

Эволюция палинокомплексов отложений аллювиальной формации Байкальской рифтовой зоны в неогене

©2020 Т. Ф. Трегуб¹, М. А. Волков^{1✉}, А. И. Хасан^{2,3}, А. Аль Хамуд^{2,4}

¹*Воронежский государственный университет,
Университетская пл., 1, 394018, Воронеж, Российская Федерация*

²*Иркутский государственный университет,
Карла Маркса, 1, 664003, Иркутск, Российская Федерация*

³*Университет Аль-Баас, г. Хомс, Сирия*

⁴*Университет Аль-Фурат, Дейр Эз-Зор, Сирия*

Аннотация

Введение: В настоящее время остается не решенной проблема выделения стратонев в осадочных отложениях неогенового периода территории Байкальской рифтовой зоны. Для решения этого вопроса необходимо провести сопоставление результатов палинологических исследований отложений позднего кайнозоя Восточных Саян и южного побережья озера Байкал и их систематизацию в хронологическом ряду палеогена-неогена.

Методика: Все образцы обрабатывались по сепарационному методу Гричука, который включает: обработку 10% соляной кислотой (HCl), щелочью (NaOH), плавиковой кислотой (HF) и тяжелой жидкостью (KJ+CdJ+H₂O). После обогащения мацерат просматривался под микроскопом с увеличением x400-x600. Принадлежность спор и пыльцы к секциям, родам и видам определялась по признакам морфологического строения экзины, энтины, апертурного аппарата, пор и наличия борозд.

Результаты и обсуждение: Описанный палинологический материал отложений озерно-аллювиальной формации южного побережья Байкала и осадочных образований, перекрытых базальтами тиссинской серии на территории Восточных Саян, сопоставлен с данными стратотипических разрезов прилегающих регионов. Это позволило обосновать соответствие полученных данных стратиграфическим рубежам региональной схемы неогена. В эоцене в общем составе пыльцы преобладают покрытосеменные. Последний этап олигоцен характеризуется преобладанием голозерных. В нижнем миоцене также преобладает пыльца голозерных, но в отличие от олигоцена увеличивается количество пыльцы покрытосеменных. Для среднего миоцена характерно богатое видовое разнообразие пыльцы как покрытосеменных, так и голозерных пород. В плиоцене ведущее значение занимает пыльца голозерных.

Заключение: Детальный анализ состава палинокомплексов позволил впервые обозначить наличие на данной территории отложений палеогеновой системы и выстроить в хронологическом ряду спорово-пыльцевые комплексы неогена. На основе палинологических исследований в Байкальской рифтовой зоне, определены хронологические рубежи базальтовых покровов тиссинской серии, в рамках миоцена-нижнего плиоцена. А также возрастные границы толщ и свит озерно-аллювиальной формации южного побережья Байкала в рамках верхнего эоцена-нижнего плиоцена.

Ключевые слова: Байкальская рифтовая зона, палинологические комплексы, стратиграфия, неогеновая система.



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

✉ Волков Максим Андреевич, E-mail: 1994vomaan@mail.ru

Для цитирования: Трегуб Т. Ф., Волков М. А., Хасан А. И., Хамуд А. Аль. Эволюция состава палинокомплексов для отложений аллювиальной формации Байкальской рифтовой зоны в неогене // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология*. 2020. №1. С. 39–50. DOI: <https://doi.org/10.17308/geology.2020.1/2512>

Источник финансирования: Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ №18-35-00417 мол_а.

Введение

Проблема выделения стратонов в осадочных отложениях неогенового периода для территории Байкальской рифтовой зоны до настоящего времени до конца не решена. С целью комплексного изучения разрезов неогена данной территории в течение последних лет в биостратиграфической лаборатории Воронежского государственного университета проводились палинологические исследования осадочных отложений ряда обнажений и скважин. В ходе работ были изучены спорово-пыльцевые комплексы из отложений восьми разрезов на территории Восточного Саяна и в долинах рек Баргузин и Мишиха. Обоснование хронологической приуроченности палинокомплексов проводилось на основе сопоставления с палинологическими материалами стратотипических разрезов прилегающих регионов: Восточно-Сибирского, Северо-Восточного и Восточно-Азиатского [1, 2, 3]. Полученные результаты позволили обосновать возраст отложений выделяемых толщ и свит в соответствии с региональной стратиграфической схемой неогена.

Методика

Для получения палинологических материалов на территории южного побережья озера Байкал анализировались озерно-аллювиальные отложения двух обнажений северной и южной Мишихи и отложения разреза скважины 545 в речной долине Баргузин.

Краткие сведения о литологическом составе изучаемых отложений позволили использовать эти материалы для построения разрезов и спорово-пыльцевых диаграмм в соответствии с составом палинокомплексов с целью обоснования хронологических рубежей накопления отложений дотонхойской толщи, танхойской и ановоской свит [4].

В пределах Восточных Саян изучались осадочные отложения, перекрытые базальтовыми покровами тиссинской серии, которая объединяет три свиты: сорокскую, хирписинскую и хирбэсинскую. Валидные спорово-пыльцевые комплексы выделены из отложений пяти разрезов (обнажения 128, 123, 1137 и 5029-две расчистки). Богатый палинологический материал обеспечил детализацию стратиграфических границ, выделяемых свит тиссинской серии [5] (рис. 1).

Состав палинологических комплексов, выделенных из отложений вышеописанных разрезов, представлен в графическом выражении на спорово-пыльцевых диаграммах. Анализ изменений общего состава и вариаций отдельных компонентов позволил выделить на спорово-пыльцевых диаграммах палинологические зоны и подзоны, что в свою очередь обеспечило возможность выстроить палинологические данные в хронологическом ряду стратиграфической схемы неогеновой системы.



Рис. 1. Местоположение изучаемых объектов.
[Fig. 1. Location of the studied objects.]

Результаты и обсуждение

Отложения северной и южной частей разреза Мишиха геологами Иркутского государственного университета первоначально рассматривались в пакетах последовательного накопления. Полученные палинологические материалы выявили их сложное геологическое строение. Краевые участки обнажения северной части разреза содержали палинокомплексы более древнего возраста, нежели в его центральной части. Для детального обоснования подобного вывода были

проанализированы дополнительные образцы в разрезе северной части. Эти материалы позволили обосновать существование в разрезах Мишиха синклинали складки с наклонной осью.

На сводной диаграмме двух обнажений разреза Мишиха отражены изменения основного состава палинокомплексов и соотношения отдельных компонентов, что позволило выделить 3 палинозоны, которые отражают тренд формирования палинофлоры в течение накопления изучаемых осадков (рис. 2).

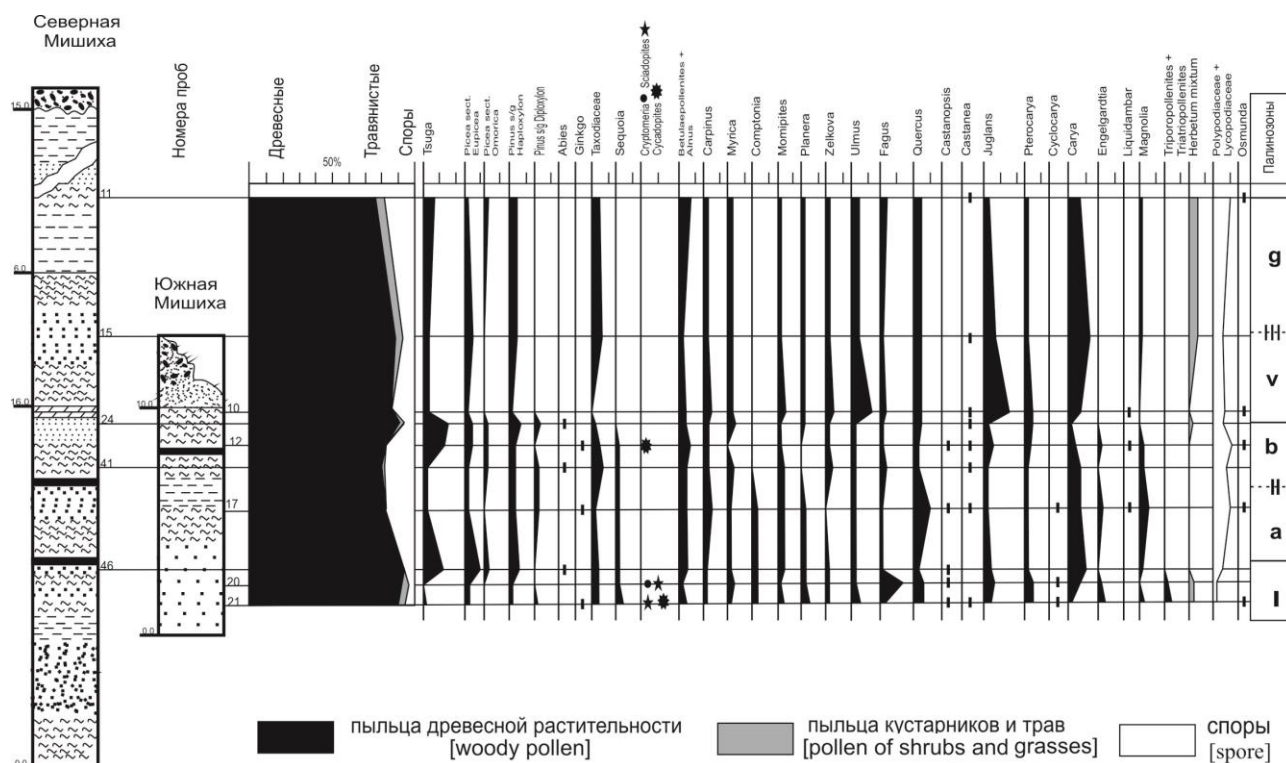


Рис. 2. Спорово-пыльцевая диаграмма разрезов северная и южная Мишиха.
[Fig. 2. Spore-pollen diagram of sections North and South Mishikha.]

Палинозона I обособлена на основании максимального количества пыльцы родов *Fagus* и *Myrica*, а также присутствия реликтов, относящихся к родам *Cryptomeria* и *Sciadopites*, характерных для палинофлор олигоцена. В целом палинокомплексы имеют большое видовое разнообразие, как пыльцы голосеменных растений, так и покрытосеменных. Элементы травянистой растительности представлены единичными зёрнами и к концу этапа исчезают из общего состава. Споры не многочисленны и отмечены в начале палинозоны. Представлены споровые растения семействами *Polypodiaceae* и *Lycopodiaceae*, роль которых возрастает к концу зоны.

Палинозона II обособлена на основании максимального количества пыльцы родов *Fagus* и *Myrica*, а также присутствия реликтов, относящихся к родам *Cryptomeria* и *Sciadopites*, характерных для палинофлор олигоцена. В целом палинокомплексы имеют большое видовое разнообразие, как пыльцы голосеменных растений, так и покрытосеменных. Элементы

травянистой растительности представлены единичными зёрнами и к концу этапа исчезают из общего состава. Споры не многочисленны и отмечены в начале палинозоны. Представлены споровые растения семействами *Polypodiaceae* и *Lycopodiaceae*, роль которых возрастает к концу зоны.

Состав комплексов I палинозоны позволил предварительно датировать данный интервал разреза эоцен-олигоценным возрастом.

Во II палинозоне так же, как и в I в составе палинокомплексов наблюдается разнообразие состава пыльцы обеих групп палинофлор. Но в отличие от первой палинозоны здесь возрастает значение спор. Палинозона выделена, на основании максимальных значений пыльцы рода *Tsuga*, с видовым разнообразием, и семейства *Taxodiaceae*.

Состав палиноспектров позволил выделить в данной зоне две подзоны a и b. Подзона a обособлена на основании большого количества в нижней части пыльцы родов *Tsuga* и *Picea*, а в поздние этапы – пре-

обладания пыльцы родов *Quercus* и *Carya* (с видами характерными для позднего олигоцена). Подзона **в** обозначена на основе максимальных значений пыльцы семейства *Taxodiaceae* и рода *Tsuga* с видовым разнообразием. Среди покрытосеменных пород доминирует пыльца семейства *Juglandaceae* (*Juglans*, *Pterocarya*, *Carya*). Палиноспектры подзоны **а** по данным состава можно отнести к нижнему миоцену, а спорово-пыльцевые спектры подзоны **б** рассматривать как переходные от нижнего к верхнему миоцену.

Палинозона **III**, в целом, характеризуется более бедным составом спор и пыльцы, как на видовом, так и на родовом уровнях по сравнению с **I** и **II** палинозонами. Кроме этого, в данной зоне было встречено гораздо большее количество пыльцы травянистых растений. На основе изменений в составе палинокомплексов были выделены две подзоны **в** и **г**.

Подзона **в** характеризуется резким преобладанием пыльцы трех родов: *Ulmus*, *Juglans*, *Carya* на фоне снижения роли пыльцы голосеменных пород, вероятно, данный этап отразил одну из фаз миоценового оптимума. В подзоне **г** наблюдается снижение количества пыльцы родов *Ulmus*, *Juglans*, *Carya*. В целом количества пыльцы покрытосеменных и голосеменных имеют близкие значения. На данном этапе возрастает количество пыльцы травянистой растительности и спор. Состав палинокомплексов подзоны **г** можно рассматривать как переходный этап от среднего к верхнему миоцену.

После проведенных исследований возникли вопросы с хронологической принадлежностью свит и толщ северной части Мишихинского разреза. Для подтверждения полученных данных было дополнительно изучено 7 образцов. Полученные данные представлены в таблицах (табл. 1, 2). Спорово-пыльцевые комплексы проб СП 3, СП 52 и D-2 по составу близки. В составе пыльцы голосеменных пород преобладают таксодиевые и секвойи, видовое разнообразие пыльцы хвойных пород отмечается лишь в пробе СП 52.

Табл. 1. Количество спор и пыльцы по дополнительным пробам северной Мишихи
[Table 1. The number of spores and pollen from additional samples Northern Mishikh]

Систематический состав [Systematic composition]	2091 СП-49	2091 СП-10
1	2	3
Споры мхов и папоротников [Spores of mosses and ferns]	11.4	7.2
<i>Riccia</i> sp.		0.5
<i>Coniopteris</i> sp.	0.5	
<i>Selaginella</i> sp.	0.5	
<i>Sporites</i> aff. <i>durabilis</i> (D-Hrebn.) Kul.	2.8	
Polypodiaceae в том числе: <i>Laevigatosporites</i> haardtii (R. Pot. et Ven.) Th. et Pf.	6.6	5.2
Lycopodiaceae	0.5	0.5
<i>Ophioglossum lineare</i> (Kr.) Lubm.		0.5
<i>Osmunda</i> sp.		0.5

Продолжение Табл. 1
[Continued Table 1]

1	2	3
<i>Sphagnum regium</i> Drozh.	0.5	
<i>Schagnum</i> sp.		0.5
Пыльца голосеменных растений [The pollen of gymnosperms]	39.8	42.2
<i>Tsuga .crispa</i> Zakl.	4.3	4.7
<i>T. canadensis</i> (L.) Corre	2.4	3.3
<i>T. acicularis</i> Kupt.	2.4	4.3
<i>Picea</i> sect. <i>Eupicea</i>	2.4	4.4
<i>Picea</i> sect. <i>Omorica</i>	2.4	1.2
<i>Picea</i> aff. <i>tobolica</i> Pan.		2.8
<i>Picea</i> sp.		0.4
<i>Pinus</i> s/g <i>Haploxyylon</i>	2.8	4.7
<i>P. sect. Cembra</i>	3.7	
<i>Pinus cembraeformis</i> Zakl.		2.8
<i>Pinus thunbergii</i> Parl.		1.4
<i>Pinus</i> sect. <i>Mirabilis</i>		1.9
<i>Taxodium distichiformis</i> Zhezhel.	7.1	2.8
Cupressaceae	1.9	
<i>Sequoia sempervirens</i> Zherhel	4.3	2.4
<i>Sciadopitys tuberculata</i> Zakl.	1.4	
<i>Keteleeria microreticulata</i> Anan.	0.9	1.4
<i>Podocarpus gigantea</i> Zakl.		2.3
<i>P. spicatus</i> R. Br.		0.4
<i>Larix daurica</i> Turcs.	0.5	
<i>Sparganium</i> sp.	3.3	1.0
Пыльца покрытосеменных древесных пород [Pollen of angiosperms]	46.9	47.1
<i>Betulaepollenites</i> sp.	2.4	3.8
<i>Carpinus perfectus</i> Pan.	1.9	1.9
<i>Alnus pre-cordata</i> Simps.	2.8	2.9
<i>Zelkova</i> sp.		0.5
<i>Planera herbidica</i> Simps.		2.4
<i>Ulmus crassa</i> Pan.	1.9	1.4
<i>Myrica hartwegiformis</i> Boitz.		2.8
<i>Myrica</i> sp.	0.9	
<i>Comptonia aborigena</i> Gladk.	0.9	4.3
<i>Momipitys punctatus</i> Nagy	1.4	
<i>Quercus williamsonia</i> Trav.		1.4
<i>Q. ovalis</i> Pan.	0.9	
<i>Q. pokrovskajae</i> Pan.	1.8	
<i>Fagus silvatica</i> L.	0.9	
<i>F. parvifossilis</i> Trav.	0.9	1.4
<i>Fagus</i> sp.	0.5	0.9
<i>Juglans polyporata</i> Vojc.	3.5	6.7
<i>J. jondonica</i> Bolot.	1.4	
<i>Engelhardtia quieta</i> (R. Pot.) El-sik.	1.9	1.4
<i>Platycarya strobilaceae</i> S. et Z.	0.6	0.5
<i>Carya lacera</i> Kor.	5.7	
<i>C. ordinaria</i> Pan.	1.4	
<i>C. simplex</i> Pan.	2.4	
<i>C. spackmania</i> Trav.		5.2
<i>Carya</i> sp.		0.5
<i>Pterocarya hupehensiformis</i> Bolot.	1.4	2.3
<i>P. fraxinifolia</i> (Lam.) Spach.	0.9	
<i>Cyclocarya cycloptera</i> (Scht.) Iljinsk.	1.4	1.1
<i>Cyclocarya</i> sp.	0.9	

Продолжение Табл. 1
[Continued Table 1]

1	2	3
Liquidambar brandonensis Trav.	3.6	1.4
Liquidambar sp.		1.4
Castanopsis pseudocingulum (R. Pot.) Boitz.	0.9	
Castanopsis crenataeformis Samig.	0.5	
Moraceae Humulus sp.		0.9
Milfordia incerta (Th. et Pfl.) Kr.		0.5
Magnolia delicate Lubm.		0.5
Corylopsis mtchedlishviliae Lubm.		0.5
Triporopollenites robustus Pfl.	2.8	
Salix caprea L.	0.5	
Пыльца трав [Grass pollen]	1.9	2.4
Ericaceae	1.4	2.4
Onograceae	0.5	
Всего сосчитано зерен [Total number of grains counted]	211 шт.	210 шт.

Табл. 2. Количество спор и пыльцы по дополнительным пробам северной Мишихи
[Table 2. The number of spores and pollen from additional samples Northern Mishikh]

Систематический состав [Systematic composition]	Обр. 2091 СП-3	Обр. 2091 Д-2	Обр. 2091 СП 52
1	2	3	
Водные [Water]	0.5		
Planctonites	0.5		
Споры мхов и папоротников [Spores of mosses and ferns]	5.9	5.9	34.1
Coniopteris sp.		0.8	
Sporites aff. durabilis (D-Hreb.) Kul.	0.5	0.4	
Polypodiaceae	1.5	3.5	6.7
Lysoptodiaceae	1.4	0.4	2.9
Pteridaceae	0.9		
Osmunda sp.		0.8	0.5
S. regium Drozh.	2.5		1.0
Пыльца голосеменных растений [The pollen of gymnosperms]	13.8	24.1	34.1
Ginkgo sp.		0.8	
Tsuga crispa Zakl.		0.4	3.8
T. canadensis (L.) Corre	0.6		1.0
Picea sect. Eupicea		1.4	3.0
Pinus s/g Haploxyton	2.5	0.8	6.7
Pinus cristata Pan.		0.4	
Dacrydium sp.			0.5
Taxodium distichum (L.) Rich.	5.9	7.2	5.4
Taxodium sp.		0.8	
Cupressaceae			1.4
Sequoia semperviriformis Zherl	3.9	5.2	3.0
Keteleeria sp.			3.4
Podocarpus dacrydioides A. Rich.		0.8	1.0
P. libellus (R. Pot.) Lubm.			1.0

Продолжение Табл. 2
[Continued Table 2]

1	2	3	4
Podocarpus gigantea Zakl.			2.0
Sciadopitys tuberculatus Zakl.			1.9
Sparganium sp.	0.9	6.3	
Пыльца покрытосеменных древесных пород [Pollen of angiosperms]	78.8	68.7	54.8
Betula sp.	1.8	4.9	1.9
Carpinus granulatus Naryk.	0.9		
Carpinus sp.	2.5	1.3	0.5
Alnus pre-cordata Simps.	5.4	4.6	3.8
Zelkova sp.	2.0	1.3	0.5
Planera herbida Simps.		0.4	
Ulmus inaequaliarcuata Trav.		3.8	
Ulmus sp.	2.5		
Celtis parviporata Lubm.			2.4
C. cheganica Lubm.			1.9
Celtis sp.	1.8		
Ulmoideipites planeraeformis Anders.	4.4	2.9	2.0
Myrica pseudogranulata Gladk.	1.5		
M. diversa Gladk.	2.5		
M. hartwegiformis Boits.		3.4	1.9
M. lubomirovae Gladk.	3.9		
Myrica sp.	1.0		0.5
Comptonia aborigena Gladk.		6.8	
C. podograria Gladk.			2.0
C. compacta Gladk.	0.9		
Quercus gracilis Boitz.			0.5
Q. aff. conferta Boitz.	3.9	0.4	1.0
Q. williamsonia Trav.		1.7	
Fagus parvifossilis Trav.		1.6	
Fagus sp.		0.8	
Juglans sieboldianiformis Vojc.			0.5
Juglans sibirica Vojc.	5.9		5.3
J. orbiculata Vojc.	1.5		
J. polyporata Vojc.		3.4	2.9
Platycarya plicata (R. Pot.) Elsik.			0.5
Platycarya strobilaceae S. et. Z.	0.9		
Platycaryapollenites irregularis W. Kr.	1.5		
Carya punctata Mart.	3.9	3.8	5.8
C. simplex (R. Pot et Ven.) Esik.			
C. glabraeformis Boitz.	4.4		3.5
C. spackmania Trav.		2.1	
Carya sp.	0.9		
Pterocarya hupehensiformis Bolot.	3.4	2.5	
Pterocarya sp.	1.4		4.8
Engelhardtia sp.		4.6	
Cyclocarya cycloptera (Schl.) Pjinsk.	0.5	0.8	
Liquidambar brandonensis Trav.		0.8	
Liquidambar sp.			1.0
Hamamelis scotica Simps		0.4	
Castanea vachrameevii Bolch.		1.7	
Castanopsis crenataeformis Samig.		0.4	
Castanopsis sp.	0.9	0.8	

Продолжение Табл. 2
[Continued Table 2]

1	2	3	4
Vitis sp.		1.7	
Magnolia aff. fenestrata Lubm.		0.4	
Magnolia sp.	0.5	1.3	
Palmae	2.5	1.7	1.9
Moraceae	5.5	0.4	1.5
Humulus sp.		1.3	
Milfordia incerta (Th. et Pfl.) Kr.	0.5	2.1	
Nyssa sp.	1.4		
Corylopsis mtchedlichviliae Lubm.	1.5		
C. crassa Lubm.	0.4	0.4	1.0
C. princeps Lubm.			0.5
Sabal turgaica Boitz.			0.5
Ilex fimedia Th. et Pfl.	0.5		
Liquidambar brandonensis Trav.		0.8	
Liquidambar sp.	0.5		0.5
Tilia pseudinstructa (Mai) I. Kulk.		0.4	
Reevesiapollis sp.	0.9		
Sterculia sp.	0.5	0.4	
Triatriopollenites plicatus Pfl.	4.0	0.4	
Tripoporopollenites robustus Pfl.	1.5	1.7	
Tricolporopollenites sp.			2.4
Tricolporopollenites liblarensis (Thoms.) Pfl.			1.0
Reevesiapollis lubomirovae (I. Kulk.) Lubm.			0.5
Trudopollis pompeckji (R. Pot.) Lubm.			2.0
Salix caprea L.		1.3	
Пыльца трав [Grass pollen]	1.5	1.3	
Typhaceae	0.5		
Ericaceae		0.8	
Onagraceae	1.0	0.5	
Всего сосчитано зерен [Total number of grains counted]	203 шт.	237 шт.	208 шт.

Богатый родовой и видовой состав пыльцы покрытосеменных древесных пород, а также наличие таких формальных родов как *Triatriopollenites*, *Tripoporopollenites* и вида *Ulmoideipites planeraeformis* позволяет коррелировать данную часть разреза с комплексами из отложений стратотипических разрезов, относящихся к переходным этапам нижнего и среднего эоцена.

Отличия в составе комплекса пробы СП 52 следующие: кроме разнообразия хвойных пород, где отмечено заметное участие пыльцы таких родов как: *Keteleeria* и *Podocarpus*, резко снижаются значения вида *Ulmoideipites planeraeformis* и начинает преобладать пыльца рода *Juglans*, что характерно для отложений верхнего эоцена-нижнего олигоцена.

Спектры проб СП 49 и СП 10 близки по составу, характеризуются примерно равным содержанием пыльцы голосеменных и покрытосеменных пород. Беднее становится состав пыльцы древесных растений и преобладает пыльца семейства *Juglandaceae*, где заметная роль отводится роду *Carya*. Наличие в

спектре СП 10 заметного количества пыльцы рода *Comptonia*, может свидетельствовать о небольшой разнице в возрасте изучаемых отложений. Так отложения, опробованные пробами СП 10 и СП 49, накапливались в позднем олигоцене, но пачка отложений, где отобрана проба СП 10, формировалась немного раньше, чем осадки пробы СП 49.

Все вышеизложенное подтверждает, что отложения разреза северной части Мишихи формировались в эоцен-олигоцен-миоценовое время.

Палинологический материал для разреза скважины 545 в соответствии с вариациями состава комплексов объединил 4 палинозоны (рис. 3).

Главным признаком выделения I палинозоны является наличие в составе голосеменных пород пыльцы рода *Podocarpus*, а для покрытосеменных – рода *Comptonia*. Пыльца родов *Cedrus* и *Sterculia* вероятнее всего присутствовала в составе спектров уже в качестве реликтов. Пыльца данных родов исчезает на границе позднего олигоцена раннего миоцена. На основании вышеизложенного, отложения I палинозоны можно рассматривать как фрагмент последнего этапа олигоцена или раннего миоцена.

Во II палинозоне состав пыльцы покрытосеменных пород и его вариации позволил выделить две подзоны – а и б. В целом для палинозоны характерно возрастание доли участия в составе спектров пыльцы родов *Magnolia*, *Engelhardtia*, *Carya*, *Pterocarya*, *Juglans*, *Quercus*, *Fagus*, *Momipites*, *Myrica*, *Carpinus*. В составе голосеменных пород появляется пыльца рода *Larix* и пыльца семейства *Taxodiaceae*. Состав выделенных палинофлор позволяет рассматривать возраст отложений II палинозоны в объеме раннего миоцена. Подзона а выделяется на основе максимальных значений таких родов как: *Carya*, *Pterocarya*, *Juglans*, *Myrica*, *Carpinus*, а так же появления пыльцы рода *Momipites* и исчезновения пыльцы рода *Comptonia* в составе палинокомплексов. Кроме этого, в данной подзоне, отмечены пыльцевые зерна реликтов *Liquidambar*, *Moraceae*, *Ilex*, которые выше по разрезу не зафиксированы. Подзона б фиксируется появлением таких родов как: *Quercus* и *Magnolia*, и семейства *Taxodiaceae*. Кроме этого отмечается возрастание количества пыльцы секции *Picea sect. Eupicea* и подрода *Pinus* s/g *Diploxylo*.

III палинозона характеризуется доминированием пыльцы голосеменных растений, но в отличие от первых двух палинозон, здесь количество пыльцы родов *Podocarpus*, *Tsuga*, *Keteleeria* заметно уменьшается и исчезает в конце зоны. Главным показателем является пик содержания пыльцы родов *Fagus* и *Quercus*. Пыльца травянистых растений представлена разнотравьем, достигая максимального количества в разрезе. В составе спор отмечается максимум представителей семейств *Polypodiaceae* и *Osmundaceae*, но к концу зоны они практически исчезают из состава комплекса. Вышеописанный состав палинокомплексов хорошо коррелируется со спектрами стратотипических разрезов, как Западной Сибири, так и Восточно-Азиатского региона и характерен для начальных фаз среднего миоцена.

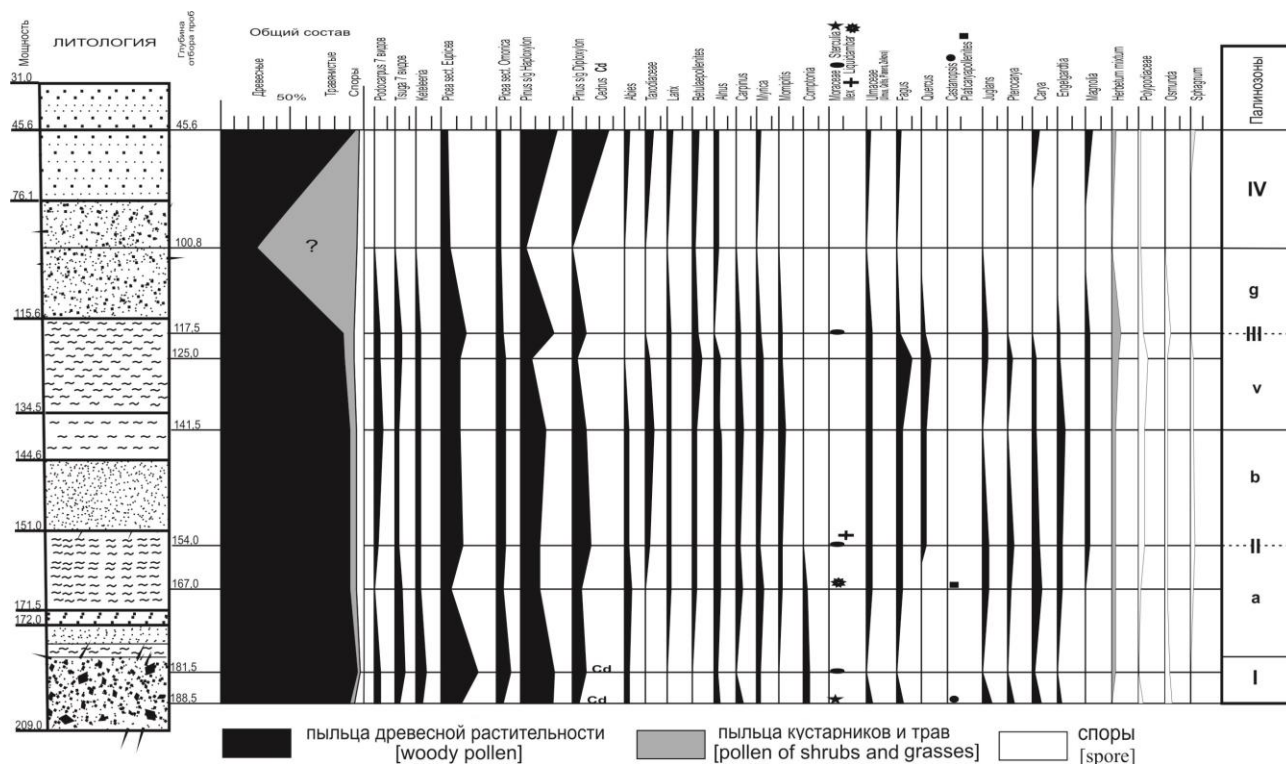


Рис. 3. Спорово-пыльцевая диаграмма разреза скважины 545.
[Fig. 3. Spore-pollen diagram of well section 545.]

В III палинозоне на основе изменения состава комплексов, выделено две подзоны v и g. Подзона v выделяется по максимальным значениям таких родов как: *Quercus*, *Fagus*. Так же увеличивается количество пыльцы *Alnus* и *Betulaepollenites*. Снижаются значения пыльцы голосеменных пород, а именно *Pinus*.

Подзона g выделяется условно на основе резкой деградации группы покрытосеменных растений с постепенным выпадением из состава большого количества элементов. Роль пыльцы голосеменных возрастает в начале подзоны, с последующим уменьшением, до полного исчезновения следующих родов: *Podocarpus*, *Tsuga*, *Keteleeria*. Возможно, данный этап отразил заключительные фазы среднего миоцена.

IV палинозона выделена условно. Зона характеризуется резким сокращением значений пыльцы как голосеменных, так и покрытосеменных. Пыльца покрытосеменных пород представлена минимальным количеством. В виде единичных зерен отмечены представители родов: *Mirica*, *Ulmacea*, *Fagus*, *Carya*, *Magnolia*. Подобный состав палинокомплексов описан для позднего миоцена-раннего плиоцена в стратотипических разрезах прилегающих регионов [1, 2, 3].

Результаты палинологических исследований при изучении разрезов обнажений 128 и 123 Восточного Саяна позволил, отобразить состав спорово-пыльцевых комплексов одной диаграммой, с выделением двух палинозон (рис. 4).

I палинозона характеризуется значительным преобладанием пыльцы голосеменных пород. В составе рода *Tsuga* определены три вида: *Tsuga aff. Ignicula*, *T.*

diversifolia, *T. canadensis*. При этом следует отметить, что вид *Tsuga acicularis* характерен для отложений олигоцена территории Дальнего Востока. В небольшом количестве отмечена пыльца рода *Podocarpus*. Пыльца ели принадлежит двум видам *Picea aff. alata* и *P. aff. media*, первый из них относится к более древней секции *Omorica*, виды которой ведут свое начало с середины палеогенового периода.

В составе пыльцы рода *Pinus* доминируют представители секций *Cembra*, *Strobus*, *Mirabilis*. В небольшом количестве отмечена пыльца сосен секций, более молодых, в хронологическом отношении: *Taeda*, *Banksia* и *Pitys*. В небольшом количестве присутствует пыльца рода *Abies* и в виде единичных зерен отмечена пыльца *Taxodium. sp.* В составе пыльцы покрытосеменных пород преобладает семейство *Juglandaceae*. Здесь, доминируют виды следующих родов: *Juglans*, *Pterocarya*, *Carya*. Группа травянистой растительности представлена пыльцой одного семейства – *Ericaceae*. Споры в I палинозоне немногочисленны и слагаются представителями семейств: *Polyodiaceae* и *Osmundaceae*.

Описанный состав палинокомплексов обеспечивает надежную корреляцию возраста отложений разреза 128 в объеме нижнего миоцена неогеновой системы.

Для II палинозоны характерно возрастание роли, а также видового разнообразия рода *Tsuga*. Одновременно увеличивается количество пыльцы семейств: *Fagaceae* и *Juglandaceae*, где доминантой выступает пыльца родов: *Quercus*, *Fagus*, *Juglans* и *Carya*. На этом фоне отмечается возрастание видового разнообразия

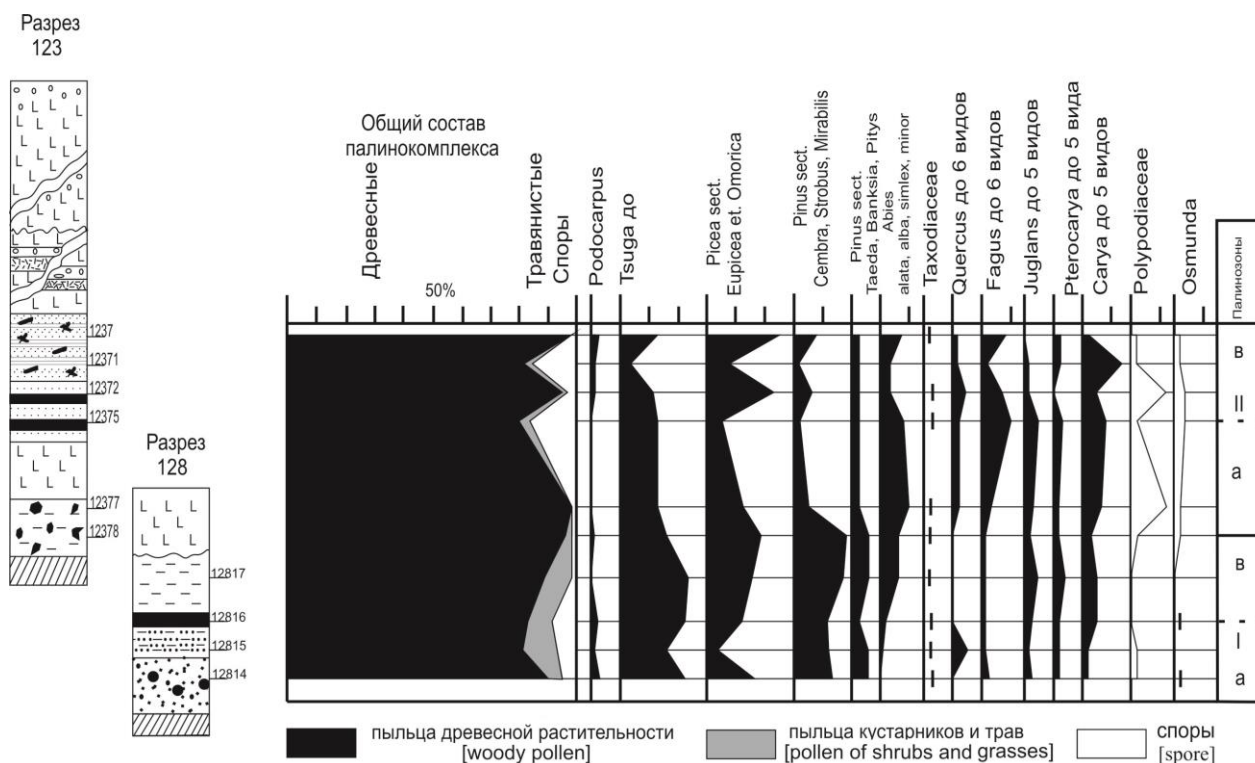


Рис. 4. Спорно-пыльцевая диаграмма для отложений разрезов 123, 128.
 [Fig. 4. Spore-pollen diagram for deposits of sections 123, 128.]

пыльцы рода *Carya*. В небольшом количестве отмечены элементы характерные для отложений олигоцена (*Cryptomeria japonica*, *Quercus williamsonia*, *Fagus japoniciformis*), что позволяет соотносить время накопления отложений с поздними стадиями нижнего миоцена.

Пыльца трав в обоих разрезах малочисленна и встречается в отдельных образцах. Состав спор складывается в основном семействами: *Polypodiaceae*, *Osmundaceae*.

Для двух расчисток разреза обнажения 5029 были получены палинокомплексы, богатого как родового, так и видового состава. На спорно-пыльцевой диаграмме выделены три палинозоны (рис. 5). В общем составе преобладает пыльца голосеменных растений. Покрытосеменные древесные породы представлены богатым видовым разнообразием пыльцы семейств: *Fagaceae* и *Juglandaceae*.

Для всех палинозон состав пыльцы голосеменных растений близок. Доминирует род *Pinus* и складывается пыльцой секций: *Cembra*, *Strobus*, *Mirabilis*. Характерным является большое количество пыльцы ели (секции *Eupiceae* и *Omorica*). Заметную роль в составе комплексов играет пыльца рода *Keteleeria*, а также отмечено видовое разнообразие пыльцы рода *Tsuga*. В различном соотношении встречается пыльца следующих видов рода *Tsuga*: *T. aff. acicularis*, *T. crispa*, *T. sieboldiiformis*, *T. Ignicula*, *T. aculeate*, *T. diversifolia*. Такой богатый видовой состав данного рода отмечен для оптимальных фаз среднего миоцена Южно-Азиатского региона.

В I палинозоне в составе пыльцы голосеменных пород отмечено присутствие единичных зерен таких элементов как: *Pinus peuce*, *P. exinata*, *P. Protocembra*, *P. exelsaeformis*, *P. aff. Rutenica*, *P. strobiformis*, *Picea aff. Alata*, *P. schrenkianaeformis*, *P. aff. media*, а также *Keteleeria aff. davidianaeformis*, *Podocarpus aff. Kazakhstanica*, *Abies mayriana*, которые характерны для нижнего миоцена, а на данном этапе вероятно имеют статус реликтов. Вышеописанный состав палинокомплексов свидетельствует о формировании нижней части разреза в ранние фазы среднего миоцена.

Богатый видовой состав покрытосеменных древесных пород II и III палинозон указывает на формирование изучаемых отложений в течение оптимальных фаз среднего миоцена. Наглядно это доказывают изменения видовой состава рода *Carya*, которые отражают хронологический переход от нижнего миоцена – *Carya spackmania*, *C. Alba*, *C. grandipollina* – к среднему – *Carya elegans*, *C. jonanica* – и затем к верхнему миоцену – *Carya oranica*. В небольшом количестве, но практически по всему разрезу в составе комплексов отмечена пыльца таких родов как: *Quercus*, *Fagus*, *Juglans*, *Pterocarya*, *Engelhardtia*, *Magnolia*. Во второй и третьей палинозонах появляется заметное количество пыльцы семейства *Ulmaceae* (два рода *Ulmus* и *Zelkova*). Травянистые растения представлены практически только пыльцой семейства *Ericaceae*. Споры относятся к семействам: *Polypodiaceae*, *Lycopodiaceae*, *Osmundaceae*, *Shpagnaceae*.

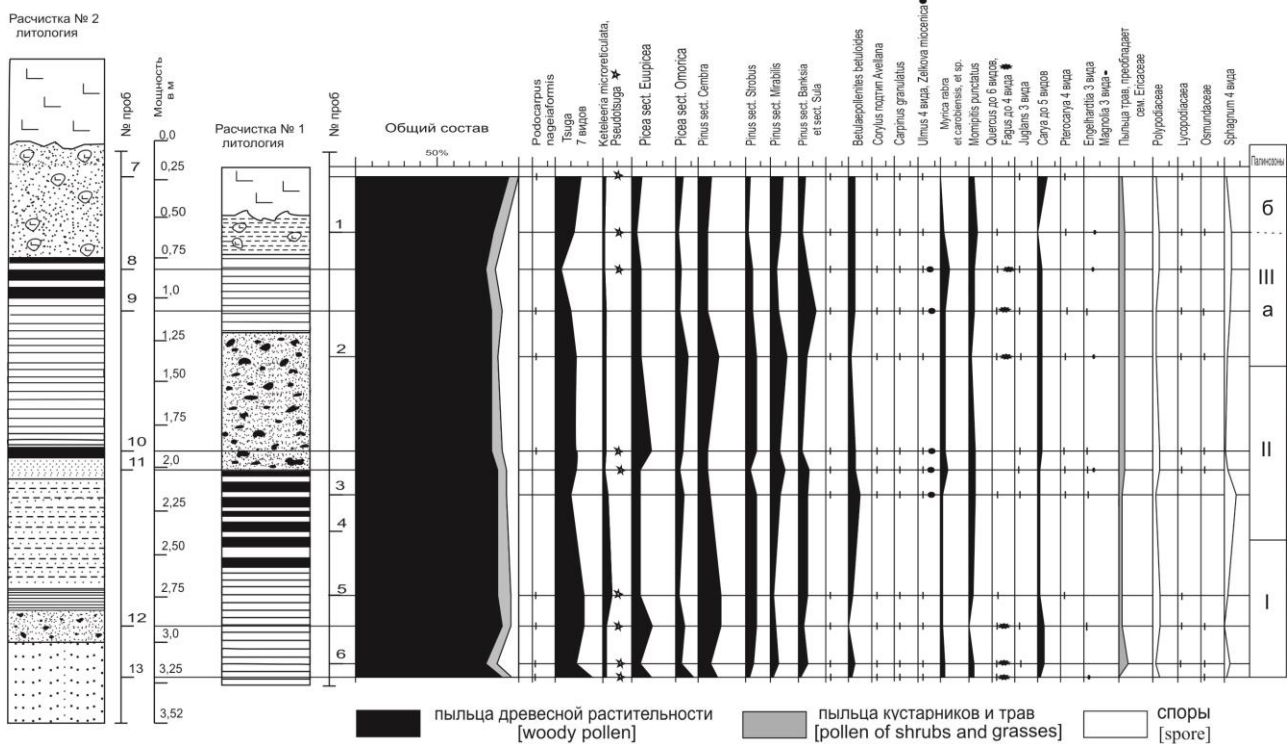


Рис. 5. Спорово-пыльцевая диаграмма для отложений разреза 5029.
[Fig. 5. Spore-pollen diagram for sediment in section 5029.]

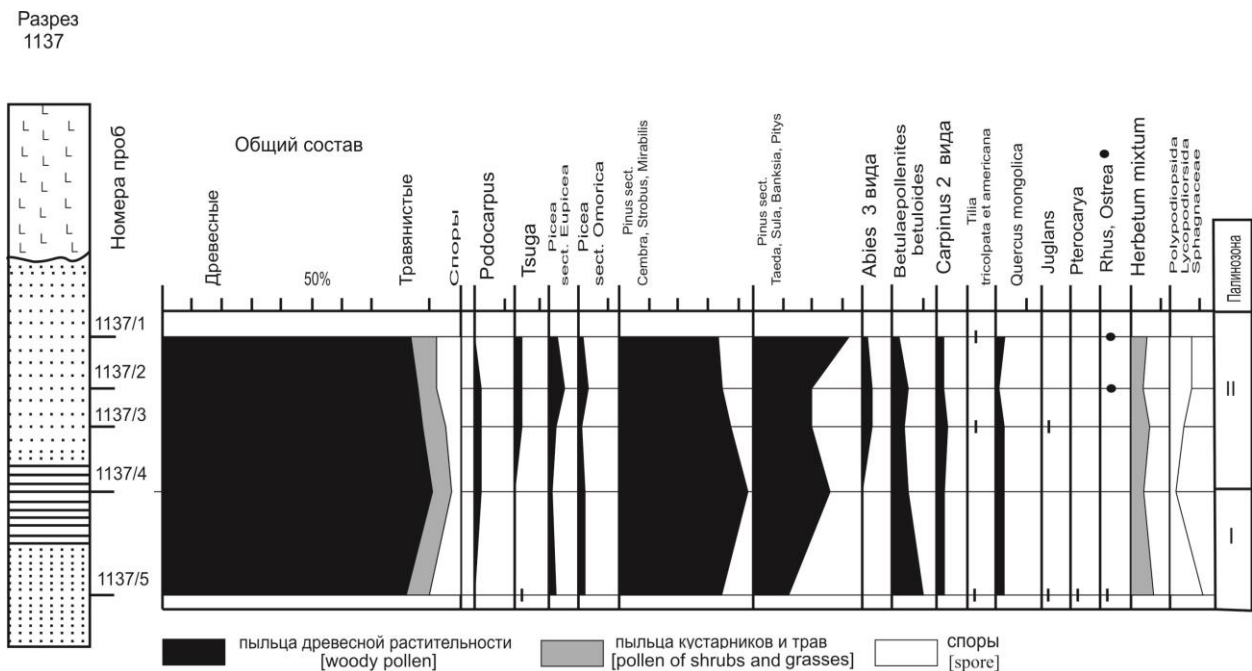


Рис. 6. Спорово-пыльцевая диаграмма для отложений разреза 1137.
[Fig. 6. Spore-pollen diagram for sediment in section 1137.]

Палинологические материалы, полученные по двум расчисткам разреза 5029, четко указывают на накопление осадочной толщи в ранние и оптимальные стадии среднего миоцена.

Для палинокомплексов разреза обнажения 1137, в целом характерно преобладание в составе пыльцы

голосеменных представителей рода *Pinus* (рис. 6). Пыльца покрытосеменных древесных пород играет второстепенную роль и представлена семействами *Betulaeapollinites* (родами *Alnus* и *Betula*), *Carpinaceae* (родом *Carpinus*), *Fagaceae* (родом *Quercus*).

Теплолюбивые элементы в своем большинстве

характерны для плиоценовых отложений, но на этом фоне отмечена пыльца таких видов как: *Quercus mongolica*, *Iglans jndonica*, характерных для отложений верхнего миоцена, которые могли существовать в ранге реликтов.

В целом состав палинофлор данного этапа становится значительно беднее по сравнению с вышеописанными палинофлорами из разрезов 1281, 1237, 5029. Возрастает разнообразие пыльцы травянистой растительности на уровне представителей семейств, что характерно для плиоцена. Описанный состав палинокомплексов свидетельствует о накоплении осадочной пачки отложений разреза 1137 в одну из стадий нижнего плиоцена.

Выводы

Детальный анализ состава палинокомплексов позволил впервые обозначить наличие на данной территории отложений палеогеновой системы и выстроить в хронологическом ряду спорово-пыльцевые комплексы неогена.

Для эоцен-олигоценых отложений, представленных в разрезах южной и северной Мишихи, характерно практически одинаковое количество пыльцы, как покрытосеменных, так и голосеменных пород, максимальное значение в разрезах пыльцы родов *Fagus*, *Mirica*, и значительное участие пыльцы рода *Carya*, а также наличие единичных зерен реликтов *Cryptomeria* и *Sciadopites* и незначительное количество пыльцы, принадлежащей к искусственной классификации.

Последний этап олигоцена охарактеризован в нижней части скважины 545 и в начальных частях разрезов 123 и 128. Для отложений данного этапа характерно преобладание пыльцы голосеменных растений, среди которой ведущее значение имеют представители подрода *Pinus s/g* *Harpoxylon* и секции *Picea sect. Eupicea*. Пыльца рода *Tsuga*, в течение накопления пачки отложений становится разнообразнее в видовом отношении. Так во II и III палинозонах скважины 545 зафиксировано до 7 видов данного рода. Кроме этого были встречены единичные зёрна пыльцы родов *Cedrus* и *Sterculia*, которые существовали в качестве реликтов.

Состав палинокомплексов из отложений разрезов 123 и 128 близок описанным комплексам из нижней части разреза 545 скважины. Различие заключается лишь в наличии в составе комплексов I палинозоны пыльцы рода *Cedrus*, что свидетельствует об отражении на спорово-пыльцевых диаграммах переходных фаз от олигоцена до первых стадий нижнего миоцена.

Отложения, миоценовый возраст которых обоснован палинологическими данными, представлен в разрезах скважины 545, обнажений 123 и северной и южной Мишихи.

Нижний миоцен, получил обоснование в разрезах северной, и южной Мишихи. Палинокомплексы характеризуются максимальным значением пыльцы таких видов как *Magnolia*, *Engelhardia* и *Quercus*, так же встречены единичные зёрна пыльцы семейств: *Castanea*, *Abies*, *Ginkgo*. В целом на данном этапе в разрезе

характерно незначительное преобладание пыльцы покрытосеменных пород над голосеменными.

В разрезе скважины 545 зафиксировано преобладание голосеменных пород над покрытосеменными. Кроме этого характерно наличие заметного количества пыльцы семейства *Taxodiaceae* и рода *Abies*. В составе покрытосеменных пород доминирует пыльца родов: *Mirica*, *Carpinus*, *Carya* и появляется пыльца родов *Quercus* и *Magnolia*.

Для палинокомплексов разреза обнажения 123 характерно примерно равное содержание пыльцы покрытосеменных и голосеменных пород. Среди покрытосеменных преобладает пыльца родов *Quercus*, *Fagus* и *Carya*. Наличие данных элементов может указывать на формирование данных отложений в поздние стадии нижнего миоцена-ранние стадии среднего миоцена

В целом для нижнего миоцена характерно преобладание пыльцы голосеменных пород. В отличие от олигоцена увеличивается количество пыльцы покрытосеменных растений, среди которых на ранних стадиях превалирует пыльца рода *Carya*, в поздние стадии возрастает роль пыльцы родов *Quercus* и *Fagus*. Среди голосеменных преобладает пыльца сосен подрода *Harpoxylon* и ели секции *Eupicea*.

Средний миоцен определён в разрезах обнажений 5029, северной и южной Мишихи и скважины 545. Палинокомплексы разреза обнажения 5029 ярко демонстрируют оптимум среднего миоцена. Только нижняя часть разреза формировалась в ранние этапы среднего миоцена. Для отложений 545 скважины этого времени характерно снижение значений пыльцы голосеменных растений.

Для разрезов северной и южной Мишихи палинокомплексы данного этапа представлены примерно равным количеством пыльцы голосеменных и покрытосеменных. Количество пыльцы рода *Carya* уменьшается, но остаётся ведущей формой. В целом можно предположить, что отложения данного этапа являются завершающей фазой среднего миоцена или начальной фазой верхнего миоцена

Для среднего миоцена характерно преобладание пыльцы голосеменных со значительным участием пыльцы покрытосеменных растений. Среди голосеменных пород увеличивается количество пыльцы сосен подрода *Diploxylon*, а также богаче становится видовое разнообразие пыльцы родов *Tsuga* и *Carya*.

Отложения, отнесенные к плиоцену, получили обоснование палинологическими данными для разреза обнажения 1137.

В составе палинокомплексов преобладает пыльца голосеменных пород, и заметная роль отведена пыльце травянистых растений. Среди голосеменных пород ведущее значение занимает пыльца сосен подрода *Harpoxylon*, при заметном участии – подрода *Diploxylon*.

Таким образом, палинологические исследования позволили обосновать и уточнить хронологические рубежи выделенных свит и толщ в местной стратиграфической схеме для озерно-аллювиальной форма-

ции, как для Восточных Саян, так и для южного побережья озера Байкал. Кроме этого на основе данных исследований были обоснованы стратиграфические рубежи базальтовых покровов тиссинской серии. Учитывая дискретность геологической летописи, материалы данной статьи отражают определенные стадии непрерывного изменения палинофлор неогена. Для получения последовательных изменений состава палинофлор работы данного направления следует продолжать с целью детализации стратиграфических рубежей кайнозоя Байкальской рифтовой зоны.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Болотникова М. Д. Спорово-пыльцевые комплексы третичных отложений западного побережья Японского моря. М.: «Наука». 1979. 194 с.
2. Томская А. И. Палинология Кайнозоя Якутии. М.: «Наука», Сибирское отделение. 1981. 220 с.
3. Фрадкина А. Ф. Палинофлоры неогена северо-востока Азии. М.: Наука. 1983. 224 с.
4. Рассказов С. В., Лямина Н. А., Черняева Г. П., Лузина И. В., Руднева А. Ф., Резанов И. Н. Стратиграфия кайнозоя Витимского плоскогорья. Новосибирск: Академическое изд-во Гео. 2007. 193 с.
5. Скопинцев В. Г., Трегуб Т. Ф. Актуальные проблемы современной палинологии // *Материалы XIV Всероссийской палинологической конференции*, Москва, 5–8 июня 2017. С. 331–335.

PALEONTOLOGY, LITHOLOGY, STRATIGRAPHY

UDC 551.7.553.982.23.051

ISSN 1609-0691

DOI: <https://doi.org/10.17308/geology.2020.1/2512>

Received: 03.02.2020

Accepted: 20.02.2020

Published online: 25.03.2020

The evolution of the palinocomplexes for alluvial formation sediments of the Baikal Rift Zone in the Neogene

©2020 T. F. Tregub¹, M. A. Volkov¹✉, A. I. Hassan^{2,3}, A. Al Hamoud^{3,4}

¹*Voronezh State University, 1 Universitetskaya pl., Voronezh, 394018, Russian Federation*

²*Irkutsk State University, 1 Karl Marks, Irkutsk, 664003, Russian Federation*

³*Al-Baath University, Homs, Syria*

⁴*Al-Furat University, Deir ez-Zor, Syria*

Abstract

Introduction: Currently the issue of identifying stratigraphic units in sedimentary deposits of the Neogene Period in the territory of the Baikal Rift Zone is not completely resolved. To settle this issue we need to compare the results of palynological research of the sediments of the late Cenozoic of the Eastern Sayan and the southern coast of the Baikal Lake and systematize them within the chronological line of the Paleogene and the Neogene.

Methodology: All samples were processed in accordance with Grinchuk's separation method, which includes: treatment with 10% hydrochloric acid (HCl), alkali (NaOH), fluoric acid (HF), and heavy liquid (KJ+CdJ+H₂O). After enrichment the macerate can be seen under a microscope with x400-x600 magnification. The affiliation of spores and pollen to sections, genera, and species was determined by the attributes of the morphological structure of exine, intine, aperture apparatus, pores, and the presence of furrows.



The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

✉ Maksim A. Volkov, E-mail: 1994vomaan@mail.ru

Results and discussion: The described palynological material of the deposits of lacustrine-alluvial formation of the southern coast of Baikal and sedimentary formations concealed under the basalts of the Tissa series in the territory of the Eastern Sayan was compared to the data from the stratotype sections of the neighbouring regions. This allowed us to substantiate the correspondence of the obtained data with the stratigraphic boundaries of the regional scheme of the Neogene. During the Eocene angiosperms prevailed in the general composition of pollen. The last stage of the Oligocene is characterized by the domination of gymnosperms. In the lower Miocene the pollen of gymnosperms prevailed as well, but in contrast to the Oligocene, the amount of angiosperm pollen increased. The wide variety of either angiosperm and gymnosperm pollen is typical for the middle Miocene. During the Pliocene the pollen of gymnosperms prevailed.

Conclusion: The detailed analysis of the composition of palynocomplexes allowed us for the first time to identify the presence of the Paleogene system deposits in this territory and to organize the spore-pollen complexes of the Neogene in chronological order. On the basis of the palynological research in the Baikal Rift Zone the chronological boundaries of the Tissa series were defined within the context of the Miocene and the lower Pliocene. The age limits of stages and suites of lacustrine-alluvial formation of the southern coast of Baikal within the boundaries of the upper Eocene and the lower Pliocene were also defined.

Keywords: Baikal Rift Zone, palynological complexes, stratigraphy, Neogene system.

For citation: Tregub T. F., Volkov M. A., Hassan A. I., Hamoud A. Al. The evolution of the palynocomplexes for alluvial formation deposits of the Baikal Rift Zone in the Neogene. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geologiya = Proceedings of Voronezh State University. Series: Geology*, 2020, No. 1, pp. 39–50. DOI: <https://doi.org/10.17308/geology.2020.1/2512>

Funding: The study was supported by a grant from the Russian Foundation for Basic Research No.18-35-00417 mol_a.

Conflict of interests: The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

REFERENCES

1. Bolotnikova M. D. *Sporvo-pyl'tsevye komplekсы tretichnykh otlozhenii zapadnogo poberezh'ya Yaponskogo morya* [Sporopollen complexes of the tertiary deposits of Western coast of the sea of Japan]. Moscow, Science publ, 1979, 194 p. (in Russ.)
2. Tomskaya A. I. *Palinologiya Kainozoya Yakutii* [Palynology the Cenozoic of Yakutia]. Moscow, Nauka publ., Siberian branch, 1981, 220 p. (in Russ.)
3. Fradkina A. F. *Palinoflora neogena severo-vostoka Azii* [Palynoflora of the Neogene of the North East Asia]. Moscow, Science publ, 1983, 224 p. (in Russ.)
4. Rasskazov S. V., Lyamina N. A., Chernyaeva G. P., Luzina I. V., Rudneva A. F., Rezanov I. N. *Stratigrafiya kainozoya Vitimskogo ploskogor'ya* [Stratigraphy of the Cenozoic of the Vitim plateau]. Novosibirsk: geo Academic publ., 2007, 193 p. (in Russ.)
5. Skopintsev V. G., Tregub T. F. Aktual'nye problemy sovremennoi palinologii [Actual problems of modern palynology]. *Materialy XIV Vserossiiskoi palinologicheskoi konferentsii* [Proceedings of the XIV all-Russian palynological conference], Moscow, 5–8 June, 2017, pp. 331–335. (in Russ.)

Tregub Tamara Fedorovna – к. г. н., старший научный сотрудник, Воронежский государственный университет, Воронеж, Российская Федерация; E-mail: ttregub108@yandex.ru; ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5814-1808>

Volkov Maxim Andreevich – аспирант, инженер, Воронежский государственный университет, Воронеж, Российская Федерация; E-mail: 1994vomaan@mail.ru; ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5342-8727>

Hassan Abdulmonem Issa – аспирант, Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия; ассистент, Университет Аль-Баас, Хомс, Сирия; E-mail: abdulmonemhassan86@gmail.com; ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4919-4937>

Al Hamoud Adnan – аспирант, Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия; ассистент, Университет Аль-Фурат, Дейр-Эз-Зор, Сирия; E-mail: hamoudadnan04@gmail.com; ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3648-699X>

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Tamara F. Tregub – PhD in Geography, senior researcher, Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation; E-mail: ttregub108@yandex.ru; ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5814-1808>

Maxim A. Volkov – postgraduate student, engineer, Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation; E-mail: 1994vomaan@mail.ru; ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5342-8727>

Abdulmonem Issa Hassan – postgraduate student, Irkutsk State University, Irkutsk, Russia; Assistant, Al-Baath University, Homs, Syria; E-mail: abdulmonemhassan86@gmail.com; ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4919-4937>

Adnan Al Hamoud – postgraduate student, Irkutsk State University, Irkutsk, Russia; Assistant, Al-Furat University, Deir ez-Zor, Syria; E-mail: hamoudadnan04@gmail.com; ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3648-699X>

All authors have read and approved the final manuscript.