

ВОЗРАСТ И ПАЛИНОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФОРМАЦИИ ДУННИН
(ПРОВИНЦИЯ ХЭЙЛУНЦЗЯН, КНР)

Т.А. Ковалева^{1, 2, 3}, В.С. Маркевич², Г. Сунь^{1, 3, 4, 5}

¹Исследовательский центр палеонтологии и стратиграфии, Цзилиньский Университет, Чанчунь 130026, Китай

²ФГБУН «Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии» ДВО РАН,
г. Владивосток 690022, Россия, e-mail: tanyakovaleva86@mail.ru

³Ключевая лаборатория прошлой жизни и окружающей среды на С.-В. Азии, Чанчунь 130026, Китай

⁴Колледж палеонтологии, Шеньянский Педагогический Университет, Шеньян 110034, Китай

⁵Ключевая лаборатория прошлой жизни и окружающей среды на С.-В. Азии, Шеньян, 110034, Китай

Поступила в редакцию 22 декабря 2016 г.

Дополнен таксономический состав палинокомплекса формации Дуннин. Палинокомплекс сходен с таковыми аптскими из липовецкой свиты Раздольненского бассейна Приморского края (Россия) и формации Мулин бассейна Цзиси провинции Хэйлуцзян (Китай). Установлен аптский возраст формации Дуннин. Для палинокомплекса характерно доминирование спор глейхениевых, им сопутствуют циаейные. Главная особенность палинокомплекса формации Дуннин – появление пыльцы покрытосеменных (*Tricolpites* sp., *T. micromunus*, *T. vulgaris*, *Retitricolpites georgiensis*, *R. vulgaris*, *Clavatipollenites hughesii*, *Quercites sparsus*, *Fraxiniopollenites variabilis*).

Ключевые слова: палинологический комплекс, палинологический спектр, формация Дуннин, липовецкая свита, апт, нижний мел, Раздольненский и Дуннинский бассейны, Китай, Приморье.

ВВЕДЕНИЕ

Дуннинский угольный бассейн находится в одноименном уезде на юго-востоке провинции Хэйлуцзян (Северо-Восточный Китай), имеющей протяженную границу с Приморским краем России (рис. 1). Он является западным флангом Раздольненского каменноугольного бассейна на юге Приморского края (Россия). Депрессия Раздольненского (Суйфунского) бассейна сложена нижнемеловыми отложениями, несогласно перекрывающими палеозойские граниты. Нижнемеловая последовательность на российской стороне впадины представлена уссурийской (баррем), липовецкой (апт) и галенковской (альб) свитами [9]. Промышленная угленосность приурочена к липовецкой свите. Все эти стратиграфические подразделения содержат обильные остатки ископаемых растений [2, 6, 7, 9, 12, 16, 21, 30, 52].

Формация Дуннин, выделенная на китайской территории Раздольненского бассейна, представлена терригенными и угленосными отложениями, сложенными в основном серыми мелкозернистыми песчани-

ками и алевролитами с прослоями желтовато-серых конгломератов, серых аргиллитов и угольных пластов (около четырех слоев в нижней части). Мощность ее около 285 м в обнажении вдоль железной дороги на юге уезда Дуннин (рис. 2). Здесь собраны обильные остатки растений и отобраны пробы на палинологический анализ. По данным Хэйлуцзянского бюро геологии и минеральных ресурсов (HBGMR), формация Дуннин несогласно перекрывается формациями Доншань (Dongshan), преимущественно из вулканитов, или Хоушигоу (Houshigou), сложенной в основном желтыми и желтовато-серыми конгломератами, песчаниками и алевролитами альбского возраста, и подстилается вулканитами (в основном андезиты) формации Тунтяньинь (Tuntianyin), возраст которой дискуссионный [23].

В 1930-х годах японский палеоботаник С. Оиси впервые описал растительные остатки из формации Дуннин: *Cladophlebis* sp., *Sphenopteris* (*Onychiopsis*) *elongata* (Geyl.), *Nilssonia pecten* Oishi (*Cycadites sulcatus* Krysht. et Pryn.), *Cycadites manchurensis* Oishi, *Cycadolepis toyamae* Oishi, cf. *Pterophyllum angus-*

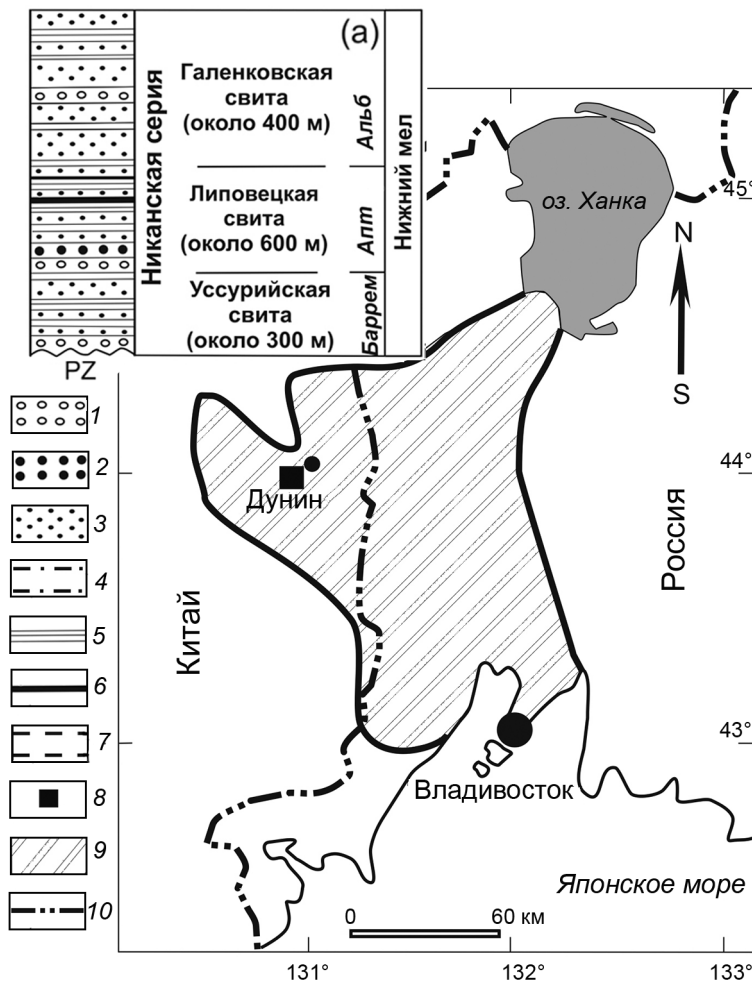


Рис. 1. Карта Раздольненского угольного бассейна и геологический разрез никанской серии (а).

Условные обозначения для рис. 1 и рис. 3.

1 – конгломераты, 2 – крупно- и среднезернистые песчаники, 3 – мелкозернистые песчаники, 4 – переслаивание мелкозернистых песчаников и алевролитов, 5 – аргиллиты, 6 – уголь, 7 – алевролиты, 8 – местоположение обнажения ДСА, 9 – Раздольненский угольный бассейн, 10 – государственная граница Российской Федерации.

tum (Braun), *P. longifolium* (Nath.), *P. cf. lindstroemi* Nath., *Podozamites lanceolatus* (Lindl. et Hutt.), *Podozamites* sp. По его мнению, возраст формации Дуннин – позднеюрский [38]. В 1983 г. Д.Ч. Джан и С.Д. Сион возобновили изучение растительных остатков формации Дуннин. Они провели сравнение изученного комплекса с флорами липовецкой свиты Южного Приморья [9] и группы Тетори внутреннего пояса Японии [29, 39] и установили его возраст как ранне-меловой [57].

Согласно существующим представлениям о региональной геологии района исследования [24], формация Дуннин сопоставляется с нижнемеловой угленосной формацией Мулин угольного бассейна Цзиси (восточная часть провинции Хэйлунцзян) в 130–160 км к северу от Дуннинского бассейна. Большое количество исследований по геологии и палеонтологии формации Мулин проведено с 1980 года, в результате которых были сделаны выводы об ее аптском [43, 44], позднебаррем-раннеаптском [49–51] и раннеаптском возрасте [55]. В 2005 г. по данным изотопного анализа туфовых прослоев, а также результатов

палеонтологических и магнитостратиграфических исследований формации Мулин установлен ее возраст в пределах 107–116 млн лет [42], который соответствует позднему апту–раннему альбу [23].

Проведено палинологическое изучение формации Дуннин, которое существенно дополнило ранние исследования. Китайскими специалистами получена палинологическая характеристика формаций Мулин, Чензихе (бассейн Цзиси), Шитоухеци (бассейн Хеган), Дуннин (Дуннинский бассейн), а также из меловых отложений бассейна Лоуцзигу [40, 45–48, 53, 54, 56].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Во время полевых работ в мае 2015 г. Ковалевой Т.А. с китайскими коллегами Сунь Г., Хай Ш.Л., Лиан Ф., Ли Ч.Т. были изучены несколько разрезов формации Дуннин, в том числе обнажение ДСА (DSA), расположенное вдоль железной дороги в 5 км к югу от города Дуннин, а также отвалы угольных шахт Гаоан (Gaoan), Тхуандие (Tuanjie), Синьхуа (Xinghua). Отобрано 60 проб для спорово-пыльцевого анализа.



Рис. 2. Верхняя часть разреза формации Дуннин (обнажение ДСА).

Техническая подготовка проб к анализу проводилась по стандартной мацерационной методике Любер и Вальц для высокометаморфизованных пород и углей [15]. Фотографии выполнены на световом микроскопе Ахioscop 40 с камерой Ахioscam HR (ФГБУН ФНЦ биоразнообразия ДВО РАН).

В результате палинологического анализа выявлено, что пробы из отвалов угольных шахт Гаоань (Gaoan), Тхуандие (Tuanjie), Синьхуа (Xinghua) не содержали палиноморф. Лишь в 21 пробе из разреза ДСА (DSA) установлены таксономически богатые палиноспекты.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ

В нижней части разреза ДСА снизу вверх вскрываются (рис. 3):

1. Алевролит серый с остатками растений (ДСА – 1, 2, 2а, 3) 4 м;
2. Алевропесчаник светло-серый (ДСА – 4₁) 3 м;
3. Темно-серый мелкозернистый песчаник с растительным детритом (ДСА – 5) 2 м;
4. Серый алевролит с остатками растений (ДСА – 6, 7) 7 м;
5. Мелкозернистый серый песчаник с остатками растений (ДСА – 8, 9, 10) 1 м;
6. Углистый аргиллит с растительным детритом

- (ДСА – 11, 12) 3 м;
7. Мелкозернистый песчаник желтовато-серый с растительным детритом (ДСА – 13, 13а, 13в) 2 м;
8. Темно-серый углистый аргиллит (ДСА – 14, 14а) 4 м;
9. Переслаивание мелкозернистого песчаника и алевролита (ДСА – 15₂, 16₁, 17) 4 м.

Мощность нижней части разреза составляет 27 м. Наличие косослоистой текстуры в слое песчаников свидетельствует об их накоплении во флювиальных условиях.

В верхней части разреза снизу-вверх обнажаются:

1. Мелкозернистый желтовато-серый песчаник, лимонитизированный 8 м;
 2. Среднезернистый до гравелистого серый песчаник, лимонитизированный, карбонатизированный 5 м;
 3. Серый аргиллит с остатками растений, лимонитизированный 3 м;
 4. Серый алевропесчаник с растительным детритом 1 м;
 5. Мелкозернистый песчаник желтый 16 м.
- Мощность 31 м.

В целом общая мощность разреза ДСА – 58 м.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате анализа определены восемь палиноспектров (табл.).

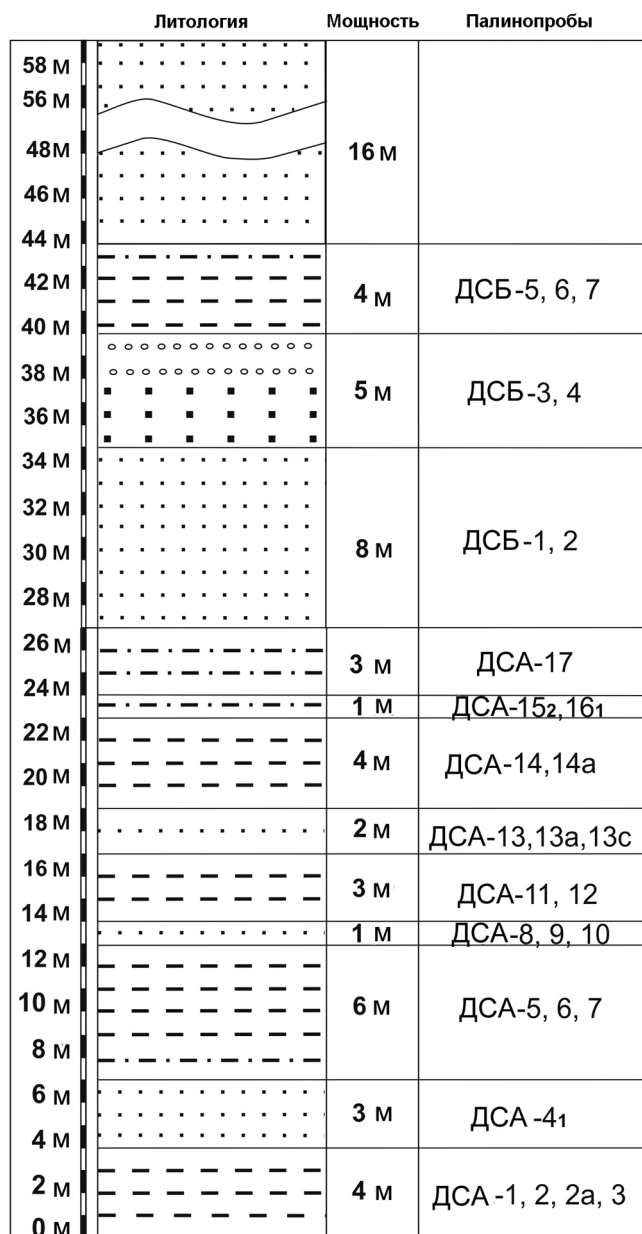


Рис. 3. Геологический разрез обнажения ДСА (верхняя часть формации Дуннин).

В палиноспектрах проб ДСА-1, 2, 2а, 3 из серого алевролита доминируют споры близких к глейхениевым *Gleichenioidites laetus* (Bolch.) Bolch., *G. senonicus* Ross., *G. carinatus* (Bolch.) Chlon. (в сумме – 44.0 %). Субдоминантами являются споры циатейных и диксониевых *Cyathidites minor* Coup., *C. australis* Coup., *Leiotriletes* spp. (в сумме до 28.7 %). Также встречаются споры близких к полиподиевым *Laevigatosporites ovatus* Wils. et Webst (7.0 %); схизейным *Cicatricosisporites multicostatus* (Bolch.) Poc., *C. dorensis* Pot. et Gell., *C. perforatus* (Baran., Nemk.) Singh, *Appendicisporites tricostatus* (Bolch.) Poc., *A. macrorhizus* (Bolch.)

Chlon., *Impardecispora apiverrucata* (Coup.) Venkat. et Rasa, *Concavissimisporites asper* Poc., *C. variverrucatus* (Coup.) Singh., *Pilosisporites echinatus* (Bolch.) Singh. (в сумме 2.85 %). Встречаются также *Kuylisporites lunaris* Cook. et Dett (1.45 %), *Stereisporites stereoides* (Pot. et Venitz.) Pfl. (0.6 %), *Leptolepidites verrucatus* Coup. (0.83 %), *Lophotriletes babsae* (Brenn.) Singh. (0.2 %), *Osmundacidites nicanicus* (Verb.) Schug. (0.2 %), *O. nanus* (Krutz.) Ke et Shi (0.38 %), *Rouseisporites reticulatus* Poc. (0.13 %), *Retitriletes subrotundus* (K.-M.) E. Sem. (0.08 %), *Foraminisporites asymmetricus* (Cook. et Dett.) Dett. (0.08 %), *Aequitriradites spinulosus* (Cook. et Dett.) Cook. et Dett. (0.2 %). Принимает участие пыльца голосеменных (в сумме 12.3 %): *Ginkgocycadophytus* sp., *Taxodiaceapollenites hiatus* (Pot.) Kremp, *Classopollis classoides* Pfl. em. Poc. et Jans., *Eucommiidites troedsonii* Erdm., *Podozamites* spp., *Araucariacidites australis* Cook., *Gnetaceapollenites ovidens* (Bolch.) Verb., *Abiespollenites* sp., *Podocarpidites multesimus* (Bolch.) Poc. Пыльца покрытосеменных составляет 1.25 % и представлена *Tricolpites* sp. и *Quercites sparsus* (Mart.) Samoil.

В палиноспектре пробы ДСА-4₁ из светло-серого алевропесчаника преобладают споры папоротников *Leiotriletes* spp. (14.8 %), *Cyathidites minor* (14.0 %), *C. australis* (6.0 %), *Laevigatosporites ovatus* (8.4 %), *Gleichenioidites laetus* (4.8 %), *G. senonicus* (4.0 %), *G. carinatus* (1.2 %), *Osmundacidites nicanicus* (4.0 %), *O. nanus* (0.8 %), *Concavissimisporites asper* (4.0 %), *Appendicisporites* sp. (3.6 %), *Cicatricosisporites dorensis* (3.2 %), *C. multicostatus* (2.0 %), *C. perforatus* (0.4 %). Среди голосеменных установлены *Ginkgocycadophytus* sp. (6.8 %), *Taxodiaceapollenites hiatus* (5.6 %), *Classopollis classoides* (3.6 %), *Podozamites* sp. (1.6 %), *Pinuspollenites* sp. (1.2 %), *Eucommiidites troedsonii* (1.2 %), *Araucariacidites australis* (0.8 %), *Piceapollenites* sp. (0.8 %), *Gnetaceapollenites ovidens* (0.8 %), в сумме – 22.4 %. Цветковые представлены пыльцой *Tricolpites* sp. и составляют менее 1.0 %.

Для палиноспектра пробы ДСА-5 из мелкозернистого темно-серого песчаника с растительным детритом характерно доминирование спор глейхениевых *Gleichenioidites laetus*, *G. senonicus*, *G. carinatus* (в сумме 45.2 %), а споры циатейных *Cyathidites minor*, *C. australis* (20.9 %), диксониевых *Leiotriletes* spp. (8.2 %), полиподиевых *Laevigatosporites ovatus* (5.8 %) сопутствуют им. Пыльца голосеменных составляет незначительную часть спектра (в сумме 12.6 %) и представлена *Ginkgocycadophytus* sp. (5.5 %), *Taxodiaceapollenites hiatus* (4.1 %) и Coniferales (3.0 %). Покрытосеменные *Tricolpites* sp. редки и малочисленны (1.0 %).

Таксоны

Таксоны		слои																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Bryophyta. Lycophyta и Pteridophyta																							
<i>Stereosporites stereoides</i> (Pot. et Venitz.) Pfl.			1.4		0.8	2								0.9			0.35	0.7	0.65	0.3	1		
<i>Dicthyophyllum cretatus</i> Dett.																				0.6			
<i>Dictyophyllidites harrisii</i> Coup.																							
<i>Foveosporites cenomanicus</i> (Chlon.) Schwetz.																							
<i>Leptolepidites verrucatus</i> Coup.			1.1	1.8	0.4	0.8	2.1	5.7	1	2.6			1.1	0.5	1.7	1	1	0.35	3.9		1.4		
<i>Retiriletes subrotundus</i> (K.-M.) E. Sem.					0.4																		
<i>R. rotundus</i> (K.-M.) E. Sem.			0.32																				
<i>Concavisporites junctus</i> (K.-M.) E. Sem.		1		0.6			0.33	0.4	1	0.4			1.5	1.4	0.33	1.4		1	0.6		0.7	2	
<i>Lophotriteles babsae</i> (Brenn.) Singh			0.8	0.6																			
<i>Osmundacidites nicanicus</i> (Verb.)Schug.			0.8			4						1			3.3			4.2	0.65		1	0.7	
<i>O. nanus</i> (Kruic.) Ke et Shi		0.7	0.5	0.3		0.8		1.2		1.1			0.9	0.2	1.3			7.4		0.3	0.34	0.7	
<i>Gleicheniidites laetus</i> (Bolch.) Bolch.		41.4	13.5	19.3	11	4.8	17.8	11	7.6	13.3	23.6	18	19	17	7.2	12	6.4	19	14	7.3	4.5	5	
<i>G carinatus</i> (Bolch.) Chlon.		2.32	1.1	2.5	0.8	1.2	1														0		
<i>G. senonicus</i> Ross.		24.2	21	23.6	15	4	26.4	8.1	6.8	22.6	28	17	20	18	8.2	14	8.5	25.3	18	8	9.7	7	
<i>Plicifera delicata</i> Bolch.													0.3	0.5					0.6				
<i>Cicatricosisporites multicostatus</i> (Bolch.) Poc.			1.4	1.2	1.3	2	0.33	1.5	8.2	1.9		1.7	0.8	2.4	2	0.7	2.8			2.1	0.3		
<i>C. dorogensis</i> Pot. et Gell.			0.8		0.8	3.2	0.7	4.6	12	1.9		0.9	1.5	1.9	5.9	1	1.8		0.3	3.8	5.8		
<i>C. perforatus</i> (Baran.,Nemk.) Singh			0.32			0.4														1.6			
<i>C. minutaestriatus</i> (Bolch.) Poc.									2.74														
<i>Cicatricosisporites</i> sp.															0.66					13			
<i>Denzoisporites vellatus</i> Weyl. et Krieg.																0.35							
<i>Appendicisporites tricosatus</i> (Bolch.) Poc.		0.5					0.7	0.8	2.4			0.3			1.6								
<i>A. imperfectus</i> (Mal.et Bolch.) Poc.									1														
<i>A. macrorhizus</i> (Bolch.) Chlon.		0.32					3.6		1.7														
<i>Appendicisporites</i> sp.																							
<i>Impardecispora apiverrucata</i> (Coup.)Venkat. et Rasa		1.1	0.6	0.8			0.7		0.7	0.4	2.4		0.5	0.2					1.6		1		
<i>Trilobosporites mirabilis</i> (Bolch.) Bolch.																0.7							
<i>Concavissimisporites asper</i> Poc.		0.32			1.3	4	1	1	1	0.74	1	0.9	0.7			0.35		1.6	1	2.8	0.7	2	
<i>C. variverrucatus</i> (Coup.)Singh		0.32																					
<i>Matonisporites phleboteroides</i> Coup.																							
<i>Pilososporites echinatus</i> (Bolch.) Singh		0.32					0.33						0.2						1.6	1.4	0.7	29	
<i>P. setiferus</i> (Verb.) Verb.						0.8																	
<i>Foraminisporites asymmetricus</i> (Cook. et Dett). Dett.		0.32										0.3	0.8										
<i>Equisetites</i> sp.													0.3										

В палиноспектрах проб ДСА-6, 7 из темно-серого алевролита с остатками растений доминируют папоротникообразные (76.8 %), среди которых велико участие близких к циатейным и диксониевым – *Cyathidites minor*, *C. australis*, *Leiotriletes* sp. (26.5 %); схизейным – *Cicatricosisporites multicostatus*, *C. doroensis*, *C. minutaestriatus* (Bolch.) Poc., *Appendicisporites imperfectus* (Mal. et Bolch.) Poc., *A. macrorhizus* (Bolch.) Chlon., *Appendicisporites* sp., *Impardecispora apiverrucata* (Coup.) Venkat. et Rasa, *Concavissimisporites asper*, в сумме 18.3 %; глейхениевым – *Gleicheniidites laetus*, *G. senonicus* (16.7 %). Среди голосеменных принимает участие пыльца *Ginkgocycadophytus* sp., *Taxodiaceapollenites hiatus*, *Classopollis classoides*, *Gnetaceapollenites ovidens* (Bolch.) Verb., *Podozamites* sp., *Araucariacidites australis* (в сумме до 21.5 %). Пыльца покрытосеменных представлена *Tricolpites* sp. и *Quercites sparsus* и составляет 1.7 %.

В палиноспектрах проб ДСА-8, 9, 10 из мелкозернистых светло-серых песчаников доминируют споры глейхениевых *Gleicheniidites laetus*, *G. senonicus* (в сумме – 41.0 %), субдоминанты – циатейных и диксониевых *Cyathidites minor*, *C. australis*, *Leiotriletes* spp., *Concavissimisporites junctus* (К.-М.) E. Sem. (34.7%). Также встречаются: *Laevigatosporites ovatus* (4.3 %), *Leptolepidites verrucatus* Coup. (1.2 %), *Cicatricosisporites multicostatus* (1.2 %), *C. doroensis* (0.9 %), *Concavissimisporites asper* (0.9 %), *Impardecispora apiverrucata* (0.93 %), *Trachytriletes* sp. (0.5 %), *Osmundacidites nanus* (0.37 %), *Dyctyophyllum cretatus* Dett. (0.3 %), *Foraminisporites asymmetricus* (Cook. et Dett.) Dett. (0.1 %). Пыльца голосеменных представлена *Ginkgocycadophytus* sp. (7.9 %), *Taxodiaceapollenites hiatus* (3.0 %), *Classopollis classoides* (0.9 %), *Araucariacidites australis* (0.6 %), *Eucommiidites troedsonii* (0.4 %), *Vitreisporites pallidus* (Reis.) Nils. (0.4 %), *Pinuspollenites* sp. (0.3 %), *Podozamites* sp. (0.11 %). Покрытосеменные (*Tricolpites* sp.) составляют лишь 0.3 %.

Для палиноспектров проб ДСА-11, 12 из углистого аргиллита с остатками растений характерно доминирование папоротникообразных (82.7 %), среди которых обильны споры глейхениевых *Gleicheniidites laetus*, *G. senonicus*, *Plicifera delicata* Bolch. (36.8 %); циатейных *Cyathidites minor*, *C. australis* (21.1 %); диксониевых *Leiotriletes* spp. (12.5 %); полиподиевых *Laevigatosporites ovatus*, *L. ovoideus* Takah. (5.5 %). Кроме того в небольших количествах встречаются споры: *Cicatricosisporites doroensis* (1.7 %), *C. multicostatus* (1.6 %), *Leptolepidites verrucatus* (1.0 %), *Dyctiophyllidites harrisii* Coup. (0.9 %), *Trachytriletes* sp. (0.9 %). Пыльца голосеменных (в сумме 12.0 %) представлена *Ginkgocycadophytus* sp., *Taxodiaceapollenites*

hiatus, *Pinuspollenites* sp., *Piceapollenites* sp., *Vitreisporites pallidus*, *Eucommiidites troedsonii*, *Classopollis classoides*, *Podozamites* sp. Пыльца покрытосеменных *Tricolpites* sp., *Retitricolpites georgiensis* Pierce, *Clavatipollenites hughesii* Coup. немногочисленна и в целом составляет 2.0 %.

В палиноспектрах проб ДСА-13, 13а, 13в из серого мелкозернистого песчаника доминируют циатейные и диксониевые *Cyathidites minor*, *C. australis*, *Leiotriletes* spp. (38.0 %), субдоминанты глейхениевые (18.7 %) – *Gleicheniidites laetus*, *G. senonicus*. Голосеменные представлены пыльцой *Ginkgocycadophytus* sp., *Taxodiaceapollenites hiatus*, *Eucommiidites troedsonii*, *Gnetaceapollenites ovidens*, *Classopollis classoides*, *Pinuspollenites* sp., *Piceapollenites* sp., *Vitreisporites pallidus*, *Podozamites* sp., в сумме – 16.0 %. Пыльца цветковых разнообразна и представлена: *Tricolpites* sp., *Quercites sparsus*, *Clavatipollenites hughesii*, *Fraxiniopollenites variabilis* Stanl. (в сумме составляет 2.5 %).

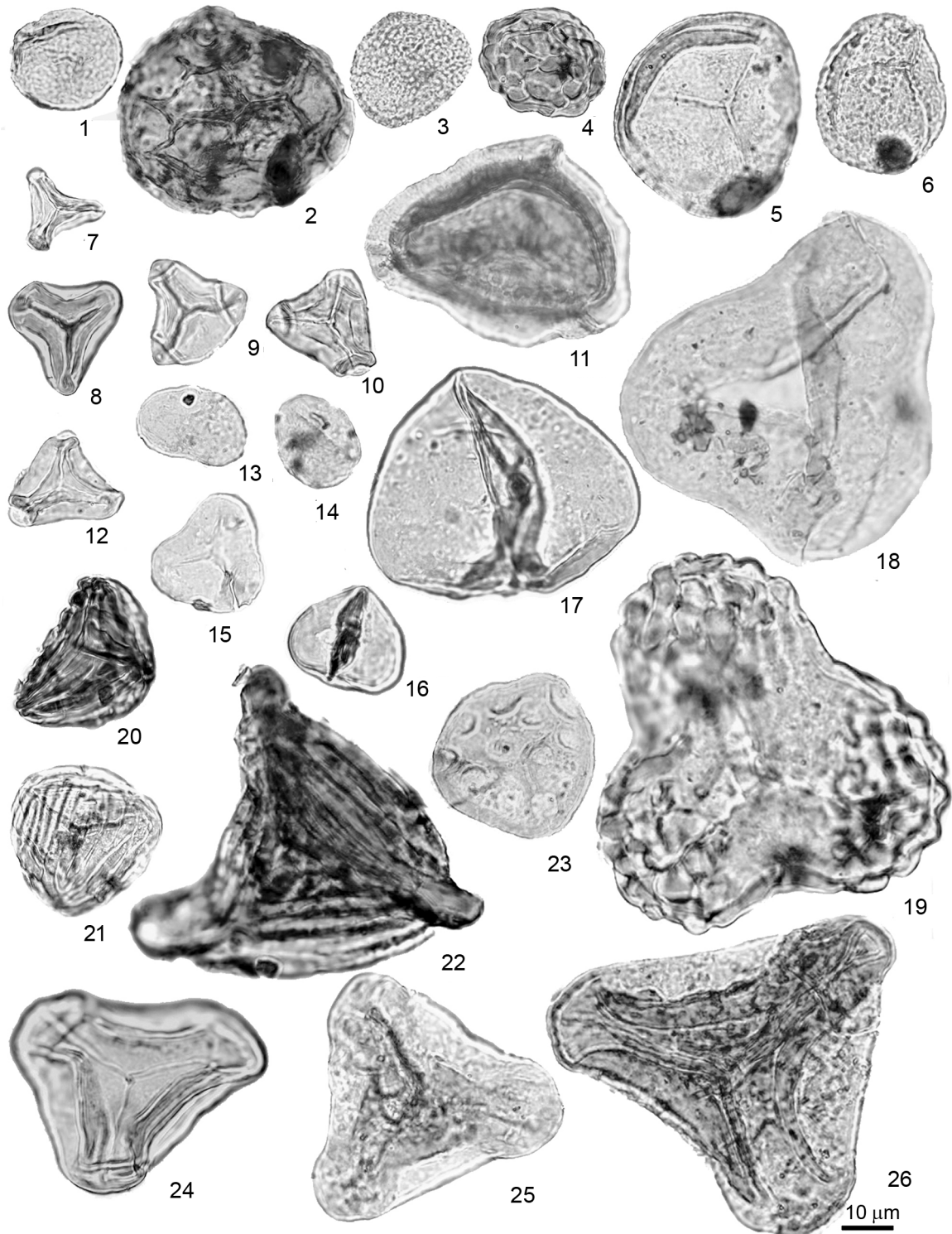
Для палиноспектров проб ДСА-14, 14а из углистого аргиллита характерно доминирование спор глейхениевых *Gleicheniidites laetus*, *G. senonicus*, *Plicifera delicata* (38.8%). Им сопутствуют циатейные, диксониевые (21.3 %) и полиподиевые (10.8 %). Среди голосеменных (в сумме 23.0 %) участие пыльцы *Ginkgocycadophytus* sp. составляет 9.5 %, пыльца таксодиевых растений (4.2 %) сопутствует им. Покрытосеменные редки и представлены *Tricolpites* sp. и *Clavatipollenites hughesii* (1.3 %).

Палиноспектры проб ДСА-15₁, 16₂, 17 из толщи переслаивания мелкозернистого песчаника и алевролита характеризуются преобладанием спор *Cyathidites minor*, *C. australis*, *Leiotriletes* spp., в сумме до 38.0 %. Им сопутствуют глейхениевые (в сумме 13.7 %) и схизейные (в сумме 10.9 %). Доля участия пыльцы голосеменных мала (10.9 %). Они представлены: *Ginkgocycadophytus* sp., *Taxodiaceapollenites hiatus*, *Piceapollenites* sp., *Pinuspollenites* sp., *Eucommiidites troedsonii*, *Gnetaceapollenites ovidens*, *Classopollis classoides*, *Araucariacidites australis*, *Podozamites* sp. Пыльца покрытосеменных (*Tricolpites* sp., *Clavatipollenites hughesii*) немногочисленна и составляет менее 1.0 %.

В целом таксономический состав описанных палиноспектров сходен и рассматривается нами как единый палинокомплекс формации Дуннин [31].

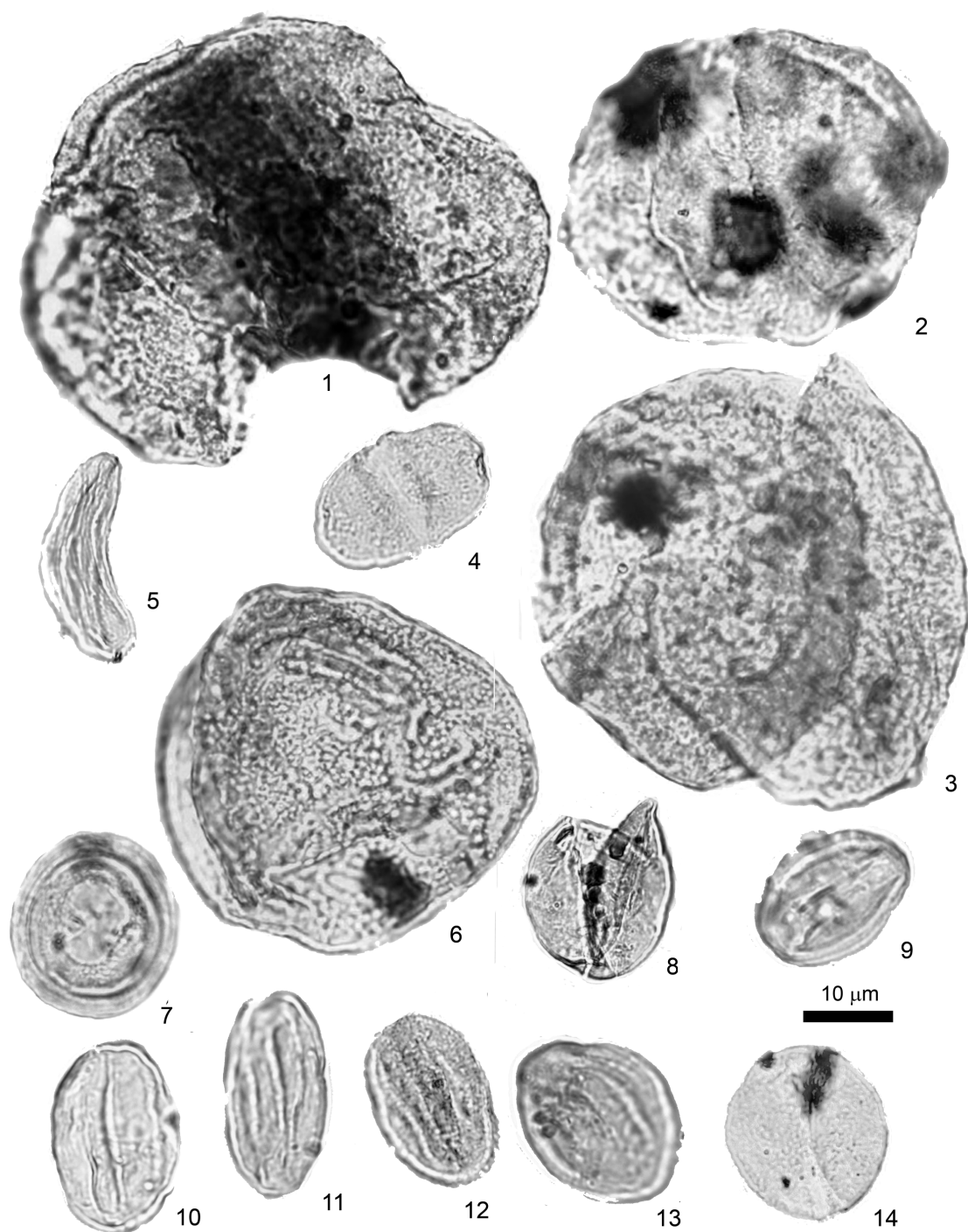
ОБСУЖДЕНИЕ

В палинокомплексе формации Дуннин выявлено 65 таксонов (фототабл. I, II). В нем доминируют глейхениевые папоротники (рис. 4, табл.). Споры циатейных и схизейных являются субдоминантами. Голо-



Фототаблица I. Споры папоротникообразных, обнажение ДСА, формация Дуннин.

1 – *Stereisporites stereoides* (Pot. et Venitz.) Pfl.; 2 – *Rouseisporites reticulatus* Poc.; 3 – *Foraminisporites asymmetricus* (Cook. et Dett). Dett.; 4 – *Leptolepidites verrucatus* Coup.; 5 – *Equisetites* sp.; 6 – *Osmundacidites nicanicus* (Verb.) Schug.; 7 – *Gleicheniidites laetus* (Bolch.) Bolch.; 8 – *Gleicheniidites senonicus* Ross.; 9–10 – *Concavisporites junctus* (K.-M.) E. Sem.; 11 – *Aequitriradites spinulosus* (Cook. et Dett.) Cook. et Dett.; 12 – *Dictyophyllidites harrisii* Coup.; 13 – *Laevigatosporites ovatus* Wils. et Webst.; 14 – *Laevigatosporites ovoideus* Takah.; 15 – *Leiotriletes* spp. 16 – *Cyathidites minor* Coup.; 17 – *Cyathidites australis* Coup.; 18 – *Concavissimisporites asper* Poc.; 19 – *Impardecispora apiverrucata* (Coup.) Venkat. et Rasa.; 20 – *Cicatricosisporites dorogensis* Pot. et Hell.; 21 – *Cicatricosisporites multicostatus* (Bolch.) Poc.; 22 – *Appendicisporites imperfectus* (Mal. et Bolch.) Poc.; 23 – *Kuylisporites lunaris* Cook. et Dett.; 24 – *Dictyophyllum cretatus* Dett.; 25–26 – *Matonisporites phlebopteroides* Coup.



Фототаблица II. Пыльца голосеменных и цветковых, обнажение ДСА, формация Дуннин.

1 – *Abiespollenites* sp.; 2 – *Pinuspollenites* sp.; 3 – *Piceapollenites* sp.; 4 – *Vitreisporites pallidus* (Reis.) Nils.; 5 – *Gnetaceaepollenites ovidens* (Bolch.) Verb.; 6 – *Araucariacidites australis* Cook.; 7 – *Classopollis classoides* Pfl.em. Poc. et. Jans.; 8 – *Taxodiaceapollenites hiatus* (Pot.) Kremp.; 9 – *Eucommiidites troedsonii* Erdm.; 10–11 – *Tricolpites* sp.; 12–13 – *Retitricolpites vulgaris* Pierce; 14 – *Clavatipollenites hughesii* Coup.

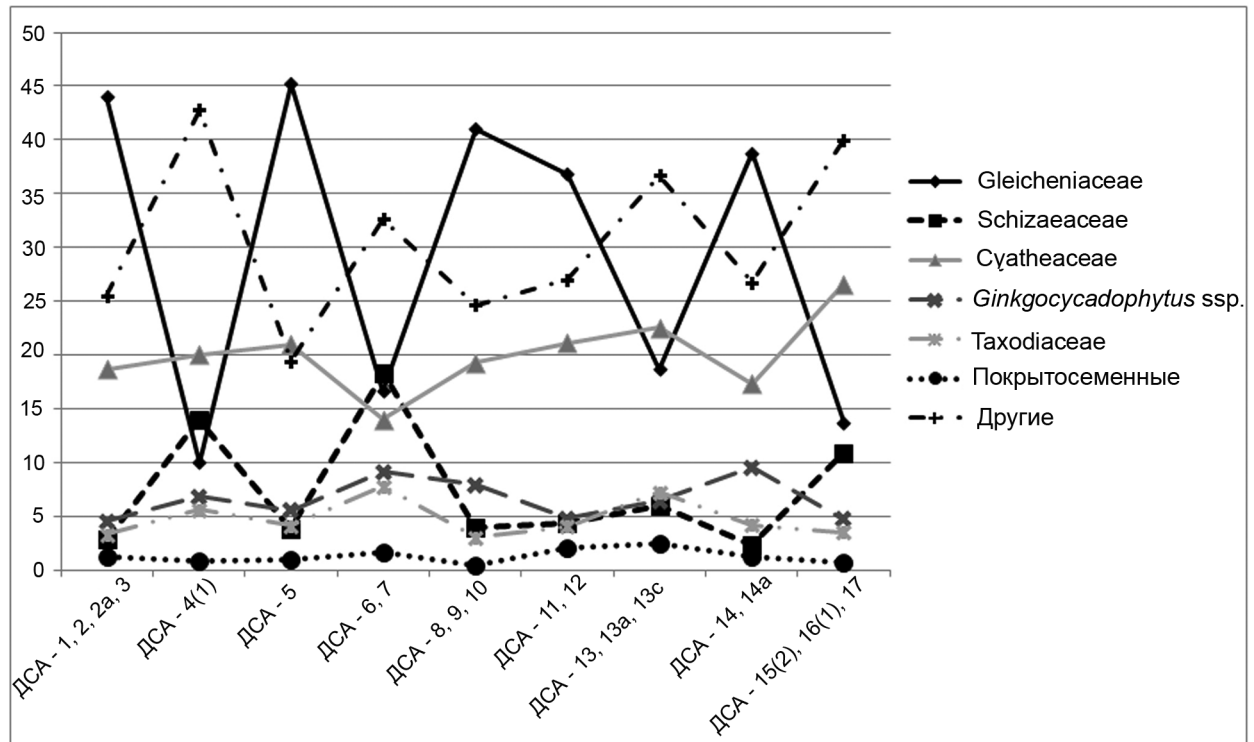


Рис. 4. Соотношение основных групп спор и пыльцы (в %) в палиносpectрах формации Дуннин.

семенные не играют существенной роли и в основном представлены пыльцой *Ginkgocycadophytus* и *Taxodiaceae*. *Classopollis* и пыльца сосновых редки. Главная особенность комплекса — появление единичной пыльцы покрытосеменных *Clavatipollenites hughesii*, *Tricolpites* sp., *Retitricolpites vulgaris*, *Quercite sparsus*, *Fraxiniipollenites variabilis* (до 2.5 %).

Участие *Rouseisporites reticulatus*, *Kuylisporites lunaris*, *Lophotrilletes babsae*, *Pilosisorites setiferus*, *Gleicheniidites senonicus* и указанной выше пыльцы цветковых позволяют установить возраст палинокомплекса. Эти палиноморфы характерны для аптских палинофлор Сибирско-Канадской фитогеографической области. В Приморье они известны из липовецкой свиты Раздольненского бассейна, а также из старосучанской свиты Партизанского бассейна [1, 3, 5, 13, 14, 20].

Таксономический состав изученного палинокомплекса сопоставим с таковыми из липовецкой свиты (апт) Раздольненского бассейна Приморья и формации Мулин (апт) бассейна Цзиси [1, 13, 14, 18, 31, 32, 40, 56]. Таким образом, можно предположить, что седиментация слоев формации Дуннин происходила в аптское время.

Значительный интерес представляет пыльца покрытосеменных, выявленная в палинокомплексе формации Дуннин. Она представлена триколяптым и

моносультатным морфотипами. Именно эти морфотипы указываются рядом зарубежных палинологов как предковые для раннемеловых цветковых Северной Америки [19, 25] и Западной Европы [26, 28].

Очень трудно выявить взаимосвязь между дисперсными палиноморфами и современными растениями. Однако это становится возможным, если изучаются споры из спорангиев ископаемых папоротников, а пыльца — из пыльников ископаемых цветков. Например, при изучении цветка *Virginianthus calycanthoides* из раннего-среднего альба группы Потомак в штате Вирджиния (США) [22] из пыльников выделена пыльца *Clavatipollenites minutus* Brenner. По мнению Э.М. Фриис эта древняя пыльца сходна с пыльцой представителей семейства *Calycantaceae* ныне живущих в тропических лесах Австралии [22].

Многие палинологи предполагают, что продуцентами пыльцы *Tricolpites* sp., *Quercites sparsus* могли быть предковые буковые, а *Retitricolpites vulgaris*, *Fraxiniipollenites variabilis* — платановые [10, 17, 37]. Находка соцветия, содержащего триколяптную пыльцу, из сеномана Чулымо-Енисейского бассейна Западной Сибири может свидетельствовать о том, что ее продуцентами могли быть представители семейств *Menispermaceae* и *Sargentodoxaceae* [34].

Первые находки ранних покрытосеменных известны из баррем-аптских отложений востока Евра-

зии. Например, из зазинской свиты Забайкалья – *Clavatipollenites hughesii*, *C. incisus* Chlon., *Asteropollis asteroides* Hedl. et Norris, *Tricolpites* sp. [4]; из липовцевой свиты Раздольненского бассейна Приморья – *Tricolpites* sp., *Clavatipollenites hughesii*, *Retitricolpites georgiensis* [32]; из формации Нишихиро на юго-востоке Японии – *Retimonocolpites* sp. [36]; из формации Иминь провинции Хэйлунцзян Северо-Восточного Китая – *Clavatipollenites* sp., *Tricolpopollenites* sp. [41]; из формации Лунпань бассейна Анчоу в Северной Корее – *Clavatipollenites hughesii* [27]. Очевидно, событие возникновения цветковых растений на востоке Азиатского континента произошло в середине мелового периода, вероятно в барреме–апте.

Ранние цветковые ввиду своего антракофобного характера избегали болотных сообществ [10, 11]. С момента своего появления они были поселенцами нарушенных местообитаний, таких как намывной аллювий, вулканический субстрат и проч. Подобная эксплерентная (пионерная) стратегия, наряду с более продвинутой биологией размножения, предопределили успех выживания и широкую адаптивную радиацию этой группы растений [8, 17, 33, 35].

Первые покрытосеменные в западной части Раздольненского бассейна появились в аптское время и обитали на намывном аллювии речной долины.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Дополнен таксономический состав палинокомплекса формации Дуннин.

2. Выявлено близкое родство палинокомплекса формации Дуннин с таковыми липовцевой свиты (апт) и формации Мулин (апт–ранний альб) Это свидетельствует, что седиментация слоев формации Дуннин происходила в аптское время.

3. Выявлена пыльца ранних покрытосеменных: *Tricolpites* sp., *T. micromunus*, *T. vulgaris*, *Retitricolpites georgiensis*, *R. vulgaris*, *Clavatipollenites hughesii*, *Quercites sparsus*, *Fraxiniopollenites variabilis*.

4. Пыльца покрытосеменных представлена трикольпатым и моносулькатным морфотипами, которые являются предковыми для цветковых растений.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа поддержана грантами: Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук № МК-2993.2015.4, РФФИ № 16-04-01411, Министерства Образования Китая № 111 (Project № 111 of the MOE, China) и Министерства Наук и Технологии Китая № 2015FY310100-15 (Project 2015FY310100-15 of the MST, China).

Авторы благодарны китайским геологам Лиан Ф., Ли Ч.Т., Ю П., Ян Ю.Г. и Сю Ю. из Цзилиньского Университета и Шеньянского Педагогического Университета, Хай Ш.-Л. из Геологического Музея Хэйлунцзяна, Китай, и российским коллегам Волюнец Е.Б., Бугдаевой Е.В. и Домра Н.П. из ФГБУН «Федеральный научн центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии» ДВО РАН.

Выражаем признательность рецензентам к. г.-м. н. Е.В. Бугдаевой и к. г.-м. н. В.П. Нечаеву, благодаря конструктивным замечаниям которых статья в значительной степени стала улучшенной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Болховитина Н.А., Котова З.И. Спорово-пыльцевые комплексы угленосной толщи Суйфунского бассейна на Дальнем Востоке // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1963. № 1. С. 77–92.
2. Бугдаева Е.В., Волюнец Е.Б., Голозубов В.В. и др. Флора и геологические события середины мелового периода (Алчанский бассейн, Приморье). Владивосток: Дальнаука, 2006. 205 с.
3. Бугдаева Е.В., Маркевич В.С., Волюнец Е.Б., Ковалева Т.А., Нечаев В.П. Раннемеловые растения – углеобразователи Раздольненского бассейна (Южное Приморье) // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии: Сб. науч. трудов / Ред. Е.Ю. Барабошкин, В.С. Маркевич, Е.В. Бугдаева, М.А. Афонин, М.В. Черепанова. Владивосток: Дальнаука, 2014. С. 70–72.
4. Вахрамеев В.А., Котова З.И. Древние покрытосеменные и сопутствующие им растения из нижнемеловых отложений Забайкалья // Палеонтол. журн. 1977. № 4. С. 102–109.
5. Вербицкая З.И., Дзенс-Литовская О.А., Штемпель Б.М. Меловая растительность и угли Приморского угленосного бассейна. М.-Л.: Наука, 1965. 120 с.
6. Волюнец Е.Б. Апт-сеноманская флора Приморья. 1. Флористические комплексы // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2005. Т. 13, № 5. С. 60–79.
7. Волюнец Е.Б. Апт-сеноманская флора Приморья. 2. Корреляция флористических комплексов // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2006. Т. 14. С. 200–210.
8. Герман А.Б. Фитостратиграфия и эволюция флор в альбе–позднем мелу Северной Пацифики // Стратиграфия. Геол. корреляция. 1999. Т. 7, № 2. С. 39–53.
9. Красилов В.А. Раннемеловая флора Южного Приморья и ее значение для стратиграфии. М.: Наука, 1967. 264 с.
10. Красилов В.А. Меловой период. Эволюция земной коры и биосферы. М.: Наука, 1985. 239 с.
11. Красилов В.А. Происхождение и ранняя эволюция цветковых растений. М.: Наука, 1989. 264 с.
12. Кутуб-Задэ Т.К. Геологическое строение и полезные ископаемые бассейнов рек Комиссаровка, Мельгуновка и Раздольная. Владивосток: ФГУ ПТФГИ, 2010. 191 с.
13. Маркевич В.С. Меловая палинофлора севера восточной Азии. Владивосток: Дальнаука, 1995. 200 с.
14. Маркевич В.С., Ковалева Т.А., Нечаев В.П., Волюнец Е.Б., Бугдаева Е.В. Палиностратиграфия Пореченского угольного разреза (Раздольненский бассейн, Приморье) // Ме-

- ловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии: Сб. науч. трудов / Ред. Е.Ю. Барабошкин, В.С. Маркевич, Е.В. Бугдаева, М.А. Афонин, М.В. Черепанова. Владивосток: Дальнаука, 2014. С. 204–207.
15. Палеопалинология. Методика палеопалинологических исследований и морфология некоторых ископаемых спор, пыльцы и других растительных микрофоссилий. Т. I. / Ред. И.М. Покровская. Л.: Недра, 1966. 352 с.
 16. Угольная база России. Кн. 1. Угольные бассейны и месторождения Дальнего Востока / Ред. В.Ф. Череповский. М.: ЗАО “Геоинформмарк”, 1997. Т. 5, № 1. 371 с.
 17. Хлонова А.Ф. Появление и стратиграфические уровни основных типов меловой пыльцы покрытосеменных // Палинотратиграфия мезозоя и кайнозоя Сибири. Новосибирск: Наука, 1985. С. 21–34.
 18. Шугаевская О.В., Маркевич В.С. Споры и пыльца раннего мела юга Дальнего Востока и их стратиграфическое значение. М. Деп. в ВИНТИ 22.03.77, № 1317. 1977. 207 с.
 19. Brenner G.J. Early angiosperm pollen differentiation in the Albian to Cenomanian deposits of Delaware (USA) // *Rev. Paleobot. & Palynol.* 1967. V.1, N 1/3. P. 219–227.
 20. Bugdaeva E.V., Markevich V.S. The coal-forming plants of Rhabdopissites in the Lipovtsy Coal Field (Lower Cretaceous of Southern Primorye) // *Paleontol. J.* 2009. V. 43, N. 10. P. 1217–1229.
 21. Bugdaeva E.V., Volynets E.B., Markevich V.S. The Early Cretaceous flora of Razdolnaya River Basin (Primorye Region, the Russian Far East) // *Botanica Pacifica. Journ. Plant Sci. and conservation.* 2015. V. 4 N 2, P. 71–77.
 22. Friis E.M., Eklund H., Pedersen K.R. *Virginianthus calycanthoides* gen. et. sp. nov. – a Calycanthaceae flower from the Potomac Group (Early Cretaceous) of Eastern North America // *Int. J. Plant Sci.* 1994. V. 155, N. 6. P. 772–785.
 23. Gradstein F.M., Ogg J.G., Smith A.G. et al. A new geologic time scale, with special reference to Precambrian and Neogene // *Episodes.* 2004. V. 27(2). P. 83–100.
 24. HBGM (Heilongjiang Bureau of Geology and Mineral Resources). Regional Geology of Heilongjiang Province. Beijing: Geol. Press, 1993. P. 192–215 (in Chinese).
 25. Hickey L.G., Doyle J.A. Early Cretaceous fossil evidence for angiosperm evolution // *Bot. Rev.* 1977. V. 43, N 1. P. 3–104.
 26. Hughes N.F., McDougall A.B. Record of angiosperm pollen entry into the English Early Cretaceous succession // *Rev. Paleobot. & Palynol.* 1987. V. 99. P. 255–272.
 27. Jiang D.-X., Yang H.-Q. Early Cretaceous palynoflora from Anchow Basin, Korea // *Acta Bot. Sin.* 1996. V. 38, N 2. P. 150–155.
 28. Kemp E.M. Probable angiosperm pollen from the British Barremian to Albian strata // *Paleontol.* 1968. V. 21, Pt. 2. P. 421–434.
 29. Kimura T. The present status of the Mesozoic land floras of Japan / Prof. S. Konno's Mem. Tsukuba: Tsukuba Univ. Press, 1980. P. 379–413.
 30. Kovaleva T.A., Volynets E., Sun G. Early Cretaceous flora from coal-bearing strata of Markovsky Peninsula in South Primorye, Russia // *Global Geol.* 2012. V. 15, N 1. P. 13–18.
 31. Kovaleva T.A., Markevich V.S., Bugdaeva E.V., Volynets E.B., Sun G. New data on palynoflora of Dongning Formation with their comparison to its equivalents in Primorye, Russian Far East // *Abstracts of the 12th Symposium on Mesozoic Terrestrial Ecosystems, Shenyang, China, August / Ed. by Zhang Y., Wu S., Sun G. Shenyang, China, 2015. P. 128–129.*
 32. Kovaleva T.A., Markevich V.S., Bugdaeva E.V. et al. New data on palynostratigraphy of the Lipovtsy Formation in the Razdolnaya Coal Basin (Southern Primorye) // *Russ. J. Pacific Geol.* 2016. V. 10, N 1. P. 50–62.
 33. Krassilov V.A. Angiosperm origins: morphological and ecological aspects. Sofia: Pensoft, 1997. 197 p.
 34. Krassilov V.A., Golovneva L.B. Inflorescence with tricolpate pollen grains from the Cenomanian of Tschulymo-Yenissey Basin, West Siberia // *Rev. Palaeobot. & Palynol.* 2001. N 115. P. 99–106.
 35. Krassilov V.A., Volynets E.B. Weedy Albian angiosperms // *Acta Palaeobot.* 2008. V. 48. P. 151–169.
 36. Legrand J., Yamada T., Nishida H. Palynofloras from the upper Barremian-Aptian Nishihiro Formation (Outer zone of southwest Japan) and the appearance of angiosperms in Japan // *J. Plant Res.* 2014. V. 127. P. 221–232.
 37. Maslova N.P. Association of vegetative and reproductive organs of platanoids (Angiospermae): Significance for systematics and phylogeny // *Paleontol. J.* 2008. V. 42, N 12. P. 1393–1404.
 38. Oishi O. Notes on some fossil plants from Tunning, Prov. Pichiang, Manchoukuo // *J. Fac. Sci. Hokkaido Imp. Univ.* 1935. Ser. 4, 3 (1). P. 79–95.
 39. Oishi O. The Mesozoic floras of Japan // *J. Fac. Sci. Hokkaido Imp. Univ.* 1940. Ser.4, 5(2–4). P. 1–480.
 40. Pu R.G., Wu H.Z. Spore-pollen from the Late Mesozoic beds in eastern Heilongjiang Province // *Bull. Shenyang Inst. Geol. Min. Res.* 1982. N 5. P. 383–456 (in Chinese).
 41. Pu R.-G., Wu H.-Zh. The palynological assemblages of the Hungganling and Zhalainguoer in Hingganling region, Northeast China and their stratigraphical significance // *Bull. Shenyang Inst. Geol. Miner. Resour.* 1985. N. 11. P. 47–95.
 42. Ren F.-H., Yang X.-P., Li Y.-C. et al. Chronostratigraphic divisions of Muling Formation of the Jixi Group, eastern Heilongjiang Province // *Geol. & Res.* 2005. V 14, N 3. P. 166–169.
 43. Sha J.G., Hirano H., Yao X.G. et al. Late Mesozoic transgressions of eastern Heilongjiang and their significance in tectonics, and coal and oil accumulation in northeast China // *Palaeogeogr., Palaeoclimat., Palaeoecol.* 2008. N 263. P. 119–130.
 44. Sha J.G., Pan Y.H., Wang Y.Q. et al. Non-marine and marine stratigraphic correlation of Early Cretaceous deposits in China, SE Korea and SW Japan, non-marine molluscan biochronology, and paleogeographic implications // *J. Stratigr.* 2012. V. 36, N 2. P. 357–381.
 45. Shang Y.K. Discovery of Early Cretaceous pollen and spores from Luoizigou Basin of Wangqing County, Jilin // *Acta Micropalaeontol. Sin.* 1991. V. 8, N 4. P. 405–422 (in Chinese with English abstract).
 46. Shang Y.K. Spores and pollen grains from the Shitouhezi Formation of Hegang Basin // *Acta Micropalaeontol. Sin.* 1994. V. 11, N 4. P. 453–467 (in Chinese with English abstract).
 47. Shang Y.K. Palynology of the angiospermous fossil-bearing bed of the Chengzhihe Formation, Jixi, Heilongjiang province // *Acta Micropalaeontol. Sin.* 1997. V. 14, N 2. P. 161–174 (in Chinese with English abstract).
 48. Song Z.C., Shang Y.K., Liu Z.S. et al. The Mesozoic spores and pollen in Songzhichen // *Fossils and spores and pollen of*

- China / Ed. by Shang Yuke et al. Beijing: Sci. Press, 2000. 710 p. (in Chinese with English abstract).
49. Sun G., Zheng S.L. et al. New advance of the study of the Jurassic-Cretaceous boundary strata from eastern Heilongjiang // *J. Stratigr.* 1992. V. 16, N 1. P. 49–54.
 50. Sun G., Cao Z.Y., Li H.M. et al. Cretaceous floras of China / Fossil floras of China through the geological ages / Ed. by Li X.X. Guangzhou: Guangdong Sci. Techn. Press, 1995. P. 411–452.
 51. Sun G., Zheng S.L. New proposal on division and correlation of Mesozoic stratigraphy for NE China // *J. Stratigr.* 2000. V. 24, N 1. P. 60–64.
 52. Volynets E.B., Bugdaeva E.V., Markevich V.S. et al. The Lipovtsy flora of Razdolnaya (Suifun) Basin, Primorye region, Russia // Abstracts of the 12th Symposium on Mesozoic Terrestrial Ecosystems, Shenyang, China, August / Ed. by Zhang Y., Wu S., Sun G. Shenyang, China, 2015. P. 133–135.
 53. Wang X.F. Microflora of the Dongning Formation (Early Cretaceous) in the Dongning Basin, southeastern Heilongjiang, China // *Palaeontol. Cathayana*. 1995. V. 6. P. 431–456.
 54. Wang Y.D., Yang X.J., Guignard G. et al. The fossil Gleicheniaceae ferns of China: Biodiversity, systematics, spore ultrastructure and evolution // *Rev. Palaeobot. & Palynol.* 2009. N 156. P. 139–156.
 55. Yang X.J. New material of fossil plants from the Early Cretaceous Muling Formation of the Jixi, eastern Heilongjiang Province, China // *Acta Paleontol. Sin.* 2003. V. 42, N 4. P. 561–584.
 56. Zhang C.B. Spores from Muling Formation of the Jixi, eastern Heilongjiang Province, and their stratigraphic significance // *Bull. Nanjing Inst. Paleontol., Acad. Sin.* 1965. N 4. P. 63–98.
 57. Zhang Z.C., Xiong X.Z. Fossil plants from the Dongning Formation of the Dongning Basin, Heilongjiang Province and their significance // *Bull. Shenyang Inst. Geol. Min. Res.* 1983. N 7. P. 64–94.

Рекомендована к печати Г.Л. Кирилловой

T.A. Kovaleva, V.S. Markevich, Ge Sun

Age and palinological characteristic of the Dongning Formation (Eastern Heilongjiang, China)

The taxonomic composition of palynological assemblage of the Dongning Formation was supplemented. The palynological assemblage corresponds to those from the Lipovtsy Formation (Aptian) in the Razdolnaya Basin of Primorye (Russia) and Muling Formation (Aptian) in the Jixi Basin of eastern Heilongjiang (China). It was found that the age of the Dongning Formation is Aptian. The palynological assemblage is characterized by the dominance of spores of Gleicheniaceae, they are accompanied by spores of Cyatheaceae. The most important feature of the palynological assemblage of the Dongning Formation is the presence of angiosperm pollen (*Tricolpites* sp., *T. micromunus*, *T. vulgaris*, *Retitricolpites georgiensis*, *R. vulgaris*, *Clavatipollenites hughesii*, *Quercites sparsus*, *Fraxinipollenites variabilis*).

Key words: palynological assemblage, palynological spectrum, Dongning Formation, Lipovtsy Formation, Aptian, Lower Cretaceous, Razdolnaya Basin, Dongning Basin, China, Primorye.