

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ВОПРОСЫ ГЕОЛОГИИ И КОМПЛЕКСНОГО ИЗУЧЕНИЯ ЭКОСИСТЕМ ВОСТОЧНОЙ АЗИИ

**Седьмая Всероссийская научная конференция
с международным участием
02–04 октября 2024 г., Благовещенск**

Сборник докладов
Электронное издание

Благовещенск
2024

РАСТЕНИЯ РАННЕМЕЛОВЫХ ИНЕРТИНИТОВЫХ УГЛЕЙ ЗАБАЙКАЛЬЯ

Е.В. Бугдаева¹, bugdaeva@biosoil.ru, Н.Г. Ядрищенская², nataliya_yadr@mail.ru, С.А. Ондар³,
ondarsa@tikopr.sbras.ru, И.Н. Косенко^{4,5}, kosenkoin@ipgg.sbras.ru, Г.Д. Санжиев⁶,
sandorzik@mail.ru

¹Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, г. Владивосток

²Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского, Санкт-Петербург,

³Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН, г. Кызыл

⁴Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, г. Новосибирск

⁵Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск

⁶Геологический институт им. Н.Л. Добрецова СО РАН, г. Улан-Удэ

Изучены угли раннемеловых селенгинской свиты (апт) Гусиноозерской впадины Республики Бурятия и кутинской свиты (апт-ранний альб) Тургино-Харанорской впадины Забайкальского края. В результате установлено, что значительная часть углей состоит из обожженной древесины («charcoal»). Изготовлены препараты на электронный сканирующий микроскоп, выявлено, что она представляет собой древесину голосеменных, по всей видимости, хвойных. В результате химической мацерация углей получены кутикулы хвойных, имевших чешуелистные побеги и своеобразное строение листьев.

Флора селенгинской свиты довольно разнообразна и представлена папоротниками *Coniopteris setacea* (Prynada) Vachrameev, *Coniopteris sinitzae* Srebrodolskaja, *Cladophlebis* sp., *Cladophlebidium dahuricum* Prynada, беннеттиты *Nilssoniopteris* sp., лептострбовыми *Czekanowskia* sp., *Phoenicopsis* sp. A, *Ixostrobus* sp., гинкгофитами *Sphenobaiera* sp., *Pseudotorellia* sp. A., *Umaltolepis* sp. A, хвойными *Athrotaxites* sp. A, *Torreya* sp., *Elatocladus* sp., *Podozamites* sp., *Pityophyllum* sp., *Swedenborgia transbaikalia* Bugdaeva, *Schizolepidopsis canicularis* Leslie, Glasspool, Herendeen, Ichinnorov, Knopf, Takahashi et Crane, *Samaropsis aurita* Krassilov, *Krassilovia mongolica* Herrera, Shi, Leslie, Knopf, Ichinnorov, Takahashi, Crane et Herendeen. Основными растениями-углеобразователями являются псевдотореллиевые, но из углей с высоким участием инертинитов выявлены остатки *Athrotaxites* sp. A (Рис. 1, а-в). Чешуелистные побеги последних также многочисленны и в кластических междупластиях. Обожженная древесина («charcoal») имеет замечательную сохранность, позволяющую изучить ее в электронном сканирующем микроскопе. Она представлена остатками стволов хвойных (Рис. 1, г-е). Приуроченность *Athrotaxites* sp. A к слоям и углям с частой встречаемостью обожженной древесины приводит к выводу об устойчивости этого хвойного к пожарам. Этот род известен из нижнемеловых угленосных отложений Северного и Северо-Восточного Китая, также обогащенных фюзенитами [1].

Флора более молодой кутинской свиты не менее разнообразна: печеночные мхи *Thallites* sp., хвощи *Equisetum* sp., папоротники *Coniopteris onychioides* Vassilevskaja et Kara-Murza, *Cladophlebis* cf. *pseudolobifolia* Vachrameev, *Cladophlebis* sp., *Sphenopteris transbaikalia* Prynada, *Sphenopteris* sp., беннеттит *Nilssoniopteris* aff. *prynadae* Samylina, лептострбовые *Phoenicopsis* sp. A, гинкгофиты *Baiera* sp., *Ginkgo manchurica* (Yabe and Ôishi) Cao, *Pseudotorellia kharanorica* Bugdaeva, *Umaltolepis* sp., хвойные *Pagiophyllum* sp., *Pityophyllum* sp., *Pityospermum pachypterum* Prynada, *Pseudolarix* sp. *Elatides* (*Elatocladus*) cf. *zhoui* Shi, Leslie, Herendeen, Ichinnorov, Takahashi, Knopf et Crane, *Elatocladus* sp., *Holkopitys* sp. nov. Многие из вышеперечисленных растений играют углематеринскую роль в углях Харанорского месторождения, но из прослоев, обогащенных инертинитом, листовые остатки либо отсутствуют, либо представлены только чешуелистными побегами хвойных *Elatocladus* sp. и *Pagiophyllum* sp. (Рис. 2, а-г; Рис. 3, а-в).

Древесина, выявленная из нижнего мощного пласта, может быть отнесена к хвойным (Рис. 2, д-ж). Листовые кутикулы вышеперечисленных растений зачастую корродированны (Рис. 2, г; Рис. 3, в), что может говорить о воздействии на них вулканических газов при извержениях и пеплопадах.

Предполагается, что события массовых вымираний в истории Земли связаны с вулканическими извержениями, когда имеют место повышенные выбросы диоксида серы (SO₂). Ирландскими и итальянскими палеоботаниками проведен шестимесячный эксперимент выращивания растений в атмосфере повышенного содержания этого газа, выявивший повреждения и деформации кутикул листьев, связанных с травмой от фумигации [2]. Мы также можем интерпретировать подобные повреждения на харанорских листьях, как таковые от воздействия вулканических газов.

Нужно отметить, что в угольных пластах Харанорского месторождения можно проследить на значительном расстоянии несколько пластов тонштейна, хорошо выделяющихся светлой окраской на черном фоне угля, что свидетельствует о накоплении вулканогенного пеплового материала кислого (риолитового) состава синхронно с торфонакоплением. Не исключено, что воздействие извержения вулкана, пусть даже и отдаленного, могло спровоцировать пожары.

Считается, что для возникновения пожаров на болоте необходимы периоды засухи на фоне гумидного климата и высокое содержание кислорода в атмосфере; основными причинами называются молнии и извержения вулканов [3]. Для раннеальбской угленосной формации Фусинь на Северо-Востоке Китая, хорошо сопоставляемой с кутинской свитой Восточного Забайкалья, также выявлено высокое содержание инертинита, позволившее сделать вывод о многочисленных широко распространенных лесных пожарах, которые стратиграфически коррелируют с субсобытиями Килиан, Пакье и Леенхардт в раннем альбе ОАЕ 1b [4]. Уровень концентрации кислорода в атмосфере раннего альба оценен по содержанию инертинита, как ~ 25%, что превышает современный уровень кислорода в атмосфере. Таким образом, в начале альба возникли предпосылки для устойчивого и масштабного горения лесов и торфяников.

В 2012 году в испанской провинции Валенсия бушевали пожары, уничтожившие большую часть лесов - дубы, можжевельники и сосны сгорели дотла. Однако кипарисовая роща осталась почти нетронутой. Выяснилось, что для средиземноморских кипарисов *Cupressus sempervirens* L. характерно высокое содержание воды, эти деревья могут сохранять высокую влажность даже при экстремальной жаре и засухе. Считается, что такие особенности строения листьев, как очень толстая кутикула и расположение устьиц на внутренней стороне листа препятствуют испарению влаги. В результате этого кипарис в 5-7 раз более устойчив к огню, чем другие виды средиземноморских растений. Также пожароустойчивость кипарисовых рощ обеспечивает толстый слой опавших листьев на почве. Они действуют как влажная губка, препятствуя распространению огня.

Не исключено, что и в геологическом прошлом чешуелистные хвойные также обладали пожароустойчивостью, и после пожаров, губивших богатую растительность, оставались основными компонентами пирогенных растительных сообществ.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 124012200182-1).

Литература

1. Dong Ch., Sun B.N., Wu J.Yu, Du B.X., Xu X.H., Jin P.H. Structure and affinities of *Athrotaxites yumenensis* sp. nov. (Cupressaceae) from the Lower Cretaceous of northwestern China // Cretaceous Research. 2014. V. 47. P. 25-38.
2. Elliott-Kingston C., Haworth M., McElwain J.C. Damage structures in leaf epidermis and cuticle as an indicator of elevated atmospheric sulphur dioxide in early Mesozoic floras // Review of Palaeobotany and Palynology. 2014. V. 208. P. 25-42.
3. Glasspool I.J., Scott A.C., Waltham D., Pronina N., Shao L. The impact of fire on the Late Paleozoic Earth system // Frontiers in Plant Science. 2015. V. 6. Article 756.
4. Xu X.T., Shao L.Y., Eriksson K.A., Zhou J.M., Wang D.D., Hou H.H., Hilton J., Wang S.A., Lu J., Jones T.P. Widespread wildfires linked to early Albian Ocean Anoxic Event 1b: Evidence from the Fuxin lacustrine basin, NE China // Global and Planetary Change. 2022. V. 215. Article 103858.

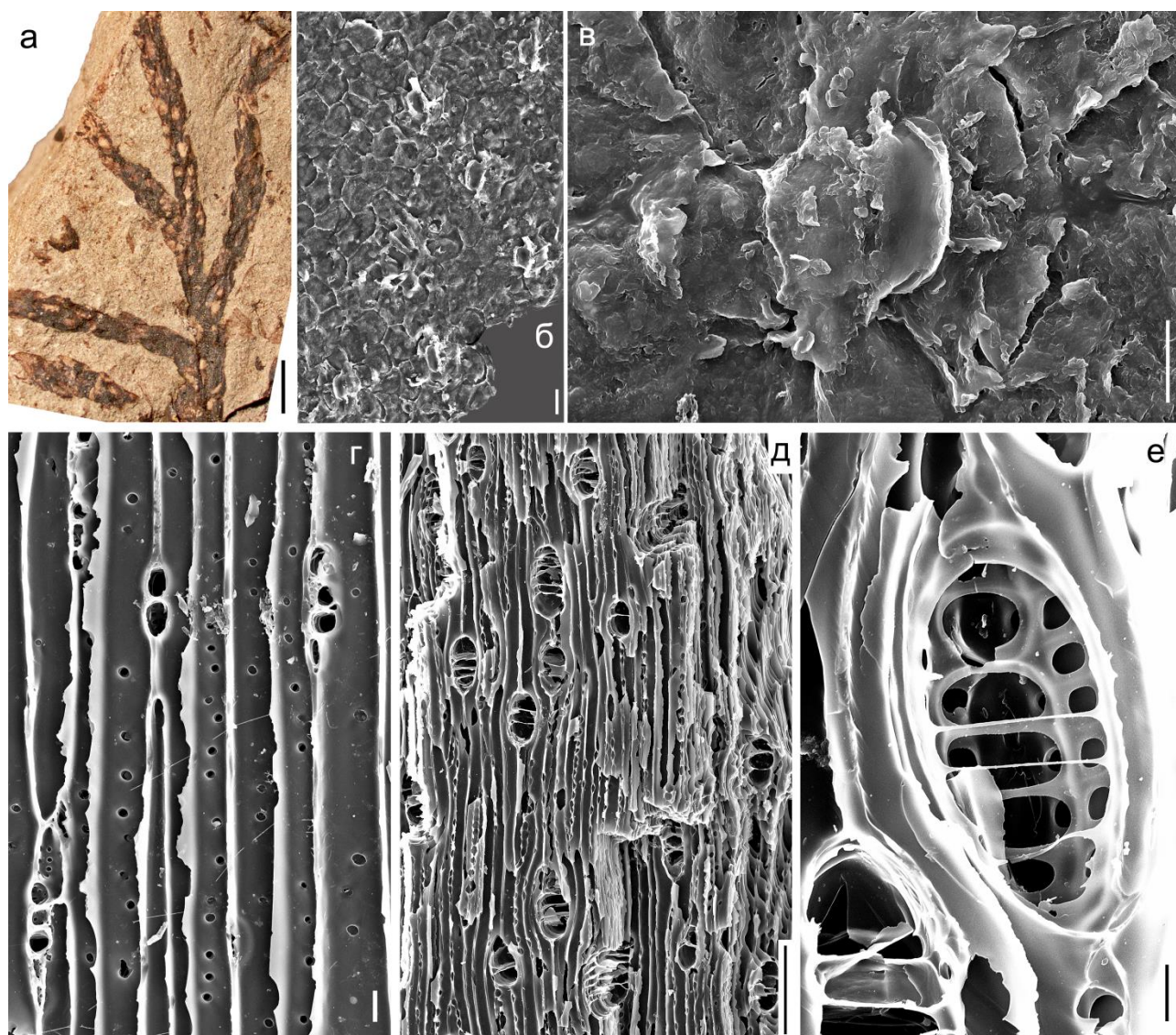


Рисунок 1. Остатки побегов и кутикулы листьев *Athrotaxites* sp. А (а-в) и древесины хвойных (г-е), селенгинская свита Гусиноозерской впадины, Республика Бурятия. *Athrotaxites* sp.А: а – чешуелистный побег, линейка 2 мм; б – внутренняя поверхность нижней стороны листа, СЭМ, линейка 20 μm; в – отдельное устьице, вид изнутри, СЭМ, линейка 10 μm. Древесина хвойных *Coniferales* indet. (линейки: г - 20 μm, д - 100 μm, е - 10 μm).

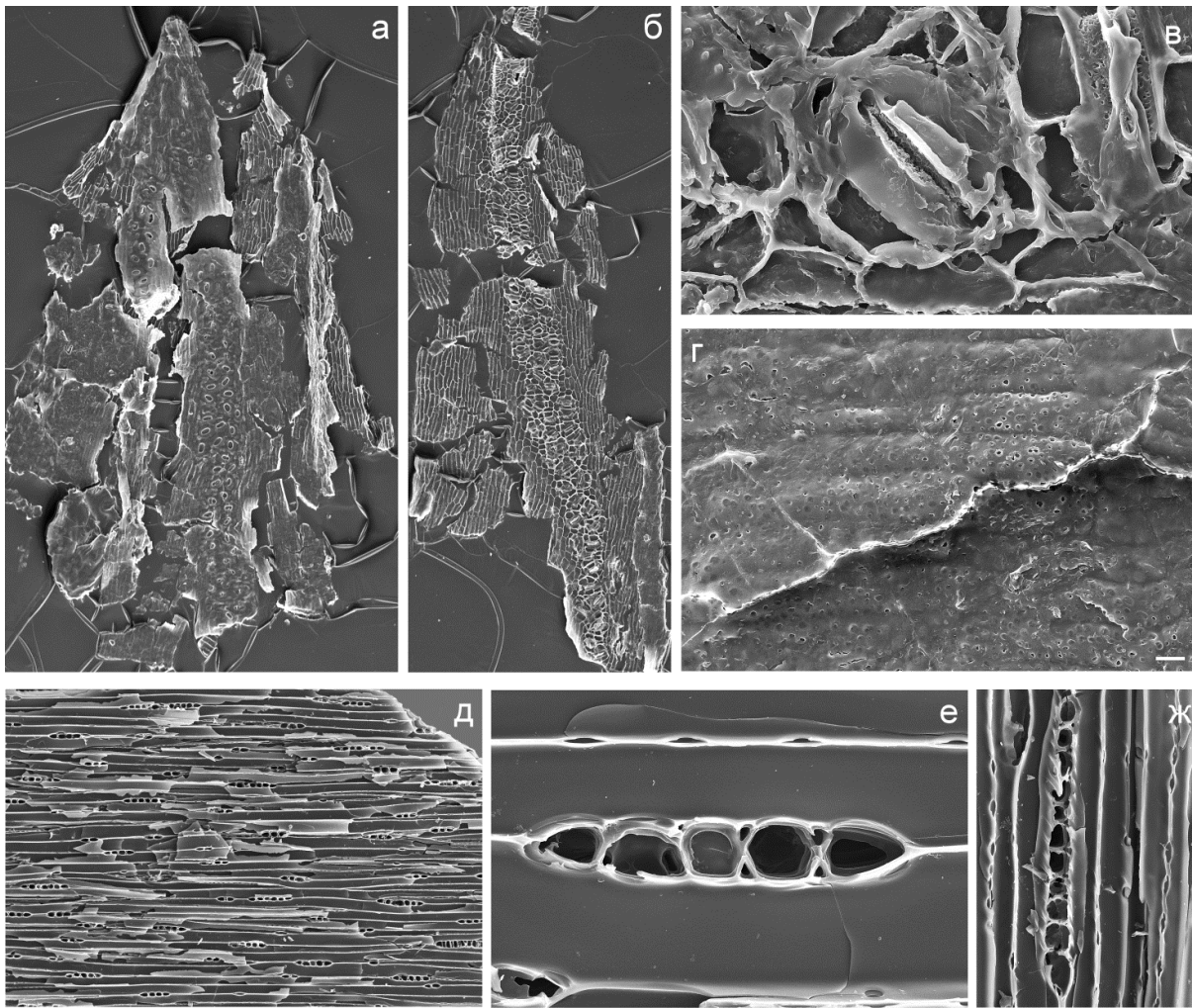


Рисунок 2. Остатки листьев *Elatocladus* sp. (а-г) и древесины хвойных (д-ж) из углей кутинской свиты, Харанорское месторождение угля, Забайкальский край. *Elatocladus* sp.: а - внешняя поверхность листа, СЭМ, линейка 100 μm , б - внутренняя поверхность листа с устьичной полосой, СЭМ, 100 μm , в - устьице, вид изнутри, СЭМ, линейка 10 μm , г - внешняя сторона поверхности листа, СЭМ, линейка 10 μm . Древесина хвойных *Coniferales* indet. (линейка: д - 100 μm , е - 10 μm , ж - 20 μm).

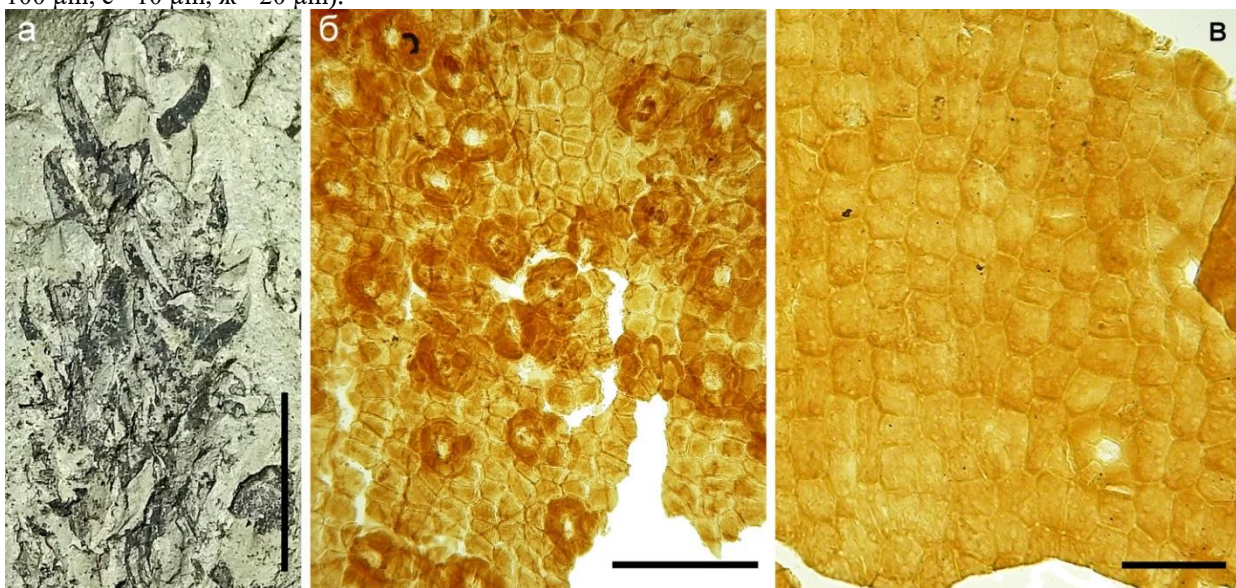


Рисунок 3. *Pagiophyllum* sp., кутинская свита, Харанорское месторождение угля, Забайкальский край: а - чешуелистный побег, линейка 1 см, б - внутренняя поверхность листа с устьичной полосой, СМ, 50 μm , в - поверхность листа, СМ, линейка 20 μm .