (scale bar = 80 μ m); ф – tangential section, uniseriate rays, pits on the walls of tracheids (scale bar = 80 μ m).

мел включительно, полностью исчезнув в конце позднего мела (Philippe et al., 2009; Philippe et al., 2013; Afonin et al., 2022). М. Филипп с соавторами (Philippe et al., 2013) провели таксономическую и номенклатурную ревизию этого рода и разделили его виды на три неформальные анатомические группы: группа “latiporosum” (виды *X. conchylia-num* Fliche, *X. latiporosum* (Cramer) Gothan, *X. peideensis* Zheng et Zhang, *X. watarianum* M. Nishida et Nishida и *X. yixianense* Zhang et Shang), группа “meisteri” (виды *X. fuxinense* Ding, *X. huolinhense* Ding, *X. japonicum* Vogellehner ex Suzuki et Terada, *X. liaoningense* Duan et Wang, *X. meisteri* Palibin et Jarmolenko, *X. nariwaense* Yamazaki et al. и *X. suljunctense* Shilkina et Chudajberdiev) и группа “phyllocladoides” (виды *X. hopeiense*, *X. huttonianum*, *X. jakutiense* и *X. phyllocladoides*). Эти три группы *Xenoxylon* в основном отличаются по форме и расположению

пор на радиальных стенках трахеид. Для представителей группы “latiporosum” характерна поровость радиальных стенок трахеид, представленная однорядными, сильно уплощенными порами в сомкнутом расположении (Philippe et al., 2013). В.Р. Мюллер-Штоль (Müller-Stoll, 1951) рассматривал этот тип поровости как самостоятельный, ксеносильный тип. Возможно, данный тип поровости, неизвестный среди современных растений, является одной из переходных стадий к абиеитоидной поровости современного типа. У видов из группы “meisteri” также в основном встречается ксеносильная поровость, но иногда присутствует типичная араукариоидная поровость, представленная двурядными порами в очередном расположении (Philippe et al., 2013). Для видов из группы “phyllocladoides” в основном характерна абиеитоидная поровость современного типа, при

которой однорядные поры расположены в свободном и сближенном расположении, а двурядные — в супротивном расположении (Philippe et al., 2013).

Первые представители *Xenoxylon* из групп “latiporosum” и “meisteri” появились в позднем триасе, а из группы “phyllocladoides” — в ранней юре (Philippe et al., 2009; Philippe et al., 2013; Afonin et al., 2022). Исходя из геологической истории рода *Xenoxylon*, можно предположить, что виды из группы “phyllocladoides” с абиетоидной поровостью радиальных стенок трахеид, включая описанные в настоящей работе *X. phyllocladoides* и *X. jakutiense*, произошли от анцестральных *Xenoxylon* из групп “latiporosum” и “meisteri” с араукариоидной и ксеноксиальной поровостью радиальных стенок трахеид.

И.Н. Свешникова и Л.Ю. Буданцев (Sveshnikova, Budantsev, 1969) описали из нижнемеловых отложений острова Солсбери многочисленные отпечатки крупнолистных беннеттитовых и хвойных, отождествляемых с таксонами материковой части Арктики, что, по их мнению, может свидетельствовать об установлении флористических связей Земли Франца-Иосифа с севером Сибирской платформы. Ископаемые древесины *X. phyllocladoides* и *X. jakutiense* ранее были описаны из нижнемеловых отложений на материковой части Северо-Восточной Сибири (Shilkina, Khudayberdyev, 1971; Shilkina, 1986; Afonin, 2019). Таким образом, литературные данные и результаты, полученные в настоящей работе, по ископаемым древесинам *X. phyllocladoides* и *X. jakutiense* подтверждают выводы по другим типам растительных макроостатков об установлении флористических связей между островной и материковой частями Арктики в раннем мелу.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках государственных заданий № 122011900029-7 (Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, г. Санкт-Петербург) и № 121031500274-4 (Федеральный научный центр Биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, г. Владивосток).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Afonin M.A. 2019. *Xenoxylon* (Coniferales) fossil woods from the Jurassic and Cretaceous deposits of Siberia and the Russian Far East. — *Paleontol. J.* 53: 89–104.
- Afonin M., Gromyko D. 2021. First record of *Ginkgoxylon* (Ginkgoales) fossil wood in the Lower Cretaceous of the Arctic region. — *Cretac. Res.* 125: ID 104868.
- Afonin M., Philippe M. 2014. Fossil woods from the Lower Cretaceous (Albian) of Kamchatka Peninsula, Russian Far East. — *Cretac. Res.* 50: 110–119.
- Afonin M., Philippe M., Gromyko D. 2022. New data on the geographic and stratigraphic range of the Mesozoic fossil wood genera *Protocedroxylon* and *Xenoxylon* in the Arctic region. — *Rev. Palaeobot. Palynol.* 302: ID 104667.
- Bailey I.W. 1953. Evolution of the tracheary tissue of land plants. — *Amer. J. Bot.* 40: 4–8.
- Cramer C. 1868. Fossile Hölzer der Arktischen Zone. — In: *Flora fossilis arctica — Die fossile Flora der Polarländer*, Zürich. P. 167–180.
- [Dibner] Дибнер В.Д. 1961. Меловые отложения Земли Франца-Иосифа. — *Труды НИИГА.* 125: 61–74.
- [Dibner] Дибнер В.Д. 1970. Острова Баренцева моря: Земля Франца-Иосифа и остров Виктория. — В кн.: *Геология СССР. XXVI. Острова Советской Арктики.* М. С. 60–108.
- [Думов et al.] Думов В.А., Качурина Н.В., Костева Н.Н., Макарьев А.А., Макарьева Е.М., Погорельский А.И., Сахарова К.А., Серов Е.К., Старк А.Г., Шкатов Е.П. 2006. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (новая серия). Лист U-37-40 — Земля Франца-Иосифа (северные острова). Объяснительная записка. Санкт-Петербург. 272 с.
- [Думов et al.] Думов В.А., Качурина Н.В., Макарьев А.А., Макарьева Е.М., Орлов В.В., Старк А.Г. 2011. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 1 000 000 (третье поколение). Лист U-41-44 — Земля Франца-Иосифа (восточные острова). Объяснительная записка. Санкт-Петербург. 220 с.
- [Fedin] Федин А.Х. 1943. Новый род ископаемого хвойного *Papaninia involucrata* Fedin. — *Доклады АН СССР.* 41: 365–367.
- [Gammerman et al.] Гаммерман А.Ф., Никитин А.А., Николаева Л.Т. 1946. Определитель древесин по микроскопическим признакам. М.-Л. 143 с.
- Gothan W. 1905. Zur Anatomie lebender und fossiler Gymnospermen-Hölzer. — *Abhandlungen der Königlich Preussischen Geologischen Landesanstalt.* 44: 1–108.
- Gothan W. 1906. Fossile Hölzer aus dem Bathonien von Russisch-Polen. — *Verh. Russ.-Kais. Mineral. Ges.* 44: 435–458.
- Gothan W. 1907. Die fossilen Hölzer von König Karls Land. — *Kungliga Svenska Vetenskaps-Akademiens Handligar.* 42: 1–44.
- Gothan W. 1910. Die fossilen Hölzreste von Spitzbergen. — *Kungliga Svenska Vetenskaps-Akademiens Handligar.* 45: 1–56.
- Høeg O.A. 1932. Notes on some Arctic fossil wood, with a redescription of *Cupressinoxylon polyommatum*, Cramer. — *Norges Svalbard-Og Ishavs-Undersøkelser.* 17: 1–9.
- IAWA Committee. 2004. IAWA List of Microscopic Features for Softwood Identification. — *IAWA J.* 25 (1): 1–70.
- Marynowski L., Philippe M., Zaton M., Hauteville Y. 2008. Systematic relationships of Mesozoic wood genus *Xenoxylon*: integrative biomolecular and palaeobotanical approach. — *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.* 247: 177–189.
- Müller-Stoll W.R. 1951. Mikroskopie des zersetzten und fossilisierten Holzes. — *Handb. Mikr. Techn.* 5 (2): 727–816.

- [Nashchokin] Нашокин В.Д. 1968. Ископаемые древесины из меловых, третичных и четвертичных отложений Средней Сибири. М. 175 с.
- Oh C., Philippe M., Kim K. 2015. *Xenoxylon* synecology and palaeoclimatic implications for the Mesozoic of Eurasia. — *Acta Palaeontol. Pol.* 60: 245–256.
- Philippe M., Bamford M.K. 2008. A key to morphogenera used for Mesozoic conifer-like woods. — *Rev. Palaeobot. Palynol.* 148: 184–207.
- Philippe M., Jiang H.-E., Kim K., Oh C., Gromyko D., Harland M., Paik I.-S., Thevenard F. 2009. Structure and diversity of the Mesozoic wood genus *Xenoxylon* in Far East Asia: implications for terrestrial palaeoclimates. — *Lethaia*. 42 (4): 393–406.
- Philippe M., Thévenard F., Nosova N., Kim K., Naugolnykh S. 2013. Systematics of a palaeoecologically significant boreal Mesozoic fossil wood genus, *Xenoxylon* Gothan. — *Rev. Palaeobot. Palynol.* 193: 128–140.
- Reolid M., Philippe M., Nagy J., Abad I. 2010. Exceptional preservation of phosphatic wood remains of the Brentskardhaugen Bed (Middle Jurassic) from Svalbard (Boreal Realm). — *Facies*. 56: 549–566.
- Selmeier A., Grosser D. 2011. Lower Cretaceous conifer driftwood from the Sverdrup Basin, Canadian Arctic Archipelago. — *Zitteliana*. 51: 19–35.
- Seward A.C. 1919. Fossil plants, IV. London. 543 p.
- [Shilkina] Шилкина И.А. 1960. Древесина нового рода и вида хвойных из нижнемеловых отложений Земли Франца-Иосифа. — *Палеонтол. журн.* 1: 113–117.
- [Shilkina] Шилкина И.А. 1967. Ископаемые древесины Земли Франца-Иосифа. — В кн.: *Палеоботаника*. Т. VI. Л. С. 29–50.
- [Shilkina] Шилкина И.А. 1986. Ископаемые древесины Северной Евразии. — В кн.: *Проблемы палеоботаники*. Л. С. 150–157.
- [Shilkina, Khudayberdiyev] Шилкина И.А., Худайбердыев Р. 1971. Новые находки и обзор родов *Protocedroxylon* и *Xenoxylon*. — В кн.: *Палеоботаника Узбекистана*. Т. II. Ташкент. С. 117–134.
- [Snigirevskaya, Fefilova] Снигиревская Н.С., Фефилова Л.А. 2007. Новое местонахождение окаменелых древесин *Xenoxylon* (Pinopsida incertae sedis) в мезозойских отложениях Земли Франца-Иосифа, датированных мiosпорами, и его значение. — *Труды ВНИИ Океангеология*. 211: 111–118.
- [Sveshnikova, Budantsev] Свешникова И.Н., Буданцев Л.Ю. 1969. Ископаемые флоры Арктики. I. Палеозойские и мезозойские флоры Западного Шпицбергена, Земли Франца-Иосифа и острова Новая Сибирь. Л. 130 с.
- [Viskunova et al.] Вискунова К.Г., Зинченко А.Г., Кийко О.А., Козлов С.А., Костин Д.А., Лопатин Б.Г., Макарьев А.А., Макарьева Е.М., Маркина Н.В., Пенедюк Е.В., Повышева Л.Г., Устинов Н.В., Шипилов Э.В., Шкарубо С.И., Юрьева И.В., Яковлева Т.В. 2004. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1000000 (новая серия). Лист U-37-40 — Земля Франца-Иосифа (южные острова). Объяснительная записка. СПб. 170 с.
- [Yarmolenko] Ярмоленко А.В. 1933. Опыт применения анатомии вторичной древесины ствола к объяснению филогении хвойных. — *Сов. ботаника*. 6: 46–63.
- [Yatsenko-Khmelevsky] Яценко-Хмелевский А.А. 1954. Основы и методы анатомического исследования древесины. М.-Л. 337 с.

XENOXYLON (CONIFERALES) FOSSIL WOODS FROM THE LOWER CRETACEOUS DEPOSITS OF THE FRANZ JOSEF LAND ARCHIPELAGO

M. A. Afonin^{a,b,#} and D. V. Gromyko^a

^aKomarov Botanical Institute RAS
Prof. Popov Str., 2, St. Petersburg, 197022, Russia

^bFederal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, Far Eastern Branch RAS
Stoletiya Vladivostoka Ave., 159, Vladivostok, 690022, Russia

[#]e-mail: mafonin@binran.ru

Fossil wood species *Xenoxylon phyllocladoides* and *X. jakutiense* of the Mesozoic genus *Xenoxylon* (Coniferales) are described from the Lower Cretaceous volcano-sedimentary deposits of Mac-Cult and Salisbury islands of the Franz Josef Land Archipelago. Fossil woods from Mac-Cult and Salisbury islands are described for the first time. Record of *X. jakutiense* from Salisbury Island represents the first record of this species from the island part of the Arctic. The presence of abietinean pitting on the radial walls of tracheids indicates that these species belong to the “*phyllocladoides*” group *sensu* Philippe et al. (2013), evolved from ancestral forms of *Xenoxylon* in the Early Jurassic. The discovery of *X. phyllocladoides* and *X. jakutiense* fossil woods in the Lower Cretaceous deposits both on the island and mainland parts of the Russian Arctic confirms the conclusions about floristic links between Franz Josef Land and the northern part of the Siberian Platform in the Early Cretaceous.

Keywords: wood anatomy, gymnosperms, Cretaceous, Mesozoic, Arctic

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are grateful to the anonymous reviewers for their valuable comments and suggestions. The study was carried out within the framework of the state assignments no. 122011900029-7 (Komarov Botanical Institute, Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia) and no. 121031500274-4 (Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia).

REFERENCES

- Afonin M.A. 2019. *Xenoxylon* (Coniferales) fossil woods from the Jurassic and Cretaceous deposits of Siberia and the Russian Far East. — *Paleontol. J.* 53: 89–104.
- Afonin M., Gromyko D. 2021. First record of *Ginkgoxylon* (Ginkgoales) fossil wood in the Lower Cretaceous of the Arctic region. — *Cretac. Res.* 125: ID 104868.
- Afonin M., Philippe M. 2014. Fossil woods from the Lower Cretaceous (Albian) of Kamchatka Peninsula, Russian Far East. — *Cretac. Res.* 50: 110–119.
- Afonin M., Philippe M., Gromyko D. 2022. New data on the geographic and stratigraphic range of the Mesozoic fossil wood genera *Protocedroxylon* and *Xenoxylon* in the Arctic region. — *Rev. Palaeobot. Palynol.* 302: ID 104667.
- Bailey I.W. 1953. Evolution of the tracheary tissue of land plants. — *Am. J. Bot.* 40: 4–8.
- Cramer C. 1868. Fossile Hölzer der Arktischen Zone. — In: *Flora fossilis arctica – Die fossile Flora der Polarländer*, Zürich. P. 167–180.
- Dibner V.D. 1961. Cretaceous deposits of Franz Josef Land. — *Proceed. NIIGA.* 125: 61–74 (In Russ.).
- Dibner V.D. 1970. The Barents Sea islands: Franz Josef Land and Victoria Island. — In: *Geology of the USSR. XXVI. Soviet Arctic islands*. Moscow. P. 60–108 (In Russ.).
- Dymov V.A., Kachurina N.V., Kosteva N.N., Makarieva A.A., Makarieva E.M., Pogorelsky A.I., Sakharova K.A., Serov E.K., Stark A.G., Shkatov E.P. 2006. State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1 : 1000000 (New Series). Sheet U-37-40 – Franz Josef Land (northern islands). Explanatory Note. Saint Petersburg. 272 p. (In Russ.).
- Dymov V.A., Kachurina N.V., Makarieva A.A., Makarieva E.M., Orlov V.V., Stark A.G. 2011. State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1 : 1000000 (third generation). Sheet U-41-44 – Franz Josef Land (eastern islands). Explanatory Note. Saint Petersburg. 220 p. (In Russ.).
- Fedin A.Kh. 1943. New genus of fossil conifer *Papaninia involucrata* Fedin. — *Doklady AN SSSR.* 41: 365–367 (In Russ.).
- Gammerman A.F., Nikitin A.A., Nikolaeva L.T. 1946. Guide to wood identification based on characteristic microscopical features. Moscow-Leningrad. 143 p. (In Russ.).
- Gothan W. 1905. Zur Anatomie lebender und fossiler Gymnospermen-Hölzer. — *Abhandlungen der Königlich Preussischen Geologischen Landesanstalt.* 44: 1–108.
- Gothan W. 1906. Fossile Hölzer aus dem Bathonien von Russisch-Polen. *Verh. – Russ.-Kais. Mineral. Ges.* 44: 435–458.
- Gothan W. 1907. Die fossilen Hölzer von König Karls Land. — *Kungliga Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar.* 42: 1–44.
- Gothan W. 1910. Die fossilen Hölzreste von Spitzbergen. — *Kungliga Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar.* 45: 1–56.
- Høeg O.A. 1932. Notes on some Arctic fossil wood, with a redescription of *Cupressinoxylon polyommatus*, Cramer. — *Norges Svalbard-Og Ishavs-Undersøkelser.* 17: 1–9.
- IAWA Committee. 2004. IAWA List of Microscopic Features for Softwood Identification. — *IAWA J.* 25(1): 1–70.
- Marynowski L., Philippe M., Zaton M., Hautevelles Y. 2008. Systematic relationships of Mesozoic wood genus *Xenoxylon*: integrative biomolecular and palaeobotanical approach. — *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.* 247: 177–189.
- Müller-Stoll W.R. 1951. Mikroskopie des zersetzten und fossilisierten Holzes. — *Handb. Mikr. Techn.* 5 (2): 727–816.
- Nashchokin V.D. 1968. Fossil woods from the Cretaceous, Tertiary and Quaternary deposits of Middle Siberia. Moscow. 175 p. (In Russ.).
- Oh C., Philippe M., Kim K. 2015. *Xenoxylon* synecology and palaeoclimatic implications for the Mesozoic of Eurasia. — *Acta Palaeontol. Pol.* 60: 245–256.
- Philippe M., Bamford M.K. 2008. A key to morphogenera used for Mesozoic conifer-like woods. — *Rev. Palaeobot. Palynol.* 148: 184–207.
- Philippe M., Jiang H.-E., Kim K., Oh C., Gromyko D., Harland M., Paik I.-S., Thevenard F. 2009. Structure and diversity of the Mesozoic wood genus *Xenoxylon* in Far East Asia: implications for terrestrial palaeoclimates. — *Lethaia.* 42(4): 393–406.
- Philippe M., Thévenard F., Nosova N., Kim K., Naugolnykh S. 2013. Systematics of a palaeoecologically significant boreal Mesozoic fossil wood genus, *Xenoxylon* Gothan. — *Rev. Palaeobot. Palynol.* 193: 128–140.
- Reolid M., Philippe M., Nagy J., Abad I. 2010. Exceptional preservation of phosphatic wood remains of the Brentskardhaugen Bed (Middle Jurassic) from Svalbard (Boreal Realm). — *Facies.* 56: 549–566.
- Selmeier A., Grosser D. 2011. Lower Cretaceous conifer driftwood from the Sverdrup Basin, Canadian Arctic Archipelago. — *Zitteliana.* 51: 19–35.
- Seward A.C. 1919. Fossil plants, IV. London. 543 p.
- Shilkina I.A. 1960. Wood of a new genus and species from the Lower Cretaceous deposits of Franz Josef Land. — *Paleontol. J.* 1: 113–117 (In Russ.).
- Shilkina I.A. 1967. Fossil woods from the Franz Josef Land. — In: *Paleobotanika. Vol. VI. Leningrad.* P. 29–50 (In Russ.).
- Shilkina I.A. 1986. Fossil woods of Northern Eurasia. — In: *Problemy Paleobotaniki. Leningrad.* P. 150–155 (In Russ.).
- Shilkina I.A., Khudayberdyev R. 1971. New records and review of the genera *Protocedroxylon* and *Xenoxylon*. — In:

- Paleobotanika Uzbekistana. Vol. II. Tashkent. P. 117–133 (In Russ.).
- Snigirevskaya N.S., Fefilova L.A. 2007. New locality of *Xenoxylon* fossil woods (*Pinopsida incertae sedis*) in the Mesozoic deposits of Franz Josef Land, dated by miospores, and its significance. — *Proceed. VNIIOkean-geol.* 211: 111–118 (In Russ.).
- Sveshnikova I.N., Budantsev L.Yu. 1969. Fossil floras of the Arctic. Part 1. Paleozoic and Mesozoic floras of West Spitsbergen, Franz Josef Land and New Siberian Island. Leningrad. 130 p. (In Russ.).
- Viskunova K.G., Zinchenko A.G., Kiyko O.A., Kozlov S.A., Kostin D.A., Lopatin B.G., Makariev A.A., Makarieva E.M., Markina N.V., Pedenyuk E.V., Povyshева L.G., Ustinov N.V., Shipilov E.V., Shkarubo S.I., Yurieva I.V., Yakovleva T.V. 2004. State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1: 1000000 (New Series). Sheet T-37-40 — Franz Josef Land (southern islands). Explanatory Note. Saint Petersburg. 170 p. (In Russ.).
- Yarmolenko A.V. 1933. Experience of using anatomy of secondary wood of trunk for the explanation of phylogeny of conifers. — *Sovet. Bot.* 6: 46–63 (In Russ.).
- Yatsenko-Khmelevsky A.A. 1954. Fundamentals and methods of anatomical investigation of wood. Moscow-Leningrad: 337 p. (In Russ.).