

УДК: 561:551.763.12(571.63-13)

РАННЕМЕЛОВЫЕ РАСТИТЕЛЬНЫЕ СООБЩЕСТВА И ПАЛЕООБСТАНОВКИ НА ПОЛУОСТРОВЕ МУРАВЬЕВА- АМУРСКОГО (Дальний Восток, Россия)

Волынец Е. Б.¹ , Сунь Ге² 

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

² Key-Lab for Evolution of Past Life in NE Asia, Ministry of Natural Resources,
China (Shenyang Normal University), Shenyang, China
E-mail: volynets61@mail.ru

Остатки растений баррем-альбского возраста (нижний мел, никанская серия) изучены из уссурийской, липовецкой и галенковской свит на п-ове Муравьева-Амурского, который входит в состав Раздольненского бассейна. Возраст никанской серии бассейна обоснован по палеоботаническим, палинологическим данным и U–Pb изотопному датированию детритовых цирконов. Никанская флора п-ова Муравьева-Амурского состоит примерно из 125 таксонов, среди которых разнообразны папоротники и голосеменные, а также встречаются редкие цветковые растения. Эта флора представлена тремя флористическими комплексами (ФК): уссурийский (баррем), в котором доминируют папоротники и хвойные; липовецкий (апт – начало раннего альба), где преобладают папоротники, цикадофиты, хвойные и впервые появляются цветковые растения; галенковский (ранний–средний альб), в составе которого преобладают папоротники и хвойные, а также постоянно участвуют еще редкие покрытосеменные. Обсуждаются палеообстановки осадконакопления для баррем-альбского времени в Подгородненской впадине: предгорная аллювиально-аккумулятивная равнина (баррем) сменилась прибрежно-аллювиальной заболоченной равниной (в основном апт, начало раннего альба) и в дальнейшем превратилась в озерно-аллювиальную равнину (ранний–средний альб).

Ключевые слова: нижний мел, баррем–альб, никанская флора, растительные сообщества, палеообстановки, Приморье.

DOI: 10.34078/1814-0998-2025-1-12-31

ВВЕДЕНИЕ

Изучение мезозойской флоры п-ова Муравьева-Амурского (г. Владивосток) началось со сборов ископаемых растений П. В. Виттенбургом (1908–1912 гг.), которые изучал А. Н. Криштофович (1916, 1921). Колыбелью никанской флоры являются места находок растительных остатков в бухте Бражникова (п-ов Марковского) и на мысе Фирсова. В 1960-х гг. Ю. Б. Евланов и В. А. Красилов описали нижнемеловые разрезы и собрали ископаемые остатки в бассейнах рек Богатая, Песчанка, Саперка и на п-ове Марковского (Красилов, 1967). В. А. Красилов на основе палеоботанических и литологических данных разделит меловые отложения Раздольненского каменноугольного бассейна на уссурийскую (баррем), ли-

повецкую (апт) и галенковскую (альб) свиты, а также нерасчлененную коркинскую серию (сеноман). В липовецкой свите открыты промышленные запасы угля и собраны богатые коллекции растительных остатков.

Последние годы Е. Б. Волынец собирала остатки раннемеловых растений полуострова и уточняла стратиграфическое положение отдельных геологических разрезов (Волынец, 2015). Полученные данные значительно расширили представления о таксономическом составе никанской флоры п-ова Муравьева-Амурского и южного Приморья в целом (Volynets, 2010; Kovaleva et al., 2012, 2016; Volynets et al., 2016; Volynets, Bugdaeva, 2017; Golovneva et al., 2021). В данной статье на основе новых находок растительных остатков и ревизии предыдущих сборов уточнен состав флористических комплексов и впервые представлен более полный иллюстративный материал по фитофосилиям (см. таблицу).

Таблица. Таксономический состав Никанской флоры
Table. Taxonomic composition of the Nikan flora

Таксон	Флористический комплекс		
	Уссурий-ский	Липовец-кий	Галенков-ский
Bryophyta			
<i>Marchantites</i> ex gr. <i>yabei</i> Kryshtofovich et Prynada	*	*	
<i>Riccia</i> sp.		o	
<i>Thallites</i> sp.		*	
Lycopodiales			
<i>Lycopodites nicanicus</i> Krassilov		! *	*
<i>Lycopodites prynadae</i> Krassilov	! *	! *	*
<i>Lycopodites ussuriensis</i> Kryshtofovich et Prynada		! *	
<i>Lycopodites</i> sp.	*	! *	
<i>Isoetites</i> sp.		*	
Equisetales			
<i>Neocalamites</i> cf. <i>nathorstii</i> Erdtman	! *		
<i>Equisetites ramosus</i> Samylina		*	
<i>Equisetites</i> sp.	! *	! *	! *
Filicales			
<i>Osmunda denticulata</i> Samylina		*	
<i>Osmunda</i> sp.		*	*
<i>Ruffordia goeppertii</i> (Dunk.) Seward	*	*	*
<i>Gleichenites porsildii</i> Seward		*	
<i>Gleichenites zippei</i> (Corda) Seward		*	o
<i>Gleichenites</i> sp.	*	! *	o
<i>Nathorstia pectinata</i> (Goeppert) Krassilov		*	
<i>Alsophilites nipponensis</i> (Oishi) Krassilov		*	
<i>Dicksonia concinna</i> Heer		*	
<i>Dicksonia</i> sp. A		o	
<i>Birisia alata</i> (Prynada) Samylina		o	o
<i>Birisia onychioides</i> (Vassilevsk. et K.-M.) Samylina		*	*
<i>Coniopteris</i> ex gr. <i>arctica</i> (Prynada) Samylina			*
<i>Coniopteris burejensis</i> (Zal.) Seward	! *	! *	! *
<i>Coniopteris</i> sp.	!	! *	
<i>Onychiopsis psilotoides</i> (St. et W.) Ward	*	! *	! *
<i>Adiantopteris gracilis</i> (Vassilevsk.) Vassilevskaya			o
<i>Adiantopteris sewardii</i> (Yabe) Vassilevskaya	*	*	!
<i>Adiantopteris yuasensis</i> (Yok.) Krassilov	! *	*	*
<i>Adiantopteris</i> sp.		o	
<i>Arctopteris</i> sp. 1 (<i>A. aff. kolymensis</i> Samylina)		*	
<i>Arctopteris</i> sp. 2		o	
<i>Asplenium</i> (<i>Anemia</i>) <i>dicksonianum</i> Heer		o	o
<i>Asplenium samylinae</i> Krassilov		!	
<i>Vargolopteris rossica</i> Prynada (? <i>Cyathea</i> sp. 1)		0	0
<i>Teilhardia tenella</i> (Prynada) Krassilov		*	
<i>Hausmannia</i> sp. 1		*	
" <i>Polypodites</i> " <i>polysorus</i> Prynada		*	
<i>Polypodites ussuriensis</i> Kryshtofovich et Prynada	! *		
<i>Polypodites</i> sp.	o	o	
<i>Acrostichopteris</i> sp.	o		
<i>Lobifolia novopokrovskii</i> (Prynada) Rasskaz. et E. Lebedev	*	! *	! *
<i>Cladophlebis denticulata</i> (Brongn.) Fontaine	*	*	
<i>Cladophlebis frigida</i> (Heer) Seward	o	! *	o
<i>Cladophlebis</i> sp.	! *	*	! *

Продолжение таблицы

Таксон	Флористический комплекс		
	уссурий-ский	липовец-кий	галенков-ский
Caytoniales			
<i>Sagenopteris mantellii</i> (Dunker) Schenk		! *	
<i>Sagenopteris variabilis</i> (Velenovsky) Velenovsky		*	
<i>Sagenopteris</i> sp.	! *	*	
Bennettitales			
<i>Williamsonia pacifica</i> Kryshstofovich		*	
<i>Williamsonia</i> cf. <i>pacifica</i> Kryshstofovich		*	
<i>Neozamites</i> cf. <i>verchojanensis</i> Vachrameev		o	
<i>Neozamites</i> sp.			*
<i>Dictyozamites cordatus</i> (Kryshstofovich) Prynada		! *	
<i>Dictyozamites reniformis</i> (Font.) Oishi		*	
<i>Pterophyllum burejense</i> Prynada		*	
<i>Pterophyllum manchurense</i> (Oishi) Krassilov		*	
<i>Pterophyllum sutschanense</i> Prynada		! *	
<i>Pterophyllum</i> sp.		o	
<i>Cycadites sulcatus</i> Kryshstofovich et Prynada		! *	
<i>Pseudocycas</i> sp.		o	
<i>Cycadolepis</i> sp.		! *	
<i>Nilssoniopteris</i> sp.	*	*	
Cycadales			
<i>Pseudoctenis eathiensis</i> (Rich.) Seward		*	
<i>Pseudoctenis</i> sp.		o	
<i>Ctenis</i> sp.		*	
<i>Neodoratophyllum sulcatum</i> (Prynada) Krassilov		o	
<i>Nilssonia acutiloba</i> (Heer) Prynada		o	
<i>Nilssonia</i> ex gr. <i>brongniartii</i> (Mant.) Dunker	o	! *	! *
<i>Nilssonia densinervis</i> (Font.) Berry		! *	*
<i>Nilssonia mediana</i> (Leck. et Bean MS) Fox-Strangways		*	
<i>Nilssonia nicanica</i> Prynada		*	
<i>Nilssonia</i> ex gr. <i>orientalis</i> Heer	! *	! *	o
<i>Nilssonia shmidtii</i> Vachrameev		o	
<i>Nilssonia</i> sp.		o	o
<i>Nilssoniocladus anatolii</i> Volynets		*	
Ginkgoales			
<i>Ginkgo concinna</i> Heer		*	
<i>Ginkgo pluripartita</i> (Schimp.) Heer		! *	! *
<i>Ginkgo</i> sp.	*	*	
<i>Pseudotorellia</i> sp.	!		
Czekanowskiales			
<i>Czekanowskia</i> ex gr. <i>rigida</i> Heer		*	
Coniferales			
<i>Podozamites</i> ex gr. <i>lanceolatus</i> (Lindl. et Hutt.) Schenk	! *	*	*
<i>Podozamites reinii</i> Geyler		o	
<i>Podozamites tenuinervis</i> Heer	*	*	o
<i>Podozamites</i> sp.	! *	! *	! *
<i>Araucariodendron heterophyllum</i> Krassilov		! *	
<i>Araucariodendron</i> sp.		*	
<i>Podocarpus nicanicus</i> Krassilov	! *		
<i>Podocarpus</i> sp.		*	
<i>Mirovia</i> cf. <i>orientalis</i> (Nosova) Nosova		o	
<i>Pseudolarix dorofeevii</i> Samylina	! *	! *	
<i>Pityophyllum</i> ex gr. <i>nordenskioldii</i> Heer		*	
<i>Pityophyllum</i> sp.	*	! *	! *
<i>Pityolcladus</i> sp.			o

Окончание таблицы

Таксон	Флористический комплекс		
	уссурий-ский	липовец-кий	галенков-ский
<i>Pityostrobus</i> sp.	! *	*	°
<i>Pityolepis</i> sp.		*	
<i>Pityospermum prynadae</i> Krassilov			! *
<i>Nageiopsis</i> sp.		°	
<i>Torreyites</i> sp.		°	
<i>Torrea nicanica</i> Krassilov		*	
<i>Elatides asiatica</i> (Yok.) Krassiov	*	! *	! *
<i>Taxites brevifolius</i> (Font.) Samylina		! *	°
<i>Taxites</i> sp.		*	
<i>Athrotaxites berryi</i> Bell		*	
<i>Athrotaxopsis expansa</i> Font. emend. Berry		! *	! *
<i>Sequoia</i> ex gr. <i>reichenbachii</i> (Gein.) Heer		*	! *
<i>Sequoia</i> sp.		*	
<i>Cyparissidium gracile</i> Heer	*		
<i>Pagiophyllum</i> sp. (<i>P. orientalis</i> Heer)	*		°
<i>Elatocladus obtusifolius</i> Oishi			°
<i>Elatocladus</i> sp.		*	! *
<i>Brachyphyllum</i> sp.		*	!
Angiospermae			
<i>Araliaephyllum vittenburgii</i> Golovneva et Volynets			*
<i>Araliaephyllum</i> sp. 1			°
<i>Araliaephyllum</i> sp. 2			°
<i>Sapindopsis</i> sp.			*
<i>Dicotylophyllum</i> sp. 1		*	
<i>Dicotylophyllum</i> sp. 2		*	°
<i>Dicotylophyllum</i> sp.		°	*
Liliopsida (Monocotyledoneae) Batsch		°	
Plants Incertae sedis			
<i>Rhizomopteris</i> sp.	°	°	
<i>Carpolithes</i> sp.		*	!
<i>Coniferites</i> sp.		*	
<i>Hydropterangium</i> sp.		!	!
<i>Suifunophyllum</i> sp.		°	
<i>Ctenozamites</i> sp.		*	

Примечание: ° – таксоны в данной статье; * – таксоны в статье Е. Б. Волинец (2015); ! – таксоны в монографии В. А. Красиловой (1967).

МАТЕРИАЛ

Коллекционный материал происходит из 37 местонахождений (рис. 1, В). Он был собран Е. Б. Волинец с 1986 по 2022 г. на п-ове Муравьева-Амурского. В сборах принимали участие Сунь Ге (Sun Ge), Т. А. Ковалева, А. Ф. Лысюк. Коллекция фитофоссилий насчитывает более 3500 образцов. Она хранится в коллекционной лаборатории палеоботаники Федерального научного центра биоразнообразия наземной биоты востока Азии (ФНЦ Биоразнообразия) ДВО РАН г. Владивосток. Номера коллекций: RBT (Раздольненский бассейн, точка Волинец) 25–28, 40, 41, 43–45, 47–49, 57, 109–115, а также IBSS (устаревшая аббревиатура научного центра) 41,

28; точки местонахождений и номер коллекции совпадают. В работе использовались образцы из коллекции В. А. Красиловой т. 59, 60, 61, 66, 72, 74, 75, 76, 77, 78, 79 (Красилов, 1967), которые также хранятся в коллекционной лаборатории палеоботаники ФНЦ Биоразнообразия, а номера местонахождений совпадают с номером коллекции. Образцы с ископаемыми растениями изучались с помощью бинокулярного микроскопа МБС 9, фотографировались цифровыми камерами Canon PowerShot SX740 HS, Samsung Galaxy A54 G5 и Digital USB Microscope OITEZ DP-M16. После фотографирования полученные снимки редактировались в программе Adobe Photoshop 7.0.1 CE. При изучении растительных остатков использовался метод морфологического сравнения листьев.

СТРАТИГРАФИЯ

Меловые отложения п-ова Муравьева-Амурского подразделены на никанскую (баррем – средний альб) и коркинскую (верхний альб – сенман) серии (Красилов, 1967; Volynets, Bugdaeva, 2017). Никанские отложения залегают несогласно, в основном на верхнетриасовых слоях, а перекрываются коркинской серией, образуя Подгородненскую синклинали на восточном побережье Амурского залива (рис. 1, А), а также выходят на поверхность в виде небольших блоков в районе мыса Фирсова, п-вов Речной и Де-Фриз (рис. 1, В). Наиболее представительные разрезы с остатками растений имеются в бассейне р. Песчанка, в нижнем течении р. Богатая, а также в бухтах Браж-

никова и Сокол (рис. 1, С). На п-ове Муравьева-Амурского в составе никанской серии выделяются уссурийская (баррем), липовецкая (апт – нижний альб) и галенковская (нижний–средний альб) свиты (Волынец, 2005, 2006, 2015; Volynets, Bugdaeva, 2017).

Уссурийская свита (K_{us} , мощность 50.4–317.3 м) с разрывом и угловым несогласием залегает на различных горизонтах верхнего триаса, сложена конгломератами, разнотекстурными песчаниками и алевролитами, среди которых преобладают песчаники. Возраст свиты датируется как барремский на основании ископаемых растений и палинологических данных (Красилов, 1967; Маркевич, 1995; Волынец, 2015).

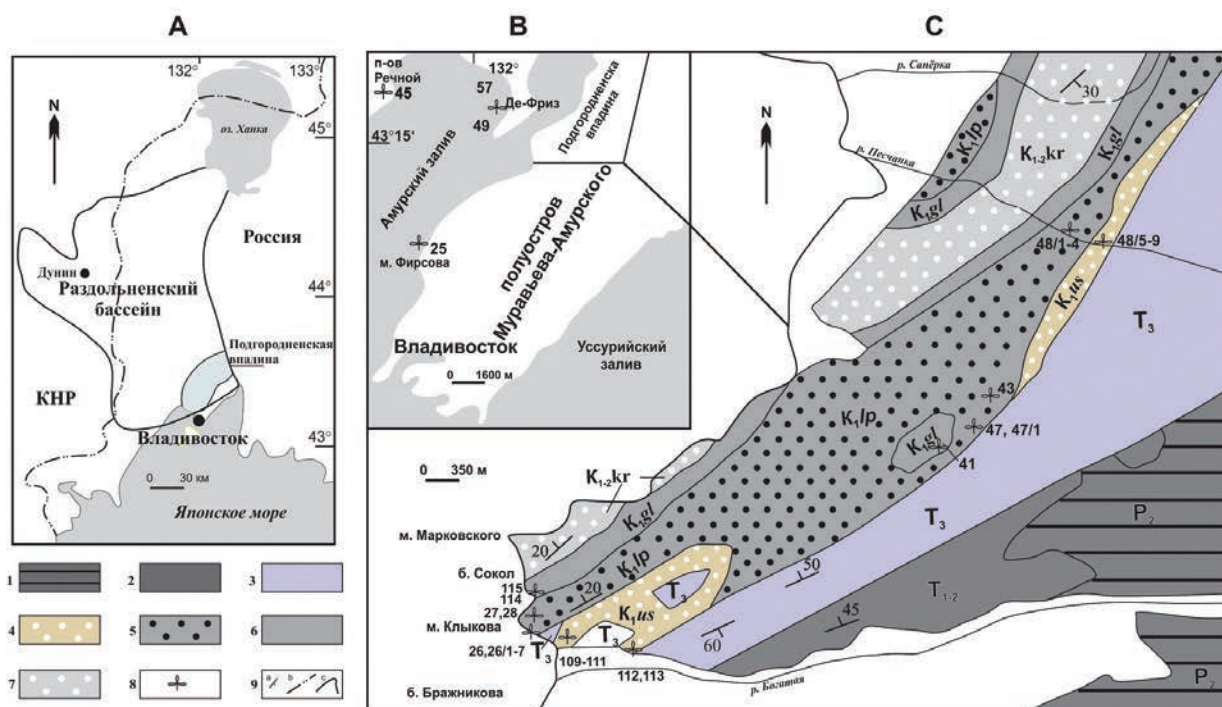


Рис. 1. Меловые местонахождения и обобщенная геологическая карта Подгородненской впадины, п-ов Муравьева-Амурского (Волынец, 2015 с дополнениями): (А) местоположение Раздольненского (Суйфунского) угольного бассейна на юге Приморья и сопредельной территории Китая; (В) расположение Подгородненской впадины на п-ове Муравьева-Амурского и некоторых местонахождений за пределами полуострова; (С) обобщенная геологическая карта Подгородненской впадины (Волынец, 2015 с изменениями). Условные обозначения: (1) отложения верхней перми (P_2), (2) отложения нижнего–среднего триаса (T_{1-2}), (3) отложения верхнего триаса (T_3), отложения нижнего мела – (4) уссурийская свита (K_{us}), (5) липовецкая свита (K_{lp}), (6) галенковская свита (K_{gl}), (7) отложения нижнего–верхнего мела, коркинская серия (K_{1-2kr}), (8) местонахождения остатков растений, (9) (а) элементы залегания пород, (б) государственная граница, (с) контур Раздольненской впадины.

Fig. 1. Cretaceous localities and generalized geological map of the Podgorodnaya Depression, Muravyov-Amur-sky Peninsula (Volynets, 2015 with additions): (A) location of the Razdolnaya (Suifun) Coal Basin in southern Primorye and in the adjacent territory of China; (B) location of the Podgorodnaya Depression within the Muravyov-Amur-sky Peninsula and some sites outside the peninsula; (C) generalized geological map of the Podgorodnaya Depression (Volynets, 2015 with changes). Legend: (1) Upper Permian deposits (P_2), (2) Lower-Middle Triassic deposits (T_{1-2}), (3) Upper Triassic deposits (T_3), Lower Cretaceous deposits, (4) Ussuriy Formation (K_{us}), (5) Lipovtsy Formation (K_{lp}), (6) Galenka Formation (K_{gl}), (7) Lower-Upper Cretaceous deposits, Korkino Group (K_{1-2kr}), (8) location of plant remains, (9) (a) elements of rock bedding, (b) state border, (c) Razdolnaya Basin outline.

Липовецкая свита (K_1lp , мощность около 400 м) широко распространена на исследуемой территории (рис. 1, С). Она представляет собой один крупный ритм, в нижней части которого преобладают грубообломочные осадки (крупнозернистые песчаники, гравелиты с редкими прослоями тонкозернистых пород), а верхней части – тонкозернистые, преимущественно средне- и мелкозернистые песчаники, алевролиты с прослоями аргиллитов и пластами углей. Выявлено девять промышленных угольных пластов (Мудров, 1960; Волынец, 2015).

В бухте Сокол и на мысе Клыкова, п-ов Марковского, верхняя часть липовецкой свиты представлена тонкими известковыми слоями, в которых О. Л. Смирнова (ТОИ) выявила фораминиферы и ядра радиолярий, что свидетельствует о кратковременных морских условиях (Волынец, 2010). Возраст липовецкой свиты принимается как апт – начало раннего альба на основании сходства флористических комплексов Раздольненской впадины и с п-ова Муравьева-Амурского (Волынец, 2005, 2006, 2015). В. А. Красилов (1967) указывал, что ископаемые остатки беннетита *Cycadites sulcatus* Kryshstofovich et Prynda и хвойного *Araucariodendron heterophyllum* Krassilov свидетельствуют о близости флористического комплекса п-ова Муравьева-Амурского с верхнелиповецкой подсвитой Раздольненского бассейна.

В верхней части липовецкой свиты в угольном пласте «Рабочий» на севере Раздольненского бассейна было обнаружено 3 слоя туфа (мощностью 5–15 см), возраст одного из них определен как 118 ± 1.4 млн л. методами U–Th–Pb LA–ICPMS и U–Pb ID–TIMS изотопному датированию детритовых цирконов (Golovneva et al., 2018), что уточняет возраст угольного пласта «Рабочий» как позднеаптский (Gradstein et al., 2020). Согласно исследованию бассейна Сунляо на северо-востоке Китая (к западу от Раздольненского бассейна), в период 109–121 млн л. н. происходили масштабные риолитовые эксплозивные извержения (Wang et al., 2016), их пепловые облака могли достать Приморья, что привело к образованию туфогенных прослоев среди осадочных отложений.

Кроме того, поскольку угольный пласт «Рабочий» датируется примерно 118 млн л., то перекрывающие его угольные и безугольные слои, вероятно, образовались в течение последующей части позднего апта, вероятно самого раннего альба (Волынец, 2006; Volynets, Bugdaeva, 2017). Эти данные подтверждаются по U–Pb изотопному датированию цирконов, извлеченных из песчаника, который перекрывает угольный пласт «Рабочий».

Датировки цирконов выполнены Исодаки с соавторами (Isozaki et al., 2023) и составляют 111.8 ± 2.0 млн л., 112.1 ± 2.6 млн л. и 112.3 ± 2.6 млн л., тогда как средневзвешенное значение – 112.7 ± 1.1 млн л. Все эти возрастные данные указывают на начало раннего альба (Cohen et al., 2013). Исодаки с соавторами также отметили резкое литологическое изменение от основного угольного пласта «Рабочий» (внизу) до мощной пачки песчаника (вверху), что предполагает возможный перерыв между ними с потенциальным разрывом в возрасте (Isozaki et al., 2023).

Галенковская свита (K_1gl , мощность около 100.0 м) распространена от бухты Сокол на п-ове Марковского до бассейна р. Саперка в пос. Угловое (рис. 1, С), сложена песчаниками, алевролитами, конгломератами, прослоями углистых аргиллитов и туффитов. Ее взаимоотношение с липовецкой свитой изучено в бассейне р. Песчанка. Возраст свиты по фитофоссилиям принят как ранний–средний альб (Красилов, 1967; Маркевич, 1995; Волынец, 2006, 2015).

На региональном уровне нижнемеловые отложения никанской серии хорошо сопоставляются с близкими по возрасту толщами КНР (рис. 2) из юго-восточной части провинции Хейлундзянь (группа Цзиси (Jixi) и с **формацией Дуншань** (Dongshan)), а также из восточной части провинции Цзилинь (группы Хелон (Helong) и Яньцзы (Yanji)) (Sun, 2022). Уссурийская свита коррелируется с нижней частью формации Чэнцзихэ (Chengzihe) и также, вероятно, с **формацией Дидао** (Didao), липовецкая свита хорошо соотносится с верхней частью формации Чэнцзихэ и с угленосными отложениями формации Мулин (Muling), галенковская свита коррелируется с **формацией Дуншань** (Dongshan), где в основном вулканические отложения, тогда как коркинская серия коррелируется с **формацией Далацзы** (Dalazi).

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФЛОРИСТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Уссурийский флористический комплекс (ФК) характеризует одноименную свиту и происходит из местонахождений в бассейнах рек Богатая (местонахождения – RBT 109–113) и Песчанка (местонахождения – RBT 48/5–9) (рис. 1, С). Для его характеристики также использовались коллекции В. А. Красиловой (местонахождения т. 75, 77, 78). В настоящее время в составе ФК установлено

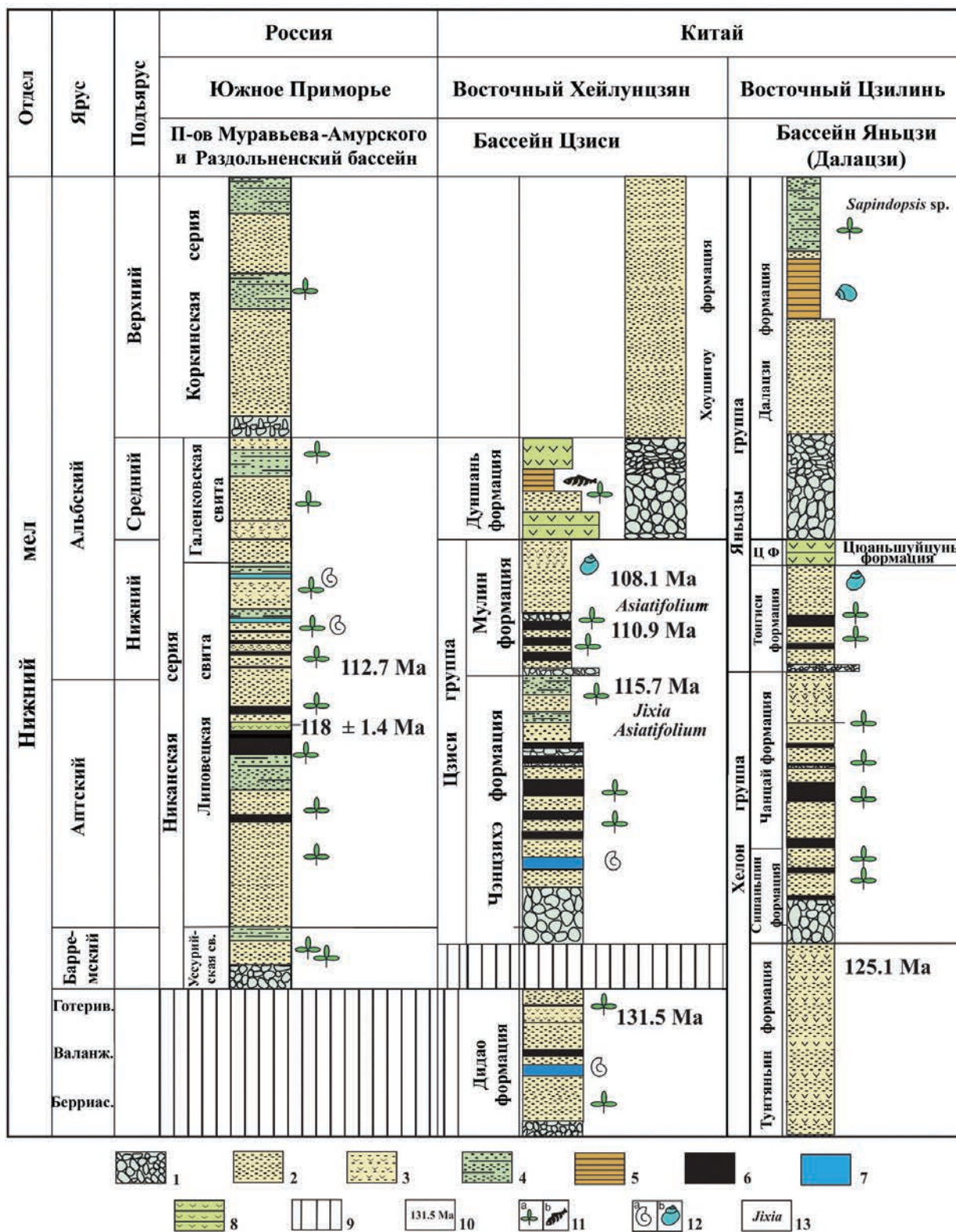


Рис. 2. Схема стратиграфической корреляции некоторых нижнемеловых стратонов южного Приморья (Россия) и восточных частей провинций Хейлунцзян и Цзилинь (КНР) (Sun, 2022): 1 – конгломераты, 2 – песчаники, 3 – туфогенные песчаники, 4 – алевролиты, 5 – глинистые сланцы и аргиллиты, 6 – уголь, 7 – морские слои, 8 – туф, 9 – перерыв, 10 – радиоизотопное датирование; 11 – а) остатки растений, б) остатки рыб; 12 – а) остатки морских животных, б) – остатки пресноводных беспозвоночных; 13 – ранние цветковые.

Fig. 2. Schematic diagram of stratigraphic correlation of some Lower Cretaceous units in southern Primorye (Russia), eastern Heilongjiang, and Jilin (China) (Sun, 2022): 1 – conglomerates; 2 – sandstones; 3 – tuffaceous sandstones; 4 – siltstones; 5 – shales and mudstones; 6 – coal; 7 – marine beds; 8 – tuff; 9 – hiatus; 10 – radioisotope dating; 11 – a) plant fossils, b) fish fossils; 12 – a) marine animal fossils, b) freshwater invertebrate fossils; 13 – early angiosperms.

36 таксонов, тогда как ранее было известно 13 таксонов (Красилов, 1967). В изученном комплексе принимают участие споровые и голосеменные растения (табл.). В составе споровых растений выявлены мохообразные, хвощевидные, плауновидные, а также разнообразные папоротниковидные. Среди папоротников принимают участие *Ruffordia goeppertii* (Dunk.) Seward, *Coniopteris burejensis* (Zal.) Seward, *Onychiopsis psilotoides* (St. et W.) Ward, *Adiantopteris yuasensis* (Yok.) Krassilov, *A. sewardii* (Yabe) Vassilevskaya, *Polypodites ussuriensis* Kryshstofovich et Prynada и прочие. Среди голосеменных растений заметное место принадлежит хвойным, в составе которых обычны *Podozamites* ex gr. *lancaolatus* (Lindl. et Hutt.) Schenk, *P. tenuinervis* Heer, *Podocarpus nicanicus* Krassilov, *Pseudolarix dorofeevii* Samylina, появляется *Elatides asiatica* (Yok.) Krassilov и др.; принимают участие единичные кейтониевые, цикадовые, а также встречены крайне редкие гинкговые и беннеттитовые (таблица). Особенность уссурийского ФК – доминирование папоротников, значительное участие хвойных *Pseudolarix*, *Podocarpus*, появление *Elatides asiatica*, который встречается в различных фациальных типах захоронений, но как основной доминант – в угленосных толщах (Красилов, 1967).

Липовецкий ФК изучен из одноименной свиты (рис. 1, В, С), из бассейнов рек Богатая (местонахождения – RBT 26, 26/1–7, 27, 28) и Песчанка (местонахождения – RBT 48/1–4), верхнего течения руч. Дачный (местонахождения – RBT 43, 47), а также с п-овов Де-Фриз (местонахождение – RBT 49), Речной (местонахождение – RBT 45) и мыса Фирсова (местонахождение – RBT 25). Кроме того, использовался коллекционный материал В. А. Красилов (местонахождения т. 59, 61, 72, 76, 80, 81). Этот ФК представлен споровыми, голосеменными и покрытосеменными растениями и включает 109 таксонов (таблица), тогда как на предыдущем этапе исследования было установлено только 30 таксонов (Красилов, 1967). В составе споровых растений – моховидные, плауновидные, хвощевые и папоротники, где разнообразны последние. Среди папоротников по-прежнему многочисленны *Cladophlebis frigida* (рис. 3, О, Р), *Onychiopsis psilotoides* и *Coniopteris burejensis*, а также *Gleichenites porsildii* Seward, *Lobifolia novopokrovskii*. Им сопутствуют *Nathorstia pectinata* (Гоерп.) Krassilov (рис. 3, J), *Dicksonia concinna* Heer, «*Polypodites*» *polysorus* Prynada (рис. 3, М), *Alsophilites nipponensis* (Oishi) Krassilov (рис. 3, Н, I), *Arctopteris* sp. 1 (рис. 3, К),

Osmunda denticulata Samylina (рис. 3, N), *Ruffordia goeppertii*, *Birisia onychioides* (Vassilevsk. et K.-M.) Samylina, *Asplenium (Anemia) dicksonianum* Heer (рис. 3, F), «*Vargoloptris*» *rossica* Prynada и пр. (табл.).

Среди голосеменных растений ФК отмечается участие кейтониевых, беннеттитовых, саговниковых, гинкговых, чекановских и хвойных (таблица), среди которых разнообразно представлены как цикадофиты (26 таксонов), так и хвойные (25 таксонов). Среди цикадофитов наиболее многочисленны *Cycadites sulcatus* (рис. 4, E) и *Nilssoniocladus anatolii* Volynets (рис. 4, F), а в составе хвойных – *Athrotaxis expansa* Fontaine emend. Berry (рис. 6, D, G) и *Elatides asiatica* (рис. 5, A–D). Гинкговые и кейтониевые редки (по 3 таксона каждый), а чекановские единичны (1 таксон). Встреченные *Czekanowskia* ex gr. *rigida* Heer (рис. 4, C) преимущественно характерны для Сибирско-Канадской палеофлористической области (Вахрамеев, 1991).

Интересно заметить, что в липовецком ФК впервые появляются чрезвычайно редкие цветковые растения, представленные двудольными (рис. 7, А, Н) и однодольными (рис. 7, С). Участие представителей Евро-Синийской палеофлористической области, таких как *Alsophilites*, *Nathorstia*, *Hausmannia*, *Dictyozamites*, *Williamsonia*, *Cycadites*, *Neodoratophyllum*, *Araucariodendron*, *Torreya* и *Nageiopsis* и др., в этом комплексе значительно. В нем принимают участие и некоторые таксоны Сибирско-Канадской палеофлористической области, например: папоротники *Birisia* (*B. alata*, *B. onychioides*), *Arctopteris*, а также саговниковые (*Nilssonia acutiloba* (Heer) Prynada, *N. schmidtii* Vachrameev) и беннеттитовые (*Neozamites* cf. *verchojanensis* Vachrameev). Всё вышесказанное, по-видимому, свидетельствует о том, что никанская флора Приморья на данном этапе формировалась в переходной зоне (экотоне) между двумя палеофлористическими областями. Особенность липовецкого ФК – это наивысшее таксономическое разнообразие (109 таксонов) по сравнению с уссурийским ФК, участие чекановских, а также появление цветковых (двудольных и однодольных).

Галенковский ФК установлен из одноименной свиты п-ова Марковского (местонахождения RBT 114, 115, 115а), р. Песчанка (местонахождение т. 74, Красилов, 1967), п-ова Де-Фриз (местонахождение RBT 57) и верхнего течения руч. Дачный (местонахождение RBT 41). Он состоит из 49 таксонов (таблица), тогда как Красилов (1967) указывает только 20 таксонов. Наиболее разнообразно представлены папоротники

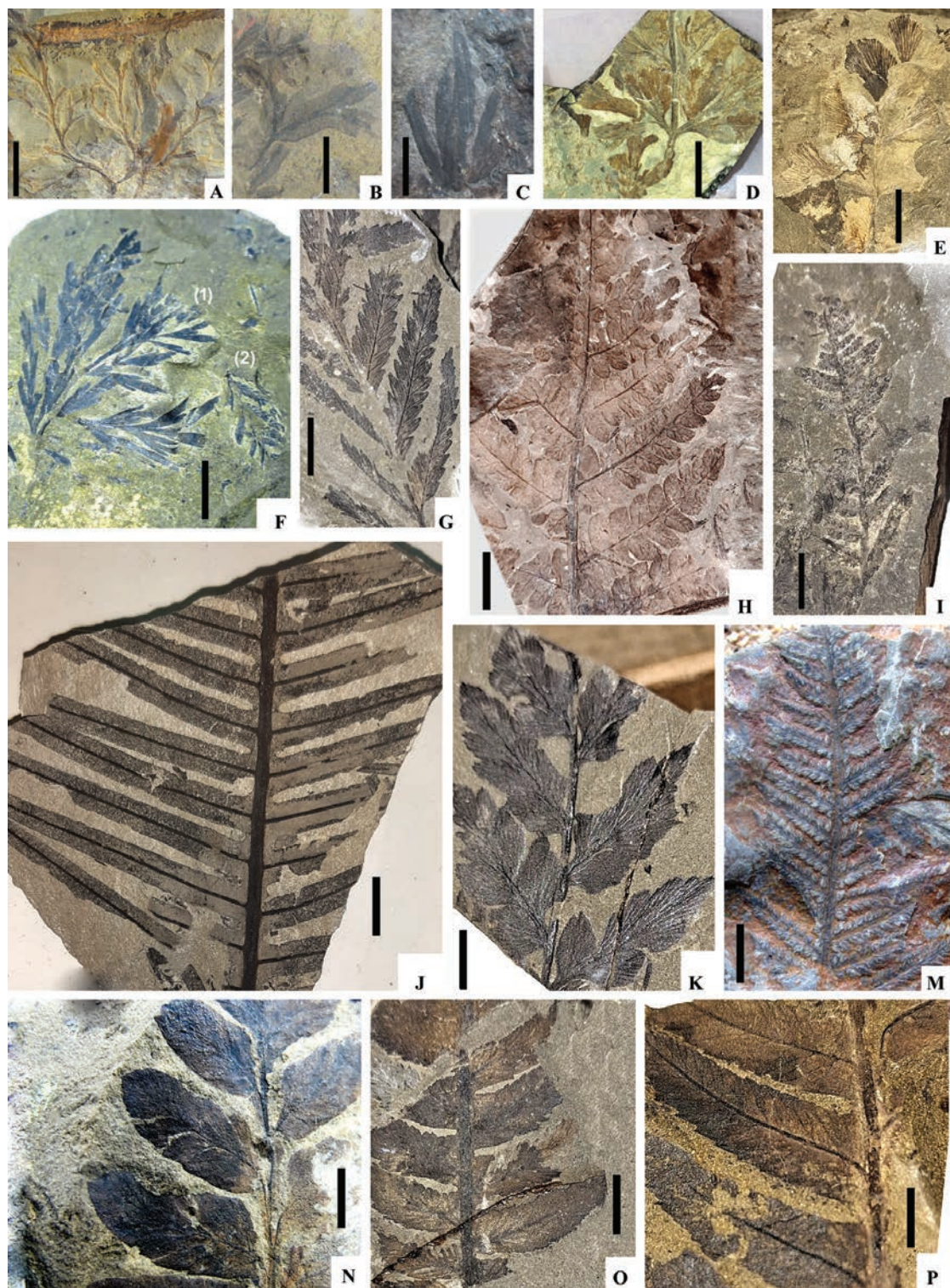


Рис. 3. Споровые растения липовецкого флористического комплекса п-ова Муравьева-Амурского: А – *Riccia* sp., экз. RBT 28/524а, бухта Сокол; В – *Marchantites* ex gr. *yabei* Kryshstofovich et Prynada, экз. RBT 28/523, там же; С – *Isoetopsis* sp., обр. RBT 26/6–3, бухта Бражникова; D – *Adiantopteris seawardii* (Yabe) Vassilevskaya, обр. RBT 28/141, бухта Сокол; E – *A. gracilis* (Vassilevskaya) Vassilevskaya, обр. RBT 28/190, там же; F – *Asplenium* (*Anemia*) *dicksonianum* Heer, (1) стерильный лист, (2) спороносный лист, обр. RBT 28/423, там же; G – *Birisia alata* (Prynada) Samylin, обр. RBT 28/342, там же; H, I – *Alsophilites nipponensis* (Oishi) Krassilov, (H) – стерильный лист, обр. RBT 28/601, бухта Сокол, (I) – спороносный лист, обр. RBT 25/45, мыс Фирсова; J – *Nathorstia pectinata* (Goepp.) Krassilov, обр. RBT 25/135, там же; K – *Arctopteris* sp. 1, обр. RBT 25/26, там же; M – «*Polypodites*» *polysorus* Prynada, обр. RBT 48/4–15, р. Песчанка; N – *Osmunda denticulata* Samylin, обр. RBT 28/52–10, бухта Сокол; O, P – *Cladophlebis frigida* (Heer) Seward, (O) – обр. RBT 25/154, мыс Фирсова; (P) – обр. RBT 26/5–39а, бухта Бражникова. Масштаб: 10 mm – A, D–F, H, J; 8 mm – C; 7 mm – O; 5 mm – G, I–K, P; 4 mm – B; 3 mm – N.



(17 таксонов). Среди них доминируют по-прежнему *Coniopteris*, *Onychiopsis*, принимают участие *Arctopteris*, «*Vargolopteris*», *Cladophlebis frigida*, редки *Birisia*, *Asplenium*, *Ruffordia*, единичны *Gleichenites*, *Osmunda* и *Adiantopteris*. Папоротникам сопутствуют хвойные (15 таксонов), в составе которых *Podozamites* ex gr. *lan- ceolatus*, *Elatides asiatica*, *Sequoia* ex gr. *reichen- bachii* (Gein.) Heer и др. (таблица). Цикадофи- ты (5 таксонов) редки и представлены только *Neozamites* и *Nilssonia*. Единичны гинкговые и цветковые, где среди последних – только *Ara- liaephyllum vittenburgii* Golovneva et Volynets, *Araliaephyllum* spp. и *Dicotylophyllum* sp. Осо- бенность галенковского ФК – почти равное уча- стие папоротников и хвойных, крайне редкое участие беннеттитовых, сокращение разнообра- зия среди саговниковых, а также все еще незна- чительная роль цветковых растений.

РАСТИТЕЛЬНЫЕ СООБЩЕСТВА И ПАЛЕООБСТАНОВКИ

В начале раннемелового времени (берриас– валанжин) на юге Приморья, преимущественно в восточной его части, существовали мор- ские условия осадконакопления, а территория была подвержена отрицательным тектониче- ским движениям унаследованного характе- ра. Что касается Раздольненского бассейна, то его площадь в берриасе–валанжине и готериве представляла собой слабоволнистую, иногда почти ровную денудационно-аккумулятивную равнину. На ней снос и перенос продуктов раз- рушения горных пород в пониженные участки земной поверхности выражался крайне слабо. В барремском веке началось медленное опу- скание территории Раздольненского бассей- на. Стали формироваться впадины, в которых шло накопление континентальных осадков. Такими впадинами бассейна являются: При- ханкайская, Верхнераздольненская (Верхне- суйфунская) и Нижнераздольненская (Нижне- суйфунская). В составе Нижнераздольненской впадины сформировалась небольшая Подго- роденская впадина, которая занимала северо-

западную часть п-ова Муравьева-Амурского (Шарудо, 1972).

Формирование Подгородненской впади- ны начинается в барреме (уссурийская сви- та). Эта впадина находится между Кипарисов- ским и Муравьев-Амурским антиклинальными поднятиями. Её осадки представлены как гру- бо- и крупнозернистыми, так и тонкозернисты- ми разностями. Состав пород свидетельствует о том, что размывались пермские и триасовые вулканогенно-терригенные образования (Краси- лов, 1967; Волынец, 2015). Временные водотоки и реки выносили обломочный материал, который накапливался в пониженных участках, а благо- приятные условия способствовали образованию слабо всхолмленной предгорной аллювиально- аккумулятивной равнины (Мудров, 1960).

Почти все встреченные растительные остат- ки фрагментарны, что, вероятно, указывает на их дальний перенос к месту захоронения. В бар- ремское время, как мы указывали выше, в со- ставе уссурийского ФК доминировали споро- вые растения, среди которых часто встречались *Coniopteris burejensis*, *Onychiopsis psilotoides*, *Cladophlebis frigida*, *Adiantopteris yuasensis*, а так- же ряд голосеменных – *Sagenopteris*, *Nilssonia*, *Podozamites*, *Podocarpus*, *Pseudolarix*, *Elatides* и *Ginkgo*. Участие (т. 75 и т. 77) *Pseudolarix doro- feevii* может свидетельствовать о существова- нии горных условий по обрамлению Подгород- ненской впадины, т. к. современный *P. amabilis* (J. Nelson) Rehder (золотая лиственница) – это эн- демик Юго-Восточного Китая. Он является вы- соким листопадным деревом, произрастающим на высотах от 100 до 1500 м н. у. м. Кроме *P. dorofeevii* (сем. Сосновые) и *Podozamites* spp., лесной пояс населяли редкие *Pagiophyllum* sp. (сем. Хейролепидиевые) и *Cyparissidium gracile* (возможно, сем. Кипарисовые), а также *Elatides asiatica* (сем. Таксодиевые) и *Podocarpus nica- nicus* (сем. Ногоплодниковые), встречались ред- кие деревья гинкговых. В подлеске встречены единичные саговниковые. Травянистый ярус был занят папоротниками, хвощовыми и плау- новидными.

Fig. 3. Spore plants from the Lipovtsy floral assemblage of the Muravyov-Amursky Peninsula: A – *Riccia* sp., spec. RBT 28/524a, Sokol Bay; B – *Marchantites* ex gr. *yabei* Kryshstofovich et Prynada, spec. RBT 28/523, ibid; C – *Iso- etopsis* sp., spec. RBT 26/6–3, Brazhnikov Bay; D – *Adiantopteris sewardii* (Yabe) Vassilevskaya, spec. RBT 28/141, Sokol Bay; E – *A. gracilis* (Vassilevskaya) Vassilevskaya, spec. RBT 28/190, ibid; F – *Asplenium* (*Anemia*) *dickso- nianum* Heer, (1) sterile frond, (2) fertile frond, spec. RBT 28/423, ibid; G – *Birisia alata* (Prynada) Samylina, spec. RBT 28/342, ibid; H, I – *Alsophilites nipponensis* (Oishi) Krassilov, H – sterile frond, spec. RBT 28/601, ibid, I – fertile frond, spec. RBT 25/45, Firsov Cape; J – *Nathorstia pectinata* (Goepp.) Krassilov, spec. RBT 25/135, ibid; K – *Arctop- teris* sp. 1, spec. RBT 25/26, ibid; M – “*Polypodites*” *polysorus* Prynada, spec. RBT 48/4–15, Peschanka River; N – *Osmunda denticulata* Samylina, spec. RBT 28/52–10, Sokol Bay; O, P – *Cladophlebis frigida* (Heer) Seward, (O) – spec. RBT 25/154, Firsov Cape; (P) – spec. RBT 26/5–39a, Brazhnikov Bay. Scale bar: 10 mm – A, D–F, H, J; 8 mm – C; 7 mm – O; 5 mm – G, I–K, P; 4 mm – B; 3 mm – N.

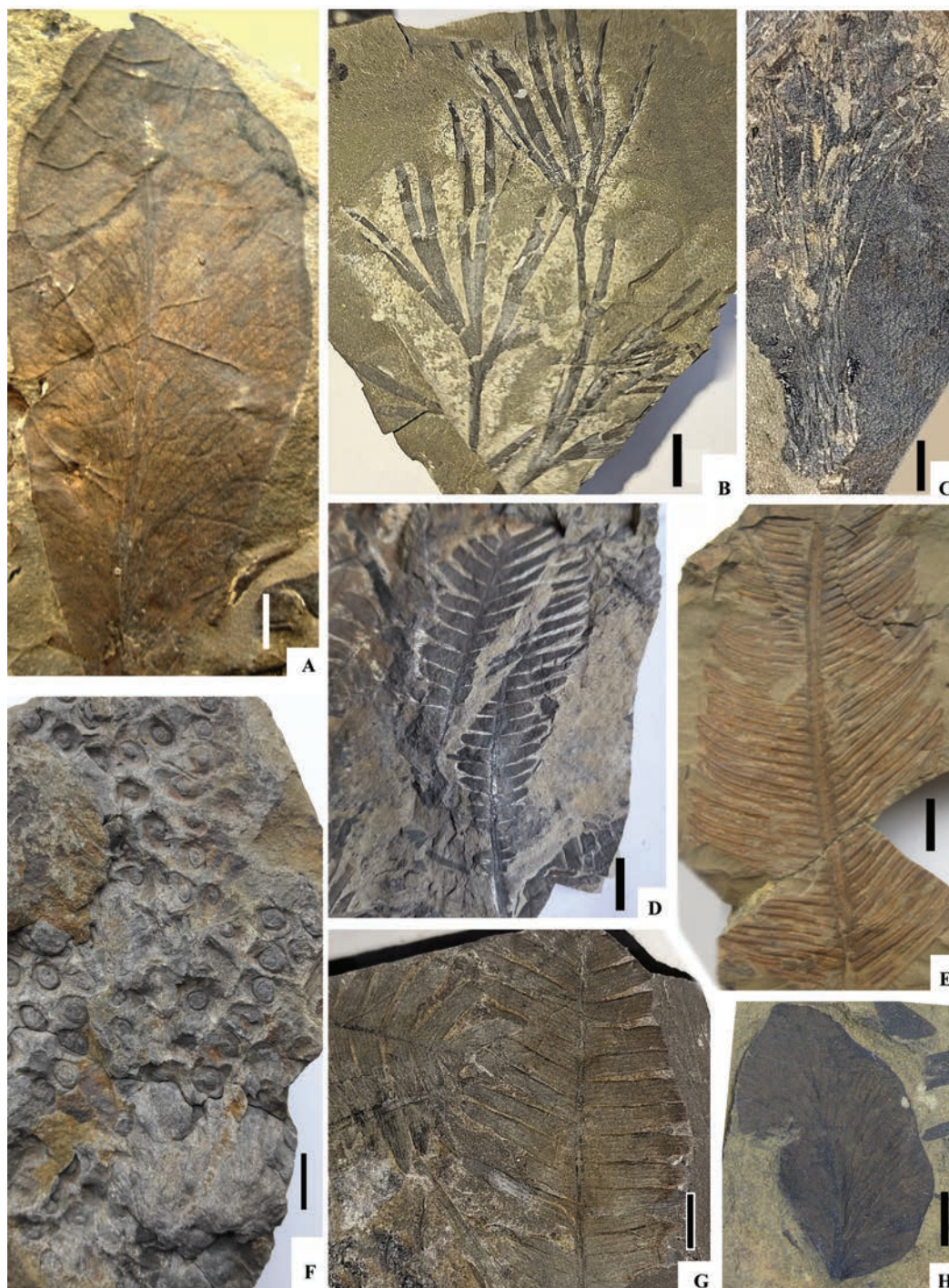


Рис. 4. Голосеменные липовецкого флористического комплекса п-ова Муравьева-Амурского: А – *Sagenopteris mantellii* (Dunker) Schenk, обр. RBT 25/51, мыс Фирсова; В – *Ginkgo concinna* Heer, обр. RBT 26/6–8, бухта Бражникова; С – *Czekanowskia* ex gr. *rigida* Heer, обр. RBT 25/51, мыс Фирсова; D – *Nilssonia* ex gr. *brongniartii* (Mant.) Duker, обр. RBT 25/179с, там же; E – *Cycadites sulcatus* Kryshstofovich et Prynada, обр. RBT 28/L10, бухта Сокол; F – *Nilssoniocladus anatolii* Volynets, обр. RBT 28/425, там же; G – *Pterophyllum burejense* Prynada, обр. RBT 25/736, мыс Фирсова; H – *Sagenopteris variabilis* (Velenovskii) Velenovskii, обр. RBT 28/52, бухта Сокол. Масштаб: 15 mm – D; 10 mm – C, E; 8 mm – B; 5 mm – A, F, G; 2.5 mm – H.

Fig. 4. Gymnosperms from the Lipovtsy floral assemblage of the Muravyov-Amursky Peninsula: A – *Sagenopteris mantellii* (Dunker) Schenk, spec. RBT 25/51, Firsov Cape; B – *Ginkgo concinna* Heer, spec. RBT 26/6–8, Braznikov Bay; C – *Czekanowskia* ex gr. *rigida* Heer, spec. RBT 25/51, Firsov Cape; D – *Nilssonia* ex gr. *brongniartii* (Mant.) Duker, spec. RBT 25/179c, ibid; E – *Cycadites sulcatus* Kryshstofovich et Prynada, spec. RBT 28/L10, Sokol Bay; F – *Nilssoniocladus anatolii* Volynets, spec. RBT 28/425, ibid; G – *Pterophyllum burejense* Prynada, spec. RBT 25/736, Cape Firsov; H – *Sagenopteris variabilis* (Velenovskii) Velenovskii, spec. RBT 28/52, Sokol Bay. Scale bar: 15 mm – D; 10 mm – C, E; 8 mm – B; 5 mm – A, F, G; 2.5 mm – H.

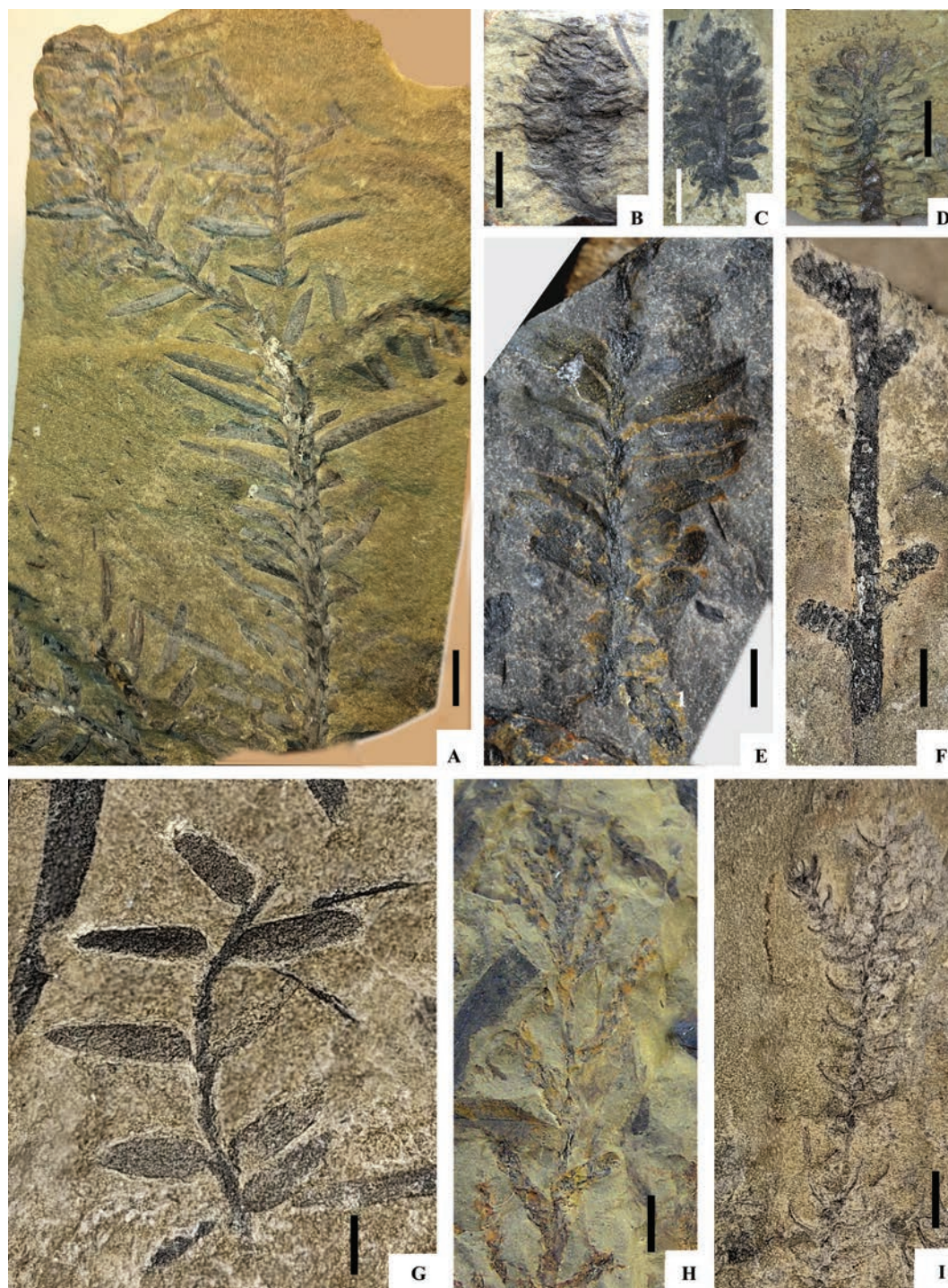


Рис. 5. Хвойные липовецкого флористического комплекса п-ова Муравьева-Амурского: А–D *Elatides asiatica* (Yok.) Krassiov/*Elatocladus manchurica* (Yok.) Yabe: А побег, обр. RBT 25/180, мыс Фирсова; В шишка, обр. RBT 28/427, бухта Сокол; С шишка, обр. RBT 26/4–37, бухта Бражникова; D шишка, обр. RBT 28/437, бухта Сокол; E – *Elatocladus* sp., побег с шишкой (1), обр. RBT 26/5–49, залив Бражникова; F – *Pseudolarix dorofeevii* Samylina, обр. RBT 25/121a, мыс Фирсова; G – *Nageiopsis* sp., обр. RBT 25/122b, мыс Фирсова; H – *Athrotaxites berryi* Bell, обр. RBT 28/7, бухта Сокол; I – *Sequoia* ex gr. *reichenbachii* (Gein.) Heer, обр. RBT 25/126, мыс Фирсова. Масштаб: 10 mm – А–С; 7 mm – D; 5 mm – E, F, I; 3 mm – G, H.

Fig. 5. Conifers from the Lipovtsy floral assemblage of the Muravyov-Amursky Peninsula: A–D *Elatides asiatica* (Yok.) Krassiov/*Elatocladus manchurica* (Yok.) Yabe: A shoot, spec. RBT 25/180, Firsov Cape; B cone, spec. RBT 28/427, Sokol Bay; C cone, spec. RBT 26/4–37, Brazhnikov Bay; D – cone, spec. RBT 28/437, Sokol Bay; E – *Elatocladus* sp., shoot with cone (1), spec. RBT 26/5–49, Brazhnikov Bay; F – *Pseudolarix dorofeevii* Samylina, spec. RBT 25/121a, Cape Firsov; G – *Nageiopsis* sp., spec. RBT 25/122b, Cape Firsov; H – *Athrotaxites berryi* Bell, spec. RBT 28/7, Sokol Bay; I – *Sequoia* ex gr. *reichenbachii* (Gein.) Heer, spec. RBT 25/126, Cape Firsov. Scale bar: 10 mm – A–C; 7 mm – D; 5 mm – E, F, I; 3 mm – G, H.

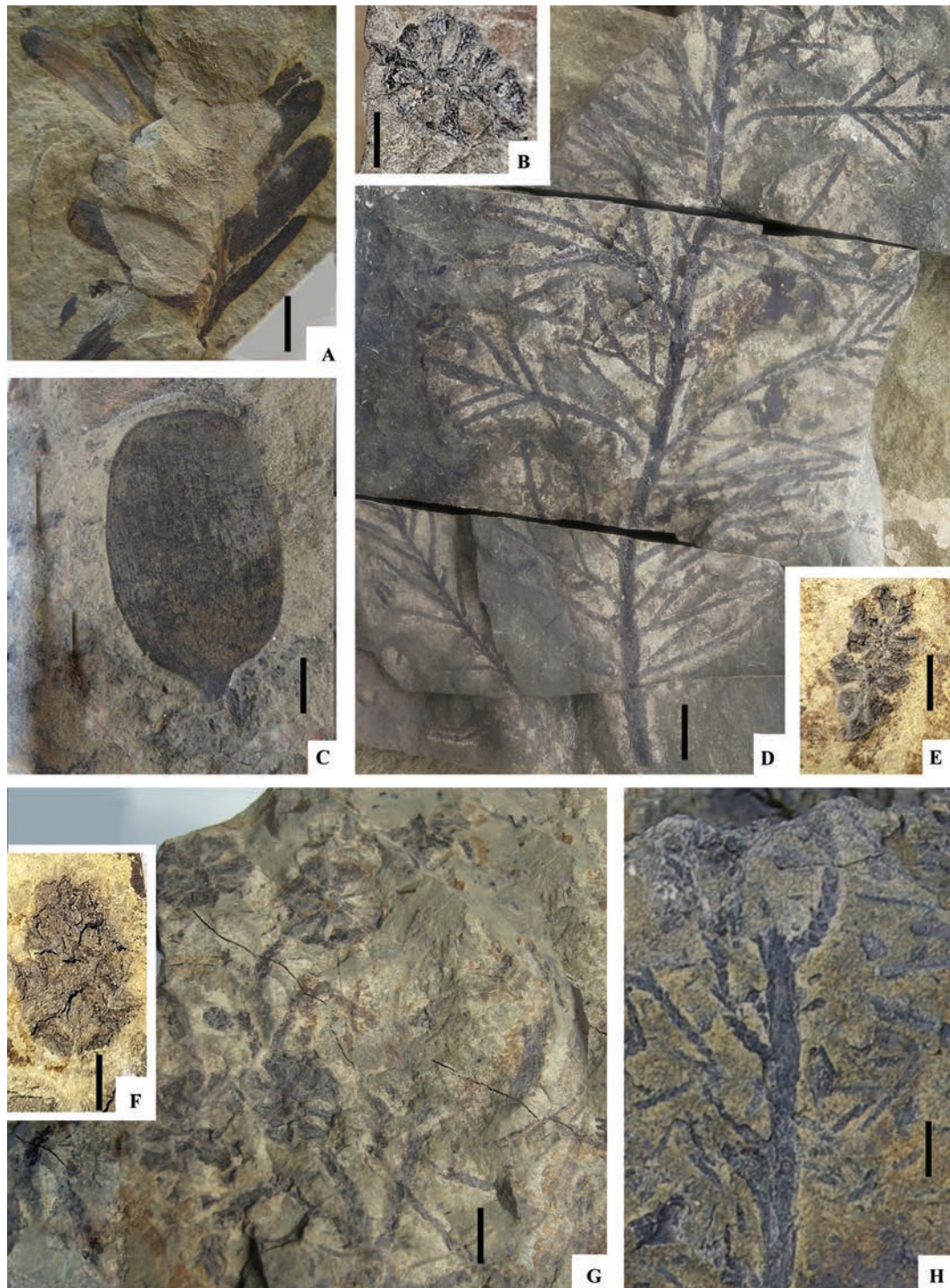


Рис. 6. Хвойные липовецкого флористического комплекса п-ова Муравьева-Амурского: А – *Araucariodendron heterophyllum* Krassilov, обр. RBT 28/650, бухта Сокол; В, Е, F, H – *Athrotaxites berryi* Bell: В – шишка, обр. RBT 25/119, мыс Фирсова; Е – шишка, обр. RBT 28/447, залив Сокол; F – шишка, обр., RBT 25/202, мыс Фирсова; H – побег, обр. RBT 28/ 504, залив Сокол; D, G – *Athrotaxopsis expansa* Font. emend. Berry: D – побег, обр. RBT 28/308, там же; G – побег с шишкой, обр. RBT 28/308, там же; C – *Podozamites reinii* Geyler, spec. RBT 28/446, там же. Масштаб: 10 mm – D, 8 mm – G, 5 mm – A, C, E; 2.5 mm – B, F, H.

Fig. 6. Conifers from the Lipovtsy floral assemblage of the Muravyov-Amursky Peninsula: A – *Araucariodendron heterophyllum* Krassilov, spec. RBT 28/650, Sokol Bay; B, E, F, H – *Athrotaxites berryi* Bell: B – cone, spec. RBT 25/119, Cape Firsov; E – cone, spec. RBT 28/447, Sokol Bay; F – cone, spec., RBT 25/202, Cape Firsov; H – shoot, spec. RBT 28/ 504, Sokol Bay; D, G – *Athrotaxopsis expansa* Font. emend. Berry: D – shoot, spec. RBT 28/308, Sokol Bay; G – apical shoots with cones, spec. RBT 28/308, ibid; C – *Podozamites reinii* Geyler, spec. RBT 28/446, ibid. Scale bar: 10 mm – D, 8 mm – G, 5 mm – A, C, E; 2.5 mm – B, F, H.

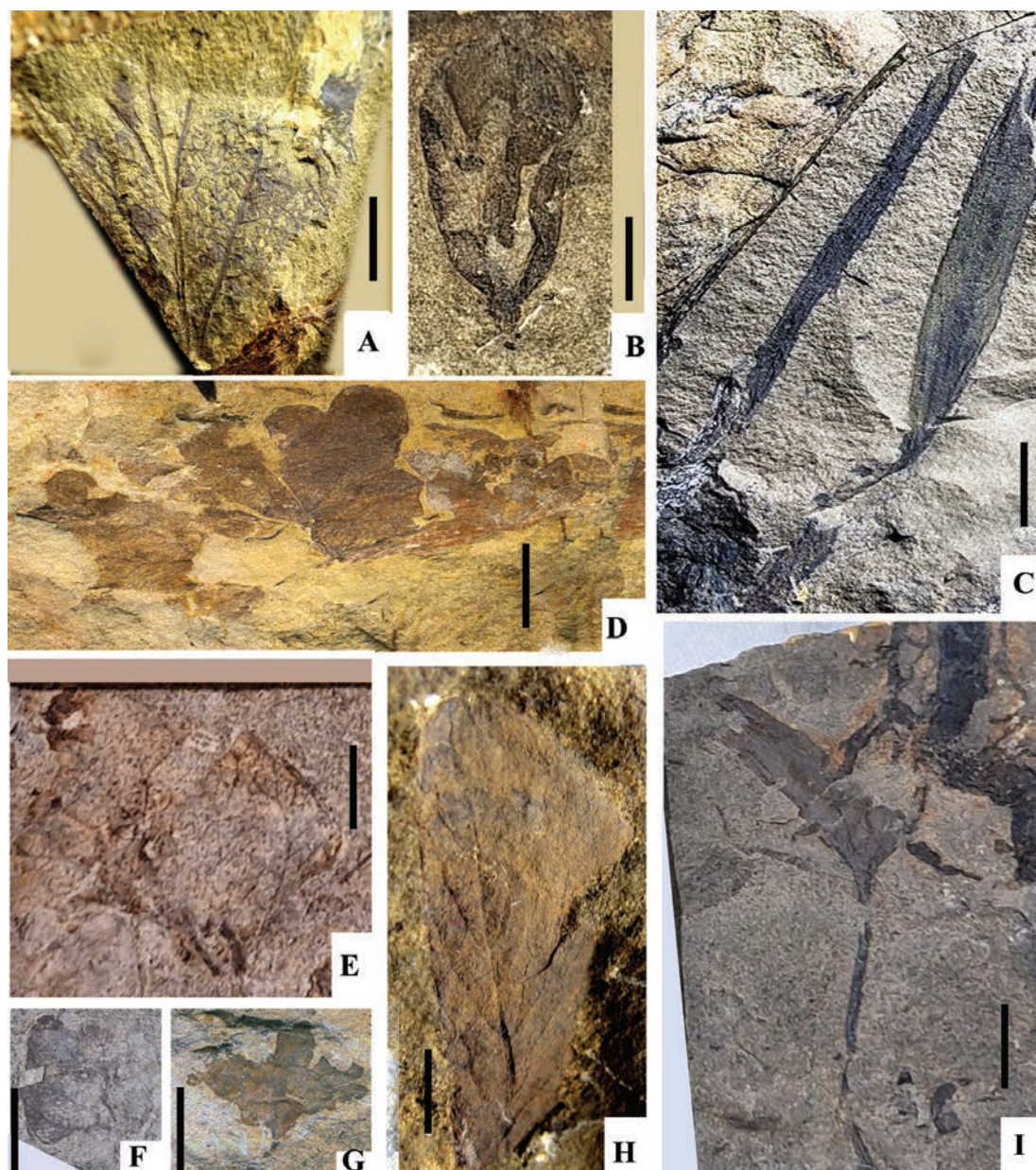


Рис. 7. Никанские покрытосеменные п-ова Муравьева-Амурского: А, Н – *Dicotylophyllum* spp. липовецкая свита, А – *Dicotylophyllum* sp. 1, обр. RBT 28/4–4, бухта Сокол, Н – *Dicotylophyllum* sp. 2, обр. RBT 28/5, там же; В – *Dicotylophyllum* sp., галенковская свита, обр. RBT 41/43–4, ручей Дачный; С — **monocotyledons** (*Liliopsida* Batsch (Monocotyledoneae), липовецкая свита, обр. RBT 26/4–37, бухта Бражникова; D, G – *Araliaephyllum vittenburgii* Golovn. et Volynets, галенковская свита, ручей Дачный; D – обр. IBSS 41/1–3; G – обр. IBSS 41/1–4; E – *Araliaephyllum* sp. 1, галенковская свита, обр. RBT 41/43–9, там же; *Araliaephyllum* sp. 2, галенковская свита, обр. RBT 41/43–8, там же. Масштаб: 10 mm – С; 5 mm – А, В, D, H, I; 3 mm – E, F.

Fig. 7. Nikan angiosperms of the Muravyov-Amursky Peninsula: A, H – *Dicotylophyllum* spp. 1, Lipovtsy Formation, A – *Dicotylophyllum* sp. 1, spec. RBT 28/4-4, Sokol Bay, H – *Dicotylophyllum* sp. 2, spec. RBT 28/5, ibid; B – *Dicotylophyllum* sp., Galenka formation, spec. RBT 41/43–4, Dachny Creek; C – monocotyledons (*Liliopsida* Batsch (Monocotyledoneae), Lipovtsy Formation, spec. RBT 26/4–37, Brazhnikov Bay; D, G – *Araliaephyllum vittenburgii* Golovn. et Volynets, Galenka formation, Dachny Creek; D – spec. D – spec. IBSS 41/1–3; G – spec. IBSS 41/1–4; E – *Araliaephyllum* sp. 1, Galenka formation, spec. RBT 41/43–9, ibid; *Araliaephyllum* sp. 2, Galenka formation, spec. RBT 41/43–8, ibid. Scale bar: 10 mm – C; 5 mm – A, B, D, H, I; 3 mm – E, F.

В аптское время продолжалось медленное и постепенное опускание территории Подгородненской впадины (Мудров, 1960). Накапливались терригенные угленосные отложения (ли-

повецкая свита) паралического (приморского) типа. Маломощные слои морских осадков в бухтах Бражникова, Сокол и на мысе Фирсова представлены карбонатными породами, в ко-

торых встречены радиолярии и фораминиферы (Volynets, 2010; Волынец, 2015). На Подгородненском месторождении, в бассейне р. Песчанка морских осадков не было обнаружено (Мудров, 1960; Волынец, 2015). Территория впадины была занята прибрежно-аллювиальной равниной с заболоченной поверхностью. Происходила интенсивная денудация и аккумуляция, приведшая к выравниванию рельефа, накоплению аллювиальных, болотных и пойменно-болотных отложений, которые краткосрочно затопливались морем.

Остатки растений липовецкого ФК происходят из разных осадочных слоев: из алевролитов и тонкозернистых песчаников с горизонтально-слоистой текстурой (рис. 8, С), из межугольных слоев алевролитового песчаника, с мелкой и тонкой горизонтальной и мелкой косой слоистостью (рис. 8, В). Такой фациальный состав пород, по мнению А. М. Мудрова (1960), указывает на озерный режим. Слои каменного угля формировались в болотных условиях, за счет большого количе-

ства отмерших растений без доступа кислорода (рис. 8, D). Торфяные болота и старичные озера периодически затопливались морем (рис. 8, А), о чем свидетельствуют карбонатные прослои. Также остатки растений (преимущественно стволы деревьев и кора) встречены в более грубых прослоях, таких как гравелистые, крупно- и среднезернистые песчаники. Последние, скорее всего, накапливались в русле реки, а также в пониженных участках местности, перемещаясь со склонов, хотя А. М. Мудров считает, что гравелистые и крупнозернистые песчаники – это осадки временных потоков или конусов выноса рек в озера (Мудров, 1960).

В прибрежных растительных сообществах доминировали папоротниковые марши из матониевых *Nathorstia pectinata* (рис. 3, J), некоторых глейхениевых и, возможно, древовидных циа-тейных (*Alsophilites nipponensis* (Oishi) Krassilov (рис. 3, H, I), «*Polypodites*» *polysorus* (рис. 3, M), а также «*Vargolopteris*» *rossica*, *Cladophlebis frigida* (рис. 3, O, P), остатки которых, как и

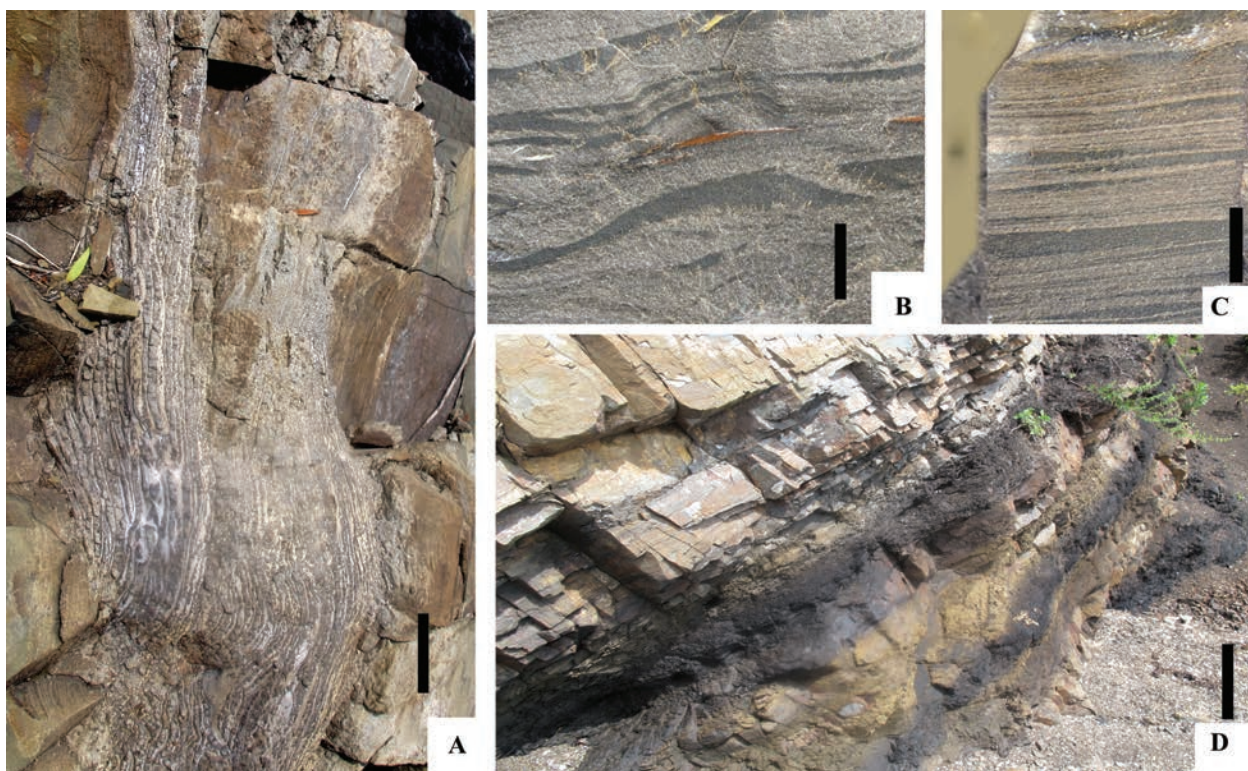


Рис. 8. Фациальные типы осадочных пород липовецкой свиты п-ова Муравьева-Амурского: А – карбонатные слои в разрезе липовецкой свиты на мысе Клыкова, бухта Бражникова; В, С – типы слоистости в межугольных пластах на мысе Фирсова: В – горизонтально-волнистая, обр. RBT 25/501, С – горизонтальная, обр. RBT 25/502; D – фрагмент угольных пластов на мысе Клыкова, липовецкая свита. Масштаб: 500 mm – А, D; 10 mm – В, С.

Fig. 8. Facies types of the Lipovtsy formation sedimentary rocks in the Muravyov-Amursky Peninsula: A – carbonate layers in the section of the Lipovtsy formation at Cape Klykov, Brazhnikov Bay; B, C – types of layering in intercoal layers at Cape Firsov: B – horizontally undulating spec. RBT 25/501, C – horizontal, spec. RBT 25/502; D – fragment of coal beds at Cape Klykov, Lipovtsy aormation. Scale bar: 500 mm – A, D; 10 mm – B, C.

Nathorstia pectinata встречаются в кровле и крыше угольных пластов. В тонкослоистых угольных пластах обильны и хорошей сохранности хвойные *Elatides asiatica* (рис. 5, A–D) и *Athrotaxis expansa* (рис. 6, D, G), а также многочисленные саговники – *Nilssonia* ex gr. *orientalis*, беннеттитовые – *Cycadites sulcatus*, *Pterophyllum burejense* Prynada (рис. 4, G), *P. sutschanense* Prynada, редкие *Ginkgo concinna* Heer (рис. 4, B) и *G. pluripartita* (Schimp.) Heer. Все они, возможно, произрастали по окраинам болот и у стариц дельтовой части реки. Тогда как высокое участие в растительном сообществе папоротника *Onychiopsis psilotoides*, по-видимому, связано с развитием обстановок приморских побережий, что подтверждается находками фораминифер и радиолярий в перекрывающих карбонатных слоях.

Верхняя часть липовецкой свиты в районе бухты Сокол представлена тонким переслаиванием туфопесчаников, мелкозернистых песчаников с известковыми конкрециями и тонкими прослоями алевролитов со слабоволнистой, прерывистой слоистостью, а местами и горизонтальной (Волынец, 2010, 2015). Такой тип текстуры осадков свидетельствует об их формировании в пойменной части реки, а наличие известковых образований с радиоляриями – о кратковременном морском затоплении поверхности суши (Мудров, 1960).

По мнению авторов, леса липовецкого времени п-ова Муравьева-Амурского состояли из араукариевых (*Araucariodendron heterophyllum*), таксодиевых (*Elatides asiatica*), кипарисовых (*Athrotaxis expansa*) и сосновых (*Pityophyllum* ex gr. *nordenskioldii*, *Pseudolarix dorofeevii*), а также гинкговых, которые составляли первый древесный ярус. Во втором ярусе находились такие голосеменные, как *Mirovia* cf. *orientalis* (Nosova), *Nilssoniocladus anatolii*, *Cycadites sulcatus*, кейтониевые *Sagenopteris variabilis* и пр., а также древовидные папоротники *Alsophilites nipponensis*. Разнообразно была представлена кустарниковая растительность, состоящая из хвойных *Athrotaxis beryii*, *Torreya nicanica*, и *Taxites* spp., беннеттитов – *Dictyozamites* spp., *Neozamites* cf. *verchojanensis*, *Pterophyllum* spp., *Pseudocycas* sp., цикадовых *Nilssonia* spp., *Pseudoclenis eati-hiensis* (Красилов, 1967) и пока еще редких покрытосеменных. Травянистый ярус состоял из многочисленных папоротников, хвощей, надпочвенный слой – из плауновидных и мхов, а на поверхности озер и стариц плавали печеночники *Riccia* sp.

Высокое разнообразие аптской флоры (109 таксонов) п-ова Муравьева-Амурского, участие в ней влаго- и теплолюбивых таксонов, максимальное значение цикадофитового индекса свидетельствуют о существовании оптимальных климатических условий (Красилов, 1977). Кроме этого, на фоне «мезофитной» растительной формации происходит внедрение покрытосеменных в прибрежные растительные сообщества. В апте на Сихотэ-Алине начинается крупнейшая трансгрессия, в морской биоте заметно влияние региона Тетис (Маркевич и др., 2000).

В альбе ложе Подгородненской впадины медленно углублялось, и начался очередной цикл заполнения ее котловины осадками, которые сформировали галенковскую свиту. С востока и запада впадина по-прежнему была ограничена двумя невысокими и пологими хребтами, а ее территорию занимала озерно-аллювиальная равнина, возможно, со слегка заболоченной поверхностью. В разрезах практически все осадки содержат некоторое количество пеплового материала, что свидетельствует о вулканической активности как в самой Раздольненской впадине, так и за ее пределами, и о почти полном прекращении углеобразования (Шарудо, 1972, Волынец, 2015). В Подгородненской впадине наблюдается накопление конгломератов, гравелитов, песчаников, алевролитов, туффитов и маломощных (10 см) прослоев углистых алевролитов/сажистых углей. Район поступления материала, вероятно, был тот же – невысокие горные хребты. Слабая окатанность, сортировка и малая мощность крупнозернистого материала свидетельствуют о незначительном переносе осадков водными потоками, а прослой углистых алевролитов/сажистых углей – о продолжающемся небольшом заболачивании территории (Волынец, 2015).

На протяжении альба вся территория Приморья была затронута вулканической активностью. В пределах Раздольненского бассейна вулканы установлены в районе сел Красный Яр и Раздольное (к северо-западу от Подгородненской впадины), а также около с. Липовцы (Шарудо, 1972), а в геологических разрезах среди осадочных отложений имеются прослой пеплового материала. В результате, по мнению В. А. Красилова (1977), атмосфера Земли длительное время была заполнена большим количеством вулканической пыли, тонкодисперсного пепла и вулканических аэрозолей, что оказало существенное влияние на растительные сообщества. В составе альбской галенковской флоры исчезли многие

теплолюбивые растения, такие как цикадофиты (преимущественно беннеттиты), папоротники и хвойные аптского времени, а представителей сибирской флоры среди папоротников и цикадофитов появилось больше. В восточных районах китайских провинций Хэйлунцзян (Heilongjiang) – бассейны Цзиси (Jixi), Мулин (Muling), Цзилинь (Jilin) и бассейн Яньцзи (Yanji) – вулканическая активность начала проявляться с позднего баррема по апт – ранний альб. Её влияние также оказывало неблагоприятное воздействие на растительность и климат окружающих территорий (Sun, 2022). На рисунке 2 отчетливо видно, что в разрезе средней и верхней частей формации Мулин (поздний апт – ранний альб) и вышележащей формации Дуншань (средний альб) установлены вулканогенно-терригенные осадки.

В раннем–среднем альбе (галенковский ФК) произошло сокращение таксономического разнообразия в 2.5 раза (со 109 таксонов в липовецком ФК до 49 в галенковском), хотя не исключено, что могли повлиять и тафономические процессы. В составе папоротников галенковского ФК сокращение разнообразия происходит за счет теплолюбивых представителей семейств Cyatheaceae, Matoniaceae и некоторых Gleicheniaceae, беннеттитовых нет вообще. В местонахождениях доминируют хвойные, но среди них не принимают участие *Cephalotaxus*, *Torreya*, *Araucariodendron*, *Nageiopsis*, *Dictyozamites*, *Cycadites* и др. – роды, представляющие хвойно-цикадофитовый «чапараль» (тип субтропической жестколистной кустарниковой растительности). В состав галенковского ФК по-прежнему входят папоротники *Birisia* и *Arctopteris*, саговники *Nilssonina*, хвойные *Taxites*, *Sequoia*, но доминируют представители семейства Pinaceae.

Сокращение разнообразия в галенковском ФК по сравнению с липовецким может быть вызвано: 1) усилением вулканической активности в этой области и прилегающих к ней регионах (напр., район Цзиси, КНР, рис. 2), что подтверждается и литологическими данными, например более высокой долей вулканокластических осадков в галенковской свите по сравнению с липовецкой свитой; 2) и возможно некоторым похолоданием, о чем свидетельствует исчезновение такой растительной формации, как мезозойский чапараль. Кроме этого, в раннем–среднем альбе Приморья трансгрессия достигла своего максимума. В эпиконтинентальных морях стали господствовать ауцелины, иноцерамиды и аммониты, характерные для Северо-Тихоокеанской провинции, а типичные представители области Тетис

не были обнаружены (Маркевич и др., 2000). В наземных флорах разнообразие уменьшается, сокращается участие термофильных элементов. Все эти факты свидетельствуют о некотором похолодании.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Никанская флора п-ова Муравьева-Амурского представлена тремя ФК – уссурийским (баррем), липовецким (апт, начало раннего альба) и галенковским (ранний–средний альб). В барремской флоре полуострова доминировали папоротники и хвойные, при участии кейтониювых, цикадофитов и гинговых. В аптском веке в состав изученной флоры входили все группы высших растений, но господствовали папоротники, цикадофиты и хвойные. Для неё характерно таксономическое богатство (109 таксонов) и появление последнего таксона высшего ранга – цветковых растений. В альбском веке фиксируется резкое сокращение флористического состава (49 таксонов) и более значительное участие представителей сибирской флоры.

2. С баррема по альб включительно были восстановлены палеообстановки осадконакопления, в которых формировались растительные сообщества п-ова Муравьева-Амурского. В добарремское время Подгородненская впадина представляла денудационно-аккумулятивную равнину. В барреме произошло прогибание ее территории, и образовалась предгорная, аллювиально-аккумулятивная, возможно заболоченная, равнина. В апте образовалась прибрежно-аллювиальная заболоченная низменность с лагунами, заводями, озерами, болотами, богатой субтропической/тропической растительностью, окаймленная невысокими горными хребтами и под влиянием некоторой вулканической активности. В альбе сформировалась озерно-аллювиальная равнина с редкими болотами, окруженными невысокими горными хребтами, в то время как вулканическая активность сильно усилилась, по крайней мере, в ранне-среднеальбское время.

3. Обсуждаются климатические условия и их изменения в изученном районе от баррема до альба, в основном на основе таксономических изменений в изученных флористических комплексах.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы искренне благодарны рецензентам за замечания, а также добровольным помощникам и коллегам лаборатории палеоботаники ФНЦ Биоразнообразия за помощь в сборе фитофоссилий.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема №124012200182-1) и гранта № 30220130698 (NFSC China).

ЛИТЕРАТУРА

- Красилов В. А. Раннемеловая флора Южного Приморья и ее значение для стратиграфии. Москва: Наука, 1967. 264 с.
- Красилов В. А. Эволюция и биостратиграфия. Москва: Наука, 1978. 256 с.
- Криштофович А. Н. Материалы к познанию юрской флоры Уссурийского края // Труды Геологического и минералогического музея Императорской Академии наук. Петроград, 1916. Т. 2. Вып. 4. С. 81–140.
- Криштофович А. Н. Открытие эквивалентов нижнеюрских пластов Тонкина в Уссурийском крае // Материалы по геологии и полезным ископаемым Дальнего Востока. Вып. 22. Владивосток, 1921. 18 с.
- Маркевич В. С. Меловая палинофлора севера Восточной Азии. Владивосток: Дальнаука, 1995. 200 с.
- Маркевич П. В., Коновалов В. П., Малиновский А. И., Филиппов А. Н. Нижнемеловые отложения Сихотэ-Алиня. Владивосток: Дальнаука, 2000. 283 с.
- Мудров А. М. Фации и условия образования угленосных отложений Подгородненского месторождения Южного Приморья // Труды Лаборатории геологии угля АН СССР. Вып. X. Москва; Ленинград, 1960. С. 201–219.
- Шарудо И. И. История позднемезозойского угленакпления территории Дальнего Востока. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1972. 241 с.
- Cohé K. M., Finney S. C., Gibbard P. L., Fa J. X. The ICS International Chronostratigraphic Chart // Episodes. 2013. Vol. 36. No. 3. P. 199–204. DOI: 10.18814/epiiugs/2013/v36i3/002.
- Golovneva L., Alekseev P., Bugdaeva E., Volynets E. An angiosperm dominated herbaceous community from the early–middle Albion of Primorye, Far East of Russia // Fossil Imprint. 2018. Vol. 74. No. 1–2. P. 165–178. DOI: 10.2478/if-2018-0012.
- Golovneva L., Bugdaeva E., Volynets E., Sun Y., Zolina A. Angiosperm diversification in the Early Cretaceous of Primorye, Far East of Russia // Fossil Imprint. 2021. Vol. 77. No. 2. P. 231–255. DOI: 10.37520/fi.2021.017.
- Gradstein F. M., Ogg J. G. The chronostratigraphic scale // Geologic Time Scale 2020: In 2 vols. Eds. F. M. Gradstein, J. G. Ogg, M. D. Schmitz, G. M. Ogg. Amsterdam; Oxford; Cambridge: Elsevier, 2020. Vol. 1. P. 21–32. DOI: 10.1016/B978-0-12-824360-2.00002-4.
- Isozaki Y., Tsutsumi Y., Nakano T., Nechaev V., Zakharov Y., Popov A. Albion (Early Cretaceous) U–Pb age of detrital zircons for a coal-associated sandstone (Lipovtsy Formation, Nikan Group) in SW Primorye, Russia: Paleofloristic and provenance comparison with the Tetori Group in the Hida belt, Japan // Bulletin of the National Museum of Nature and Science Ser. C (Geology and Paleontology). 2023. Vol. 49. No. 1–13. DOI: 10.50826/bnmnsgeopaleo.49.0_1.
- Kovaleva T. A., Volynets E. B., Sun G. Early Cretaceous flora from coal-bearing strata of the Markovsky Peninsula in South Primorye, Russia // Global Geology. 2012. Vol. 15. No. 1. P. 13–18.
- Kovaleva T. A., Markevich V. S., Bugdaeva E. V., Volynets E. B., Afonin M. A. New data on palynostratigraphy of the Lipovtsy formation in the Razdol'naya coal basin (Southern Primorye) // Russian Journal of Pacific Geology. 2016. Vol. 35. No. 1. P. 54–65. DOI: 10.1134/S1819714016010061.
- Sun G. New information on the research results of Cretaceous flora and strata in eastern Northeast China // Geology and Resources. 2022. Vol. 31. No. 3. P. 289–302. (In Chinese, with English summary). DOI: 10.13686/j.cnki.dzyzy.2022.03.006.
- Vakhrameev V. A. Jurassic and Cretaceous floras and climates of the Earth. Cambridge University Press. 1991. 318 p.
- Volynets E. B. The Aptian-Cenomanian Flora of Primor'e, Part 1: Floral Assemblages // Stratigraphy and Geological Correlation. 2005. Vol. 13. No. 6. P. 613–631.
- Volynets E. B. The Aptian-Cenomanian Flora of Primor'e, Part 2: Correlation of Floral Assemblages // Stratigraphy and Geological Correlation. 2006. Vol. 14. No. 2. P. 200–210. DOI: 10.1134/S0869593806020079.
- Volynets E. B. A New species of *Nilssoniocladus* Kimura et Sekido from the Lower Cretaceous of the Markovsky Peninsula (Southern Primorye) // Paleontological Journal 2010. Vol. 44. No. 10. P. 1348–1352. DOI: 10.1134/S0031030110100114.
- Volynets E. B. Cretaceous deposits and Flora of the Muravyov-Amurskii Peninsula (Amur Bay, Sea of Japan) // Stratigraphy and Geological Correlation. 2015. Vol. 23. No. 3. P. 281–299. DOI: 10.1134/S0869593815020070.
- Volynets E. B., Bugdaeva E. V., Markevich V. S., Kovaleva T. A. Lipovtsy flora of the Razdol'naya (Suifun) River Basin, Primorye Region, Russia // Global Geology. 2016. Vol. 19. No. 4. P. 216–229.
- Volynets E. B., Bugdaeva E. V. The Aptian–Cenomanian flora of the Razdol'naya coal basin (Primorye region, Russia) // Island Arc. 2017. Vol. 26. No. 1. ArticleID: e12171. DOI: 10.1111/iar.12171.
- Wang P., Chen C., Liu H. Aptian giant explosive volcanic eruptions in the Songliao basin and Northeast Asia: A possible cause for global climate change and OAE-1a // Cretaceous Research. 2016. Vol. 62. No. 7. P. 98–108. DOI: 10.1016/j.cretres.2015.09.021.

Поступила в редакцию 03.02.2025.

Поступила после доработки 27.02.2025.

EARLY CRETACEOUS PLANT COMMUNITIES AND PALEOENVIRONMENTS ON THE MURAVYOV-AMURSKY PENINSULA (Far East Russia)

E. B. Volynets¹, Sun Ge²

¹ *Federal Scientific Center of the East Asian Terrestrial Biodiversity, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok 690022, Russia*

² *Key-Lab for Evolution of Past Life in NE Asia, Ministry of Natural Resources, China (Shenyang Normal University), Shenyang 110034, China*

Remains of Barremian-Albian plants (Lower Cretaceous, Nikan Group) were studied from the Ussuri, Lipovtsy, and Galenka formations on the Muravyov-Amursky Peninsula, part of the Razdol'naya B asin. The age of the Nikan Group of the basin has been substantiated by paleobotanical, palynological data and U–Pb isotope dating of detrital zircons. The Nikan flora of the Muravyov-Amursky Peninsula consists of approximately 125 taxa, embracing a variety of ferns and gymnosperms, as well as rare angiosperms. This flora is represented by three floral assemblages (FAs): Ussuri (Barremian), dominated by ferns and conifers; Lipovtsy (Aptian – Early Albian), with prevalence of ferns, cycadophytes, conifers and the first appearance of angiosperms; and Galenka (Early to Middle Albian), where ferns and conifers predominate, and also rare angiosperms are constantly present. The Barremian-Albian sedimentation paleoenvironments on the Podgorodnenka depression are discussed: the foothill alluvial-accumulative plain (Barremian) was replaced by a coastal-alluvial swampy plain (mainly Aptian, beginning of the Early Albian) and later transformed into a lacustrine-alluvial plain (Early to Middle Albian).

Keywords: Lower Cretaceous, Barremian-Albian, Nikan flora, plant communities, paleoenvironments, Primorye.

REFERENCES

- Cohen, K. M., Finney, S. C., Gibbard, P. L., Fan, J. X., 2013. The ICS International Chronostratigraphic Chart, *Episodes*. 36 (3), 199–204. DOI: 10.18814/epiiugs/2013/v36i3/002.
- Golovneva, L., Alekseev, P., Bugdaeva, E., Volynets, E., 2018. An Angiosperm Dominated Herbaceous Community from the Early–Middle Albian of Primorye, Far East of Russia, *Fossil Imprint*. 74 (1–2), 165–178. DOI: 10.2478/if-2018-0012.
- Golovneva, L., Bugdaeva, E., Volynets, E., Sun, Y., Zolina, A., 2021. Angiosperm Diversification in the Early Cretaceous of Primorye, Far East of Russia, *Fossil Imprint*. 77 (2), 231–255. DOI: 10.37520/fi.2021.017.
- Gradstein, F. M., Ogg, J. G., 2020. The Chronostratigraphic scale, *Geologic Time Scale 2020*: In 2 Vols. Eds. F. M. Gradstein, J. G. Ogg, M. D. Schmitz, G. M. Ogg. Amsterdam; Oxford; Cambridge, Elsevier. 1, 21–32. DOI: 10.1016/B978-0-12-824360-2.00002-4.
- Isozaki, Y., Tsutsumi, Y., Nakano, T., Nechaev, V., Zakharov, Y., Popov, A., 2023. Albian (Early Cretaceous) U–Pb Age of Detrital Zircons for a Coal-Associated Sandstone (Lipovtsy Formation, Nikan Group) in SW Primorye, Russia: Paleofloristic and Provenance Comparison with the Tetori Group in the Hida Belt, Japan, *Bulletin of the National Museum of Nature and Science, Series C (Geology and Paleontology)*. 49, 1–13. DOI: 10.50826/bnmnsgeopaleo.49.0_1.
- Kovaleva, T. A., Volynets, E. B., Sun, G., 2012. Early Cretaceous Flora from Coal-Bearing strata of the Markovsky Peninsula in South Primorye, Russia, *Global Geology*. 15 (1), 13–18.
- Kovaleva, T. A., Markevich, V. S., Bugdaeva, E. V., Volynets, E. B., Afonin, M. A., 2016. New Data on Palynostratigraphy of the Lipovtsy Formation in the Razdol'naya Coal Basin (Southern Primorye), *Russian Journal of Pacific Geology*. 35 (1), 54–65. DOI: 10.1134/S1819714016010061.
- Krasilov, V. A., 1967. Early Cretaceous Flora in Southern Primorye and Its Significance for Stratigraphy. Moscow, Nauka [In Russian].
- Krasilov, V. A., 1977. Evolution and Biostratigraphy. Moscow, Nauka [In Russian].
- Krishtofovich, A. N., 1916. Materials for Knowledge of the Jurassic Flora of the Ussuri Region, *Proceedings of the Geological and Mineralogical Museum of the Imperial Academy of Sciences*. Petrograd, 2 (4), 81–140 [In Russian].
- Markevich, P. V., Konovalov, V. P., Malinovsky, A. I., Filippov, A. N., 2000. Lower Cretaceous Deposits in Sikhote-Alin. Vladivostok, Dalnauka [In Russian].
- Markevich, V. S., 1995. Cretaceous Palynoflora in the North of East Asia. Vladivostok, Dalnauka [In Russian].
- Mudrov, A. M., 1960. Facies and Forming Conditions of Coal-Bearing Deposits in the Podgorodnenka Field, Southern Primorye. *Proceedings of the Laboratory of Coal Geology, AS SSSR*. X. Moscow, Leningrad, USSR Academy of Sciences, 201–219 [In Russian].

- Sharudo, I. I., 1972. History of Late Mesozoic Coal Accumulation in the Far East. Novosibirsk, Nauka [In Russian].
- Sun, G., 2022. New Information on the Research Results of Cretaceous Flora and Strata in Eastern Northeast China, *Geology and Resources*. 31 (3), 289–302 [In Chinese, with English summary]. DOI: 10.13686/j.cnki.dzyzy.2022.03.006.
- Vakhrameev, V. A., 1991. Jurassic and Cretaceous Floras and Climates of the Earth. Cambridge University Press.
- Volynets, E. B., 2005. The Aptian-Cenomanian Flora of Primor'e, Part 1: Floral Assemblages, *Stratigraphy and Geological Correlation*. 13 (6), 613–631.
- Volynets, E. B., 2006. The Aptian-Cenomanian Flora of Primor'e, Part 2: Correlation of Floral Assemblages, *Stratigraphy and Geological Correlation*. 14 (2), 200–210. DOI: 10.1134/S0869593806020079.
- Volynets, E. B., 2010. A New Species of *Nilssoniocladus* Kimura et Sekido from the Lower Cretaceous of the Markovsky Peninsula (Southern Primorye), *Paleontological Journal*. 44 (10), 1348–1352. DOI: 10.1134/S0031030110100114.
- Volynets, E. B., 2015. Cretaceous Deposits and Flora of the Muravyov-Amurskii Peninsula (Amur Bay, Sea of Japan), *Stratigraphy and Geological Correlation*. 23 (3), 281–299. DOI 10.1134/S0869593815020070.
- Volynets, E. B., Bugdaeva, E. V., Markevich, V. S., Kovaleva, T. A., 2016. Lipovtsy Flora of the Razdolnaya (Suifun) River Basin, Primorye Region, Russia, *Global Geology*. 19 (4), 216–229.
- Volynets, E. B., Bugdaeva, E. V., 2017. The Aptian-Cenomanian Flora of the Razdolnaya Coal Basin (Primorye Region, Russia), *Island Arc*. 26 (1). ArticleID: e12171. DOI: 10.1111/iar.12171.
- Wang, P., Chen, C., Liu, H., 2016. Aptian Giant Explosive Volcanic Eruptions in the Songliao Basin and Northeast Asia: A Possible Cause for Global Climate Change and OAE-1a, *Cretaceous Research*. 62 (7), 98–108. DOI: 10.1016/j.cretres.2015.09.021.