

УДК 561:551.763(571.63)

В.С. МАРКЕВИЧ, Т.А. КОВАЛЕВА, Е.В. БУГДАЕВА,
Е.Б. ВОЛЫНЕЦ, М.А. АФОНИН

Новые данные по липовецкой флоре Раздольненского бассейна южного Приморья

*Впервые выявлен таксономический состав флоры из отложений Алексе-Никольского угольного месторождения южного Приморья. Проведена корреляция изученного комплекса с таковым липовецкой свиты аптского возраста Раздольненского бассейна. Определены основные углематеринские растения – глейхениевые, циатеиные и диксониевые папоротники, мировиевые, таксодиевые и растения, продуцировавшие пыльцу *Ginkgocycadophytus*. Обнаружена пыльца ранних покрытосеменных. Подтверждено, что триколатный и трихотомосулькатный морфотипы пыльцы являются предковыми для цветковых. Реконструированы палеообстановки и растительность времени формирования липовецкой свиты на территории Алексе-Никольского месторождения.*

Ключевые слова: папоротники, голосеменные, покрытосеменные, споры, пыльца, фитофоссилии, ранний мел, стратиграфия, Раздольненский бассейн, южное Приморье.

New data on the Lipovtsy flora of Razdolnaya River Basin, Southern Primorye region. V.S. MARKEVICH, T.A. KOVALEVA, E.V. BUGDAEVA, E.B. VOLYNETS, M.A. AFONIN (Institute of Biology and Soil Science, FEB RAS, Vladivostok).

*For the first time the taxonomic composition of flora from deposits of the Alexee-Nikolskiy coal mine (Southern Primorye) was revealed. The studied assemblage was correlated with that of the Lipovtsy Formation of the Aptian age of the Razdolnaya River Basin. The main coal-forming plants were identified; they comprised gleicheniaceous, cyatheaceous and dicksoniaceous ferns, Miroviaceae, Taxodiaceae and plants produced pollen *Ginkgocycadophytus*. The early angiosperm pollen was discovered. It is confirmed that tricolpate and trichotomosulcate pollen morphotypes are ancestral for flowering plants. Paleoenvironments and vegetation during the Lipovtsy time on the area of Alexee-Nikolskiy coal mine were reconstructed.*

Key words: ferns, gymnosperms, angiosperms, spores, pollen, phytofossils, Early Cretaceous, stratigraphy, Razdolnaya River Basin.

Введение

Раздольненский каменноугольный бассейн Приморья протягивается с северо-запада от оз. Ханка на юго-запад до зал. Посъета. Он представляет собой область развития преимущественно меловых отложений, которые подразделяются на никанскую (баррем –

МАРКЕВИЧ Валентина Саввична – доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник, КОВАЛЕВА Татьяна Александровна – аспирант, *БУГДАЕВА Евгения Васильевна – кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, ВОЛЫНЕЦ Елена Борисовна – кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, АФОНИН Максим Алексеевич – кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник (Биолого-почвенный институт ДВО РАН, Владивосток).
*E-mail: bugdaeva@biosoil.ru

Исследования поддержаны грантами: Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук (проект № МК-2993.2015.4), РФФИ (№ 16-04-01411).



Рис. 1. Одновозрастные местонахождения липовецкой флоры (прямоугольники) в угольных карьерах Раздольненского бассейна южного Приморья

поздний альб) и коркинскую (поздний альб – сеноман) серии. Растительные остатки никанской серии известны из более чем 100 местонахождений.

Раннемеловая флора этого бассейна привлекала внимание таких выдающихся палеоботаников России, как А.Н. Криштофович, В.Д. Принада, Б.М. Штемпель, В.А. Вахрамеев, В.А. Самылина, В.А. Красилов.

А.Н. Криштофович в никанской серии Раздольненского (ранее Суифунского) бассейна нашел древние однодольные *Pandanophyllum ahnertii* Kryshst., что убедило его в ее меловом возрасте [4, 5].

В середине 60-х годов прошлого века В.А. Красилов предложил подробную стратиграфию нижнего мела Раздольненского бассейна [3], которая актуальна до сих пор. Им никанская серия была подразделена на уссурийскую (баррем), липовецкую (апт) и галенковскую (альб) свиты, а также монографически изучены ископаемые растения этих стратиграфических подразделений.

В западной части Раздольненского угольного бассейна, недалеко от деревни Алексей-Никольское Уссурийского городского округа Приморского края, находится Алексее-Никольский разрез одноименного каменноугольного месторождения. Его координаты – 43°51'07" с.ш., 131°27'23" в.д. (рис. 1). Он был сдан в эксплуатацию в 2001 г. и до сих пор активно разрабатывается.

Угли этого месторождения, как и других в Раздольненском бассейне, гумусово-рабдопсиситовые. Они являются ценным сырьем для химической промышленности и газификации [9].

В этом районе нижнемеловые угленосные отложения представлены липовецкой свитой, согласно залегающей на уссурийской и перекрывающейся галенковской. Она подразделяется на нижнелиповецкую (непродуктивную) и верхнелиповецкую (продуктивную) подсвиты. Мощность свиты около 150 м. Верхняя подсвита содержит два угольных пласта рабочей мощности.

Ранее палеоботанические исследования здесь не проводились. В отличие от хорошо изученных северных местонахождений липовецкой свиты Раздольненского бассейна, юго-западное его обрамление оставалось белым пятном, поэтому невозможно было составить полноценные достоверные палеогеографические карты распределения растительности в раннем мелу. Кроме того, отсутствовала информация о растениях-углеобразователях, что не позволяло сделать вывод либо об однотипности болотной растительности, давшей начало липовецким углям, либо о ее мозаичном характере.

Таким образом, необходимо было комплексное изучение флоры угленосных отложений юго-западной части бассейна, вскрытых Алексее-Никольским разрезом. С этой целью

в 2014 г. сотрудниками лаборатории палеоботаники БПИ ДВО РАН впервые выполнено палинологическое опробование слоев, собраны растительные остатки (мега-, мезофоссилии, а также ископаемая древесина).

Пробы на спорово-пыльцевой анализ обрабатывались по стандартной мацерационной методике, предложенной А.А. Любер и И.Э. Вальц для высокометаморфизованных пород и углей [8].

Растения-углеобразователи выявлялись непосредственно из угольных прослоев. Для выделения фитолейм угли обрабатывали азотной кислотой и щелочью, затем промывали дистиллированной водой. Из полученных дисперсных кутикул изготовлены постоянные препараты для изучения в световом и сканирующем электронном микроскопах.

Результаты исследований

По данным разведочного бурения, осадочная последовательность Алексее-Никольского разреза начинается с примерно двухметрового гумусового угольного прослоя, перекрытого кластическими осадками (чередование песчаников и алевролитов). Их мощность около 2,5 м. На них залегают продуктивный гумусово-рабдописситовый угольный пласт мощностью 3,5 м, в котором содержание смоляных палочек не превышает 50 %. Он перекрывается сероцветной пачкой чередующихся разномерных песчаников и алевролитов (мощность более 7 м). Разрез завершается пачкой средне-крупнозернистых бурых песчаников с примесью туфогенного материала; ее мощность 6 м (рис. 2, 3).

Палиноспектры из отложений Алексее-Никольского угольного карьера

Для палиноспектра пробы АН-1а из угля (см. таблицу; рис. 4) характерно доминирование спорных (74 %), среди которых велико участие спор близких к глейхениевым *Gleicheniidites laetus*, *G. senonicus*, *G. carinatus* (38,1 %), циатейным *Cyathidites minor*, *C. australis* (13 %) и диксониевым *Leiotriletes* spp. (14,7 %). Реже встречаются споры схизейных *Concavissimisorites asper*, мхов *Stereisporites stereoides* и плауновидных *Retitriletes subrotundus*, *Leptolepidites verrucatus*. Пыльца голосеменных в сумме составляет 26 %, она представлена *Ginkgocycadophytus* spp, *Taxodiaceapollenites hiatus*, *Classopollis classoides*, *Podozamites* spp.

В палиноспектре пробы АН-1б доминируют споры папоротников, близких к глейхениевым *Gleicheniidites laetus*,

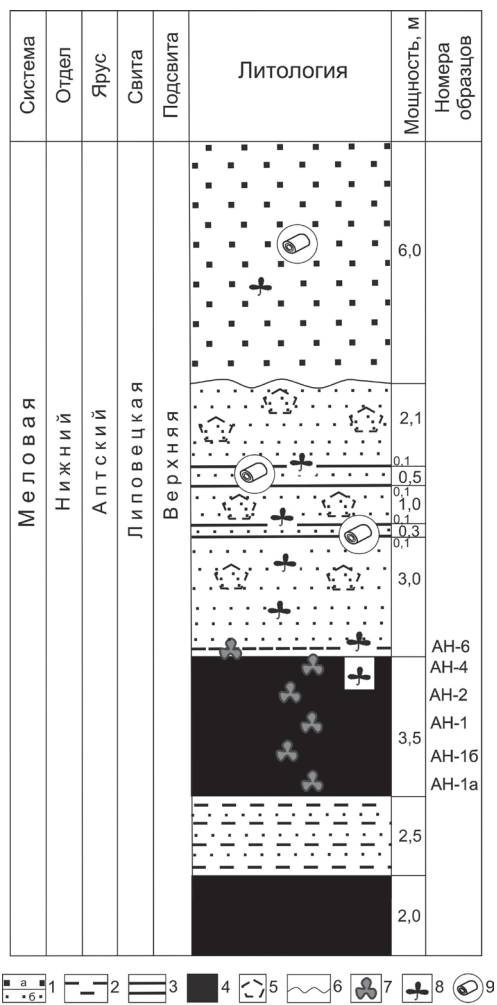


Рис. 2. Разрез отложений Алексее-Никольского угольного карьера Раздольненского бассейна. 1 – песчаник: а – грубо- и крупнозернистый, б – средне- и мелкозернистый; 2 – алевролит; 3 – аргиллит; 4 – уголь; 5 – карбонатные конкреции; 6 – граница несогласного залегания слоев; 7 – место отбора палинологических проб; 8 – место находки ископаемых растений; 9 – место находки древесины



Рис. 3. Стенка Алексе-Никольского угольного карьера Раздольненского бассейна (видимая мощность около 15 м). На фото представлена верхняя часть продуктивного угольного пласта и перекрывающий его слой песчаника

Таксономический состав палиноспектров из разреза Алексе-Никольского угольного карьера, %

Таксоны	АН-1а уголь	АН-1б уголь	АН-1 уголь	АН-2 уголь	АН-4 уголь	АН-6 алевролит
Споровые						
<i>Stereisporites stereoides</i> (Pot. et Venitz.) Pfl.	2,2			2,7		
<i>Leptolepidites verrucatus</i> Coup.	1,1	1,2				
<i>Retitriletes subrotundus</i> (К.-М.) E. Sem.	1,6	1,9		2,2		
<i>Osmundacidites nicanicus</i> (Verb.) Schug.		1,9				0,6
<i>Gleicheniidites laetus</i> (Bolch.) Bolch.	19	23	22,4	16,9	21,2	10,9
<i>G. carinatus</i> (Bolch.) Chlon.	3,9	3,7		3,8		1,8
<i>G. circinidites</i> (Swartz) Nokav.			8,5			
<i>G. senonicus</i> Ross	15,2	20	16	13,7	10,6	7,9
<i>Cicatricosporites dorogensis</i> Pot. et Gell.						2,4
<i>Concavissimisporites asper</i> Poc.	3,3	3,1		2,7		2,1
<i>Rouseisporites reticulatus</i> Poc.						0,6
<i>Laevigatosporites ovatus</i> Wils. et Webst.			6,5		7,7	8,2
<i>L. ovoideus</i> Takah.			2,5			2,1
<i>Leiotriletes</i> spp.	14,7	13	13,4	18,6	9,6	21,5
<i>Cyathidites minor</i> Coup.	7	9,3	10,4	9,3	15,5	14,2
<i>C. australis</i> Coup.	6			3,3	4,8	4,5
<i>Concavisporites junctus</i> (К.-М.) E. Sem.						0,9
Голосеменные						
<i>Ginkgocycadophytus</i> spp.	14,7	13	11	14,2	16,3	12,7
Coniferales						0,6
<i>Araucariacidites australis</i> Cook.						
<i>Taxodiaceapollenites hiatus</i> (Pot.) Kremp	6,5	8,1	7	7,1	7,7	5,2
<i>Podozamites</i> spp.	2,2	1,9	1	1,6	2,9	
<i>Classopollis classoides</i> Pfl. em. Poc. et Jans.	2,7		1,5	3,8	3,8	0,6
<i>Eucommiidites troedsonii</i> Erdm.						1,8
Покрытосеменные						
<i>Tricolpites</i> spp.						0,9
<i>Clavatipollenites hughesii</i> Coup.						0,3

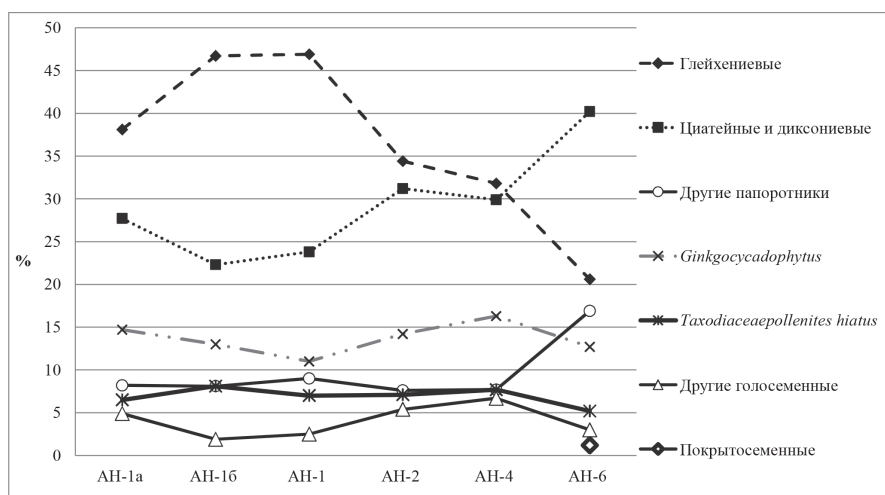


Рис. 4. Соотношение основных групп растений в палиноспектрах из разреза Алексея-Никольского угольного карьера.

G. senonicus, *G. carinatus*, в сумме 46,7 %. Им сопутствуют споры *Cyathidites minor*, *Leiotriletes* spp. (в сумме 22,3 %). Также встречены споры *Concavissimisporites asper*, *Osmundacidites nicanicus*, *Retitriletes subrotundus*, *Leptolepidites verrucatus*. Доля пыльцы голосеменных составляет в сумме 23 %. В их составе принимают участие *Ginkgocycadophytus* spp., *Taxodiaceapollenites hiatus* и *Podozamites* spp.

Для палиноспектра пробы АН-1 также характерно доминирование папоротников (79,7 %), среди которых многочисленны споры близких к глейхениевым *Gleichenioidites laetus*, *G. senonicus*, *G. circinoides* (46,9 %), циатейным и диксониевым *Cyathidites minor*, *Leiotriletes* spp. (в сумме 23,8 %). Мало участие близких к полиподиевым *Laevigatosporites ovatus*, *L. ovoideus* (в сумме 9 %). Голосеменные (в сумме 20,5 %) представлены пыльцой *Ginkgocycadophytus* spp., *Taxodiaceapollenites hiatus*, *Classopollis classoides*, *Podozamites* spp.

Велико участие папоротникообразных (в сумме 73,2 %) в палиноспектре пробы АН-2. В их составе доминируют близкие к глейхениевым *Gleichenioidites laetus*, *G. senonicus*, *G. carinatus* (34,4 %); циатейным и диксониевым *Cyathidites minor*, *C. australis*, *Leiotriletes* spp. (31,2 %). Редки схизейные *Concavissimisporites asper*, мхи *Stereisporites stereoides*, плауновидные *Retitriletes subrotundus*. Среди пыльцы голосеменных доминантами являются *Ginkgocycadophytus* spp., а субдоминантами – *Taxodiaceapollenites hiatus*. Присутствует также пыльца *Classopollis classoides* и *Podozamites* spp.

В палиноспектре пробы АН-4 преобладают (около 70 %) споры папоротников: *Gleichenioidites laetus*, *G. senonicus*, *Cyathidites minor*, *C. australis*, *Leiotriletes* spp., *Laevigatosporites ovatus*. Голосеменные (30,7 %) представлены *Ginkgocycadophytus* spp., *Taxodiaceapollenites hiatus*, *Classopollis classoides*, *Podozamites* spp.

В палиноспектре пробы АН-6 из алевролита также доминируют споры папоротникообразных (в сумме 78 %). Среди них многочисленны споры близких к циатейным и диксониевым *Cyathidites minor*, *C. australis*, *Leiotriletes* spp., *Concavissimisporites junctus* (в сумме 41,1 %). Субдоминанты – споры близких к глейхениевым *Gleichenioidites laetus*, *G. senonicus*, *G. circinoides*, а также полиподиевым *Laevigatosporites ovatus*, *L. ovoideus*, схизейным *Cicatricosisporites dorogensis*, *Concavissimisporites asper*, осмундовым *Osmundacidites nicanicus*. Редки споры плауновидных *Retitriletes reticulatus*. Пыльца голосеменных (в сумме 21 %) представлена *Ginkgocycadophytus* spp., *Taxodiaceapollenites hiatus*, *Eucommioidites troedsonii*, *Classopollis classoides* и двумешковыми деформированными зёрнами *Coniferales*. Отличительная черта палиноспектра – появление пока еще единичной (1,2 %) пыльцы покрытосеменных *Tricolpites* spp., *Clavatipollenites hughesii*.

Таким образом, таксономический состав палиноспектров из отложений, вскрываемых Алексее-Никольским угольным карьером, довольно однороден и рассматривается нами как единый палинокомплекс. Всего в нем установлено 26 таксонов.

В палиноспектрах из углей преобладают папоротники, среди которых доминанты – споры близких к глейхениевым, а субдоминанты – близких к циатейным и диксониевым. Таксономическое разнообразие голосеменных невелико при незначительном их участии; доминантами среди них являются *Ginkgocycadophytus* spp., а субдоминантами – таксодиевые.

В палиноспектрах из кластических пород также доминируют споры папоротникообразных (в сумме 78 %). Среди них многочисленны споры близких к циатейным и диксониевым (40,2 %). Субдоминанты – споры близких к глейхениевым (20,6 %). Пыльца голосеменных немногочисленна (в сумме 21 %), а доминантами среди них по-прежнему являются *Ginkgocycadophytus*. Отличительная черта этого палинокомплекса – появление пока еще единичной пыльцы покрытосеменных.

Установленный палинокомплекс из разреза Алексее-Никольского карьера сходен с таковым из верхнелиповецкой подсвиты Раздольненского бассейна [6, 7, 10].

Ископаемые растения из отложений Алексее-Никольского угольного карьера

В основном остатки растений происходят из нижней части сероцветной толщи, перекрывающей продуктивный угольный пласт (рис. 2). Они представлены плауновидными *Lycopodites nicanicus* Krassil., мохообразными *Marchantites yabei* Krysh. et Pryn., хвощевыми *Equisetites* sp. (стебли и ризомы с клубеньками), папоротниковидными *Gleichenites porsildii* Sew., *Coniopteris burejensis* (Zal.) Sew., *Anemia dicksoniana* (Heer) Krassil., *Adiantopteris* sp., *Birisia onychioides* (Vassil. et K.-M.) Samyl., *Polypodites polysorus* Pryn., *Cladophlebis virginiansis* Font. emend. Berry, *C. frigida* (Heer) Sew., цикадофитами *Dictyozamites* sp., *Pterophyllum* sp., *Nilssonia nicanica* Pryn., *N. ex gr. orientalis* Heer, гинкговыми *Ginkgoites* sp., хвойными *Podozamites ex gr. lanceolatus* (L. et H.) Schimp., *Podozamites* sp., *Araucariodendron* sp., *Podocarpus* sp., *Elatides asiatica* (Yok.) Krassil., *Athrotaxopsis* sp., *Elatocladus* sp., *Machairostrobus* sp.

В алевролитовых прослоях средней и верхней части сероцветной толщи фитофоссилии редки.

Мацерация углей продуктивного пласта выявила, что они сложены, помимо папоротников, остатками мирovieвых – загадочной вымершей группы растений, существовавшей только в мезозое. Нашими исследованиями флоры Липовецкого и Пореченского угольных карьеров установлено, что они являлись одними из основных, наряду с папоротниками, углематеринских растений рабдописситов [1, 7, 10].

Во всей надугольной толще встречены остатки древесины хвойных неясного систематического положения (рис. 2).

Обсуждение

Захоронения остатков растений в Алексее-Никольском карьере приурочены к прослоям алевролитов и тонкозернистых песчаников горизонтально-слоистой текстуры, по-видимому, озерного происхождения. Переход от углей к вышележащим тонким кластическим осадкам постепенный. Можно предположить, что на месте болота, в котором накапливался торфяник, начало формироваться озеро. Таким образом, здесь мы наблюдаем следы события прерывания биогенной седиментации и замены ее на терригенную. Не исключено, что в это время начинается воздымание краевых частей бассейна и увеличивается контрастность рельефа. Усиление денудации склонов возвышенностей обуславливает поступление продуктов размыва в низины. В процесс переноса терригенного материала включаются растения прибрежных сообществ, произраставшие вокруг озера: их остатки

наиболее многочисленны в захоронениях. Чаще всего они хорошей сохранности, тогда как растения склонов, претерпевшие длительную транспортировку в низины до мест захоронения, редки, фрагментарны и худшей сохранности.

В тафоценозах нижней части сероцветной толщи доминируют остатки папоротников, прежде всего *Anemia dicksoniana*. Локально обильны захоронения плауновидных, мохообразных, хвощевых. Довольно часто встречаются чешуи *Machairostrombus* sp. Все остальные растения редки.

По всей видимости, в позднелиповецкое время (аптский век, 125–112 млн л. н.) растительность в западной части Раздольненского бассейна была представлена болотными папоротниковыми маршами, доминированными преимущественно светолюбивыми глейхениевыми, в меньшей степени древовидными циатейными. Древесно-кустарниковый ярус, находившийся на склонах на некотором расстоянии от болотистых низин, слагали таксодиевые и растения, продуцировавшие пыльцу *Ginkgocycadophytus* (гинкговые, цикадовые, беннеттиты).

Торфяники Алексе-Никольского месторождения накапливались в основном из фитомассы папоротников. Некоторый вклад в формирование мортмассы вносили остатки мирovieвых, таксодиевых и цикадофитов.

В осадочной последовательности Алексе-Никольского месторождения зафиксировано такое важнейшее биотическое событие мелового периода, как появление покрытосеменных – наиболее эволюционно продвинутой группы растительного мира. В надугольных алевролитах нами обнаружена пыльца трикольпчатного и трихотомосулькатного морфотипов. Скорее всего, растения, продуцировавшие эти палиноморфы, обитали на склонах и пыльца была привнесена в захоронение потоками воды.



Рис. 5. Верхняя часть мощного рабдописитового слоя с несколькими светлыми пепловыми прослоями (Пореченский карьер Ильичевского месторождения, Раздольненский бассейн)

Недавно в северной части Раздольненского бассейна в одновозрастных отложениях Пореченского карьера также обнаружена пыльца ранних цветковых [2]. Помимо *Tricolpites* spp. и *Clavatipollenites hughesii* установлены *Tricolpites vulgaris* Pierce, *Quercites sparsus* (Mart.) Samoil., *Retitricolpites georgiensis* Brenn. Следует отметить, что повсеместно в нижнемеловых отложениях Европы, Азии и Северной Америки подобная пыльца появляется первой, и, таким образом, указанные морфотипы могут считаться самыми древними.

По нашим наблюдениям, в нескольких угольных карьерах Раздольненского бассейна (Ильичевском, Пореченском, Полтавском и Алексее-Никольском) мощный рабдописситовый слой завершается чередованием угольных и пепловых прослоев (рис. 5). Это является отражением одного и того же события – отдаленного извержения и интенсивных пеплопадов, неоднократно засыпавших обширное болото и вызывавших прекращение биогенной седиментации. Отмечено, что в недалеко расположенном бассейне Сунляя в апт-альбское время извергались вулканы; возможно, они поставляли пепловый материал в соседние впадины, в том числе и в Раздольненскую [11]. Наиболее сильные взрывные извержения произошли около 119,9–120,2 млн л. н. В это время был выброшен в атмосферу большой объем мелкозернистого вулканического пепла наряду с аэрозольными и парниковыми газами. Подобное событие в регионе явно сыграло свою роль в глобальных климатических изменениях.

Уничтожение привычных мест обитания в Раздольненском бассейне в результате обильных пеплопадов создавало стрессовые обстановки для растений и животных. В подобных кризисных условиях получают преимущество растения эксплерентной экологической стратегии, например покрытосеменные.

Заключение

Впервые выявлен таксономический состав флоры из отложений Алексее-Никольского угольного месторождения южного Приморья. В ней доминируют папоротники, главным образом глейхениевые. Нами доказана принадлежность растений, собранных в слоях этого карьера, позднелиповецкому флористическому комплексу Раздольненского бассейна. Соответственно, распространение липовецкой свиты в этом бассейне оказывается более широким, чем считалось ранее, а особенности распределения растительных остатков помогают выявить закономерности развития растительности в начале среднего мела.

Определены основные углематеринские растения; к ним относились глейхениевые, циатейные и диксониевые папоротники, мировиевые, таксодиевые и растения, продуцировавшие пыльцу *Ginkgocycadophytus*. Обнаружена трикольпатная и трихотомосулькатная пыльца ранних покрытосеменных. Подтверждено, что эти морфотипы появляются в геологической летописи первыми и, таким образом, являются предковыми для цветковых. Реконструированы палеообстановки и растительность времени формирования липовецкой свиты на территории Алексее-Никольского месторождения.

Авторы благодарны Н.П. Домре (БПИ ДВО РАН) за обработку спорово-пыльцевых проб, нашему безвременно ушедшему наставнику В.А. Красилону (ПИН РАН, Университет Хайфы) за обсуждение палеоботанических проблем, С.И. Алексееву (БПИ ДВО РАН) за организацию полевых работ, В.И. Подольяну и Н.И. Иванову (ОО «Дальвостуглеразведка») за содействие в изучении угленосных отложений Приморья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бугдаева Е.В., Маркевич В.С., Вольнец 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. тр. / ред. Е.Ю. Барабошкин, В.С. Маркевич, Е.В. Бугдаева, М.А. Афонин, М.В. Черепанова. Владивосток: Дальнаука, 2014. С. 70–72.

2. Ковалева Т.А., Маркевич В.С., Бугдаева Е.В., Вольнец Е.Б., Афонин М.А. Новые данные по палиностратиграфии липовцевой свиты Раздольненского бассейна (Южное Приморье) // Тихоокеан. геология. 2016. Т. 35, № 1. С. 54–65.
3. Красилов В.А. Раннемеловая флора Южного Приморья и ее значение для стратиграфии. М.: Наука, 1967. 363 с.
4. Криштофович А.Н. Открытие древнейших двудольных покрытосеменных и эквивалентов потомакских слоев на Сучане в Уссурийском крае // Изв. Геол. ком. 1929. Т. 48, № 9. С. 113–124.
5. Криштофович А.Н. Открытие эквивалентов нижнеюрских пластов Тонкина в Уссурийском крае // Материалы по геологии и полезн. ископаемым Дальнего Востока. 1921. Вып. 22. С. 1–30.
6. Маркевич В.С. Меловая палинофлора севера Восточной Азии. Владивосток: Дальнаука, 1995. 200 с.
7. Маркевич В.С., Ковалева Т.А., Нечаев В.П., Вольнец Е.Б., Бугдаева Е.В. Палиностратиграфия Пореченского угольного разреза (Раздольненский бассейн, Приморье) // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии: сб. науч. тр. Владивосток: Дальнаука, 2014. С. 204–207.
8. Палеопалинология. Т. 1. Методика палеопалинологических исследований и морфология некоторых ископаемых спор, пыльцы и других растительных микрофоссилий / ред. И.М. Покровская. Л.: Недра, 1966. 352 с.
9. Угольная база России. Т. 5. Кн. 1. Угольные бассейны и месторождения Дальнего Востока / ред. В.Ф. Череповский. М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1997. 371 с.
10. 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. Vol. 43, N 10. P. 1217–1229.
11. Wang P.-J., Chen Ch.-Ya., Liu H.-B. Aptian giant explosive volcanic eruptions in the Songliao Basin and north-east Asia: A possible cause for global climate change and OAE-1a // Cretaceous Res. 2016. Vol. 62. P. 98–108.