

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И КЛИМАТ ЭОЦЕНА–МИОЦЕНА ВОСТОЧНОГО СИХОТЭ-АЛИНЯ ПО ДАННЫМ ПАЛЕОБОТАНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Д.А. Лопатина

Институт литосферы окраинных и внутренних морей РАН, г. Москва

На основе комплексного палеоботанического изучения макро- и микрофлор из семи местонахождений Прибрежного базальтового пояса Восточного Сихотэ-Алиня проведена реконструкция растительности и климата для конца среднего эоцена–позднего миоцена. В работе использовались три методики – методика актуалистических аналогий (сопоставления реконструируемых растительных группировок с современными), эколого-флористический анализ и методика построения климатограмм. В конце среднего эоцена–начале раннего олигоцена (флоры Сонье, Буй и Светловодная) климат был теплоумеренным, близким к субтропическому. В качестве лесообразующих в составе растительности выступали различные широколиственные листопадные и вечнозеленые породы со значительной примесью сосновых и таксодиевых. Для конца позднего олигоцена–начала раннего миоцена (флора Амгу) реконструируется теплоумеренный тип климата. В составе растительности преобладали разнообразные хвойные. На вторую половину раннего–начала среднего миоцена (флоры Демби, Великая Кема) приходится климатический оптимум с господством теплоумеренных условий, близких к субтропическим. На рассматриваемой территории произрастали смешанные широколиственные листопадные леса со значительным участием буковых, ореховых, таксодиевых и разнообразных вечнозеленых. В конце среднего–позднем миоцене (флора Ботчи) климат был теплоумеренным, но более прохладным по сравнению с климатом позднего олигоцена–раннего миоцена.

Ключевые слова: растительность, климат, эоцен, олигоцен, миоцен, Восточный Сихотэ-Алинь.

ВВЕДЕНИЕ

Палеоботанические данные широко используются для реконструкции растительности и климата. Существующие методики, описанные в работах В.П. Гричука, Е.Д. Заклинской, Л.А. Козьяр и др. [13, 14, 20], основываются на современной климатической приуроченности растений, остатки которых встречены в ископаемом состоянии. Важное значение при этих исследованиях имеет комплексный анализ крупномерных отпечатков растений и палинологических остатков. Автохтонный или гипавтохтонный генезис местонахождений растительных мегафоссилий позволяет реконструировать локальный тип растительности в пределах более широкого флористического фона, установленного по данным спорово-пыльцевого анализа.

Особый интерес представляют богатые по систематическому составу флоры Прибрежного базальтового пояса Восточного Сихотэ-Алиня. В настоящей работе приводится краткий обзор некоторых методик, используемых для реконструкций климата палеогена–неогена по палеоботаническим данным

и результаты их применения для флор конца среднего эоцена–позднего миоцена этой территории.

МЕТОДИКИ РЕКОНСТРУКЦИИ КЛИМАТА ПО ПАЛЕОБОТАНИЧЕСКИМ ДАННЫМ

При реконструкции климата по палеоботаническим данным проводится детальный анализ состава изучаемой флоры с фиксацией таксонов любого ранга, имеющих современных представителей, которые объединяются в группы по условиям существования. Обычно считается, что количественное содержание того или иного таксона в спорово-пыльцевом спектре в целом совпадает с его ролью в составе растительности и, таким образом, показателем изменения палеоклиматических условий является изменение количественного содержания таксонов в спектре. Безусловно, при реконструкции растительности необходимо принимать во внимание количественное содержание семейств и родов в спорово-пыльцевых комплексах (СПК). Однако формирование и сохранение комплексов спор и пыльцы является сложным процессом, обусловленным воздействием многих факторов (биологических, физико-географических,

литогенетических), в результате которого ископаемые спектры не всегда соответствуют составу растительности, послужившей источником их формирования.

Для реконструкций климата по палеоботаническим данным в настоящей работе используются три методики: методика актуалистических аналогий, эколого-флористический анализ и методика построения климатограмм. Наиболее часто для восстановления климата палеогена–неогена используется методика аналогий, когда реконструируемые растительные группировки сопоставляются с современными лесами, при этом температурные параметры современных аналогов считаются сходными с таковыми прошлых эпох [28, 30]. Наиболее близкой к третичной является современная растительность Восточной Азии, подробная характеристика которой приведена в работе Дж. Вулфа [29]. В частности, Дж. Вулф и Т. Танаи [30] сопоставляют растительность позднего селдовiana Аляски со смешанными северными лиственными лесами, произрастающими на Хонсю, Хоккайдо, в Корее и Приморье. А.Ф. Фрадкина [28], учитывая опыт этих исследователей, проводит реконструкцию климата палеогена–неогена Северо-Востока Азии. Однако следует отметить, что полную аналогию в составе третичных и современных лесов найти сложно, поскольку большинство родов, широко распространенных в палеогене и неогене, в настоящее время имеют разорванный ареал. Поэтому можно делать лишь приблизительные выводы об их сходстве. Л.А. Козяр [16, 20] отмечает, что совместное произрастание в настоящее время на одной территории ряда таксонов не означает, что они вместе произрастали раньше и обитали в подобных условиях. Современное распространение растений обусловлено взаимодействием ряда факторов – геологического, филогенетического, климатического, и по результатам этого взаимодействия нельзя судить об одном из них – климатическом.

Согласно методике эколого-флористического анализа, предложенной Л.А. Козяр [20], для восстановления палеоклиматических условий важна не фиксация изменений количественных показателей таксонов в СПК, а характеристика основных климатических факторов – влажности и температуры. В общем списке растений, установленном в результате полного палеоботанического исследования (изучения макро- и микроостатков) отдельного стратиграфического уровня, определяется содержание родов, относящихся к ксерофитам, мезофитам и группе растений мест избыточного увлажнения (гигрофитам и гидрофитам). Изучаемая ассоциация подразделяется на группы растений тропических и субтропических, теплоумеренных, умеренных и холодных областей.

Для характеристики климатических изменений вычисляются коэффициенты термофильности и влажности. Коэффициент термофильности определяется через отношение количества таксонов, приуроченных к тропическим и субтропическим областям, к суммарному количеству таксонов теплоумеренных, умеренных и холодных областей. Коэффициент влажности вычисляется по отношению количества таксонов гигрофитов и гидрофитов к числу мезофитов и ксерофитов. Подобные коэффициенты предлагались А.В. Гольберт и И.Д. Поляковой [11] и А.М. Лаптевой и др. [22], однако эти исследователи исходили из относительного содержания пыльцы в спектрах, а не из числа таксонов определенных эколого-географических групп растений.

Методика эколого-флористического анализа применялась Л.А. Козяр с соавторами для восстановления палеоклиматических условий времени формирования палеоген-неогеновых отложений нижнего течения р. Ангары [17], юго-запада Сибирской платформы [1], северо-западных районов Донбасса [19, 18], Северного Кавказа [20]. Она имеет два основных преимущества. Во-первых, учитываются роды растений, установленные в результате изучения как макро-, так и микроостатков. Во-вторых, с помощью этого метода возможна фиксация тенденций к изменениям растительности. Так, начало процесса потепления климата устанавливается по увеличению содержания в комплексе субтропических и тропических родов, тогда как в спорово-пыльцевых спектрах эти роды могут быть представлены единично. Использование объективных цифровых показателей, свидетельствующих о направлении и степени изменения палеоклиматических условий, позволяет более обоснованно делать палеогеографические и стратиграфические выводы.

Здесь также необходимо отметить, что методика эколого-флористического анализа вполне применима для областей с расчлененным рельефом (в частности, для Восточного Сихотэ-Алиня), что обусловлено влиянием вертикальной поясности в распределении растительных группировок. Но для обширных по площади низменностей (например, Западно-Сибирской), где вертикальные амплитуды рельефа не превышали нескольких десятков метров, важную роль играет также количественная характеристика таксонов в спорово-пыльцевых комплексах. Отмечено, что при похолоданиях в спектрах рассматриваемого региона возрастает количественное содержание сосновых и мелколиственных березовых.

Методика построения климатограмм, предложенная В.П. Гричуком [12, 13], заключается в том, что для каждого рода или вида растений – компонен-

тов данной флоры – строится график, на котором по вертикальной оси откладываются средние температуры самого теплого месяца (июля), по горизонтальной – температуры самого холодного (января). Кривая, проведенная по крайним точкам, определяет площадь поля температур того или иного таксона. При совмещении всех климатограмм, построенных для родов ископаемой флоры, устанавливается участок их климатических ареалов, общий для данного флористического комплекса и таким образом допускающий возможность совместного существования всех его компонентов. Для реконструкций климата четвертичного времени методом климатограмм анализируются виды растений. Для восстановления климата палеогена и неогена используются роды растений, поскольку большинство видов во флорах этого возраста либо являются вымершими, либо не могут быть со всей достоверностью признаны консpezifическими современным. В.П. Гричук с соавторами [13] рекомендуют использовать роды древесных растений, поскольку они в отличие от трав являлись доминантами растительных сообществ в рассматриваемый период и были в наибольшей степени подвержены воздействию регионального климата.

Методика построения климатограмм для палеоген-неогеновых флор применялась О.К. Борисовой для позднего эоцена Северного Казахстана и Восточных Кызылкумов [13], позднего эоцена-раннего олигоцена о. Котельного и северной части Западной Сибири [14], В.С. Волковой и И.А. Кульковой [9] для эоцена Западной Сибири, Т.В. Светлицкой [15] для нижнего сармата юго-запада Русской равнины, Н.Д. Коваленко [15] для нижнего эоцена, олигоцена и среднего миоцена юго-востока Русской равнины.

Общий недостаток всех перечисленных выше методик заключается в том, что экологическая приуроченность растений считается постоянной, что не совсем верно, так как она могла изменяться с течением времени. Кроме того, для восстановления климата палеогена-неогена обычно используются категории рода, тогда как в пределах одного рода (и даже вида) могут встречаться различные жизненные формы.

МАТЕРИАЛ

Материалом для настоящей работы послужили 55 образцов с отпечатками растений из коллекций ископаемой флоры семи местонахождений Восточного Сихотэ-Алиня, предоставленные заведующим лабораторией палеофлористики ГИН РАН профессором М.А. Ахметьевым. Для исследования были выбраны местонахождения флоры Сонье, Буй, Демби из

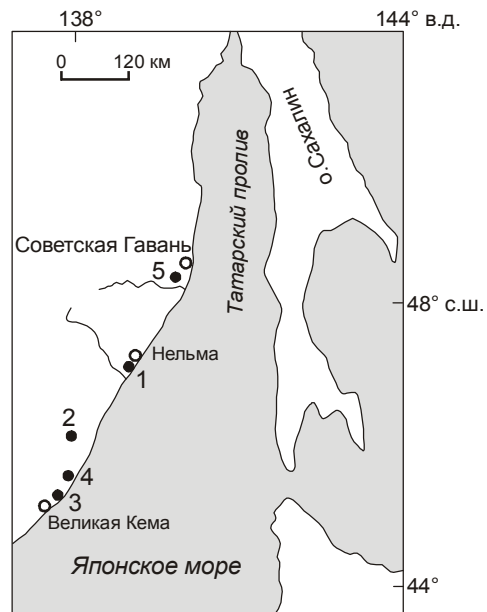


Рис. 1. Расположение изученных разрезов.

1 – Сонье-Буй-Демби; 2 – Светловодная; 3 – Великая Кема; 4 – Амгу; 5 – Ботчи.

разреза на побережье Татарского пролива, южнее пос. Нельма и разрезов по рекам Светловодная, Амгу, Великая Кема и Ботчи (рис. 1). Отпечатки растений из всех местонахождений были собраны и изучены М.А. Ахметьевым [2–8]. Для местонахождений Амгу и Великая Кема дополнительно использованы данные Р.С. Климовой [26]. Из коллекций флор было отобрано для палинологического анализа по шесть – десять образцов, которые были обработаны в лаборатории палеофлористики ГИН РАН и лаборатории биостратиграфии ИЛ РАН.

ФЛОРОНОСНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ И ФЛОРИСТИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ

В позднем эоцене с началом активизации андезибазальтового вулканизма в области современных акваторий северной части Японского моря и Татарского пролива начал формироваться Прибрежный базальтовый пояс Восточного Сихотэ-Алиня, к образованиям которого приурочены рассматриваемые в настоящей работе местонахождения флоры. В эоцене-олигоцене происходило излияние лав андезитового состава (сизиманская толща, салибезская свита). Деятельность вулканов, в грабенах, вызывала подпруживание рек и возникновение временных "плотинных" озер. В раннем-среднем миоцене в результате излияния базальтов кизинской свиты были образованы плато-нагорья, которые перекрыли не полностью компенсированные грабены и вышли за их пределы

[5, 25, 27]. Местонахождения флоры приурочены к осадкам стариц и небольших озер, возникавших, как правило, в результате подпруживания рек потоками лавы или обвалами. Исключением является местонахождение флоры Ботчи, накопление отложений которого происходило в период прекращения вулканической деятельности. Рассматриваемые тафоценозы отражают озерную и прирусловую растительность рек, а также склоновую растительность прилегающих горных массивов. В комплексах макрофлоры часто доминируют ольха, береза, дуб, представители так называемой "пионерной" растительности, появляющиеся первыми после пожаров в области действия вулканов [5].

На основе материалов М.А. Ахметьева по растительным мегафоссилиям с использованием данных палинологического анализа исследуемых толщ автором было выделено пять уровней, характеризующихся определенными комплексами макро- и микрофлоры [5, 23, 24].

Наиболее древний из них приурочен к низам сизиманской толщи (флора Сонье) и датируется концом среднего–поздним эоценом. В комплексе макрофлоры наряду с представителями раннепалеогеновой флоры (*Platanus*, *Cocculus ezoanum*, *Trochodendroides arctica*) присутствуют разнообразные роды сережкоцветных (*Fagus*, *Alnus*, *Cercidiphyllum*, *Acer* и др.), широко распространенные в олигоцене–неогене. В СПК Сонье среди голосеменных приблизительно одинаковое содержание Pinaceae и Taxodiaceae, среди покрытосеменных преобладают Betulaceae и Fagaceae; заметно содержание Mugiaceae, Juglandaceae, достаточно разнообразна пыльца термофильных покрытосеменных (*Trochodendron*, *Magnolia*, *Liquidambar* и др.).

Второй флористический уровень выделяется в низах сизиманской толщи – выше слоев с флорой Сонье (флора Буй), и в максимовской свите (флора Светловодная). Его возраст интерпретируется как переходный между эоценом и олигоценом. В комплексах макрофлор этого уровня, так же как и в предыдущем, наряду с раннепалеогеновыми таксонами присутствуют роды, широко распространенные в более молодых флорах. В СПК этого уровня преобладает пыльца покрытосеменных сем. Mugiaceae, Fagaceae, Betulaceae, Juglandaceae и Hamamelidaceae; разнообразна пыльца тропических и субтропических растений. Отмечено их определенное сходство с некоторыми позднеэоценовыми комплексами, но наряду с эоценовыми здесь присутствуют виды, распространенные в олигоцене и неогене; кроме того, установлены зна-

чительная роль и видовое разнообразие *Pinus* и *Carya*, что характерно для раннего олигоцена.

Третий флористический уровень характеризует гранатовую толщу (флора Амгу) и датируется концом позднего олигоцена–началом раннего миоцена. По данным изучения макро- и микрофлоры в рассматриваемом комплексе преобладают сосновые и таксодиевые, среди покрытосеменных заметным содержанием отмечены *Ulmus* и *Acer*, среди отпечатков – *Alnus* и разнообразные роды листопадных кустарников.

Четвертый флористический комплекс (флоры Великая Кема и Демби) приурочен к кизинской свите и отвечает климатическому оптимуму второй половины раннего–начала среднего миоцена. В коллекциях макрофлоры преобладают буковые, ореховые, ильмовые и наиболее термофильные из березовых (*Carpinus*, *Ostrya*), разнообразны субтропические и тропические роды. По данным палинологического анализа здесь можно выделить два подуровня. СПК Великой Кемы, в котором установлено доминирование широколиственных и разнообразие термофилов, соответствует максимальной фазе потепления, а СПК Демби с преобладанием *Fagus* – заключительной фазе миоценового оптимума.

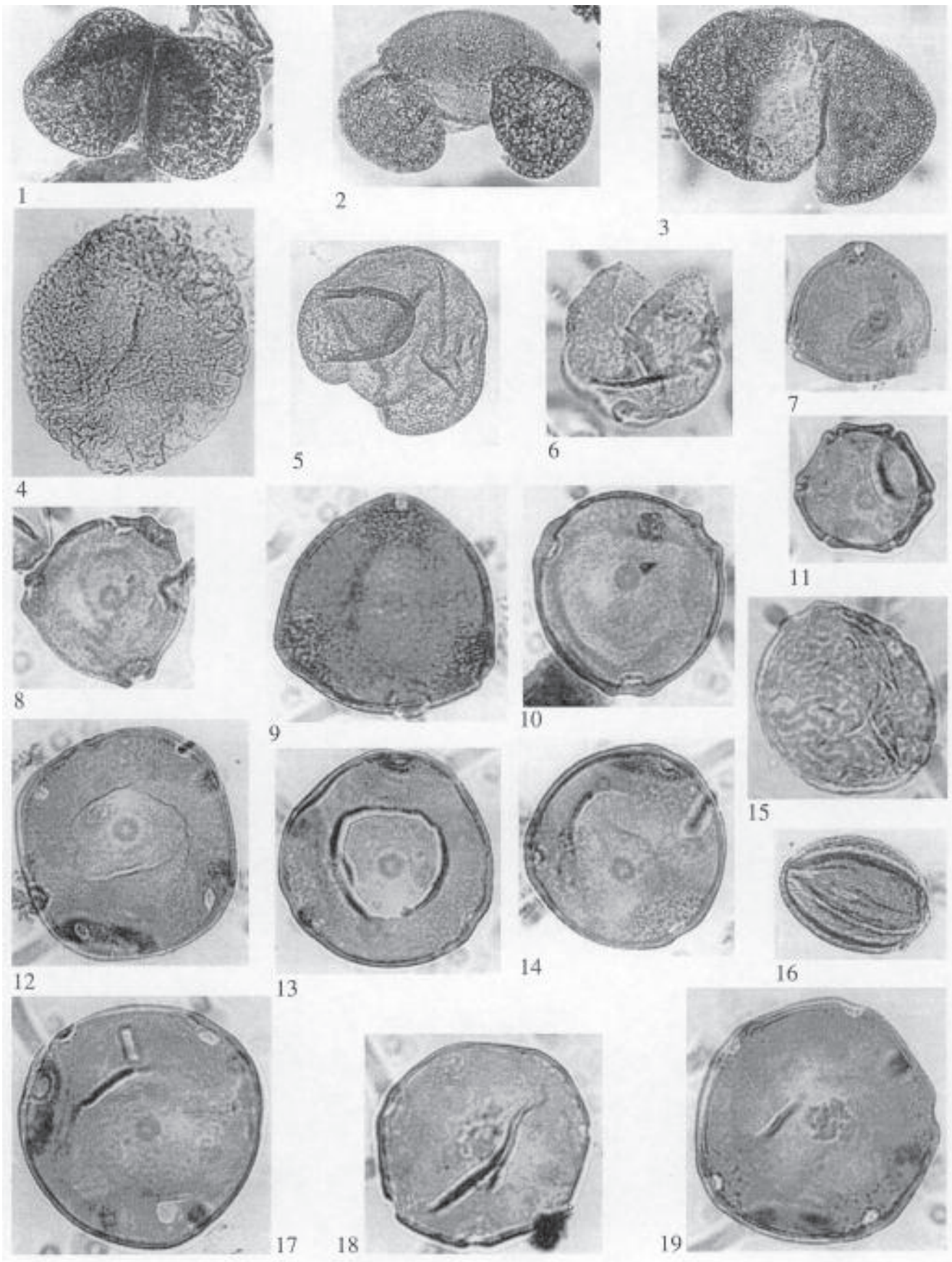
Флора пятого флористического уровня (Ботчи) происходит из ботчинской свиты и датируется концом среднего–поздним миоценом. В комплексе разнообразны сосновые (главным образом темнохвойные), березовые и розоцветные.

Наиболее характерные и хорошей сохранности споры и пыльца, выделенные из образцов указанных коллекций отпечатков растений, приведены на таблицах I–III.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ систематического состава и количественного соотношения родов во флоре Сонье показал, что на рассматриваемой территории в конце среднего–позднем эоцене были распространены смешанные хвойно-широколиственные леса. В составе лесной формации склонов, обращенных к озеру, обоими методами установлена значительная роль листопадных и вечнозеленых покрытосеменных – восковницы, граба, дуба, бука, каштана, клена, багрянника; из растений, определенных по пыльце, сюда относятся орех, гикори и ильмовые, по отпечаткам – платан, троходендрон, алангиум. В кустарниковом подлеске произрастали лещина и установленные только в отпечатках кизил, калина, бобовые. Для рассматриваемых лесов были характерны лианы, эти жизненные формы, вероятно, образовывали некоторые виды коккулюса, унаби и винограда. По берегам озера про-

Фотогтаблица I.



израстали болотный кипарис (таксодиум), глиптробус, ива, некоторые виды ольхи, граба, ильма, из трав – осоковые и ежеголовник. По данным палинологического анализа установлено, что в травянистом ярусе были распространены марсилея, чистоуст, лигодиум, гроздовник, кочедыжниковые и плауны, в водоеме – цератоптерис, лотос, рдест.

Хвойные выступали в качестве примеси в широколиственных лесах и образовывали формации верхних склонов гор. В СПК и коллекции макрофлоры преобладают сосна, туя и разнообразные таксодиевые: таксодиум, криптомерия, сциадопитис, метасеквойя, куннингамия. Следует отметить, что роды таксодиевых, разнообразно представленные в этом и других, рассматриваемых ниже, флористических комплексах, в настоящее время имеют ограниченный ареал. В естественном состоянии они произрастают на небольшой территории юго-востока (таксодиум) и юго-запада (секвойя) Северной Америки и Восточной Азии (криптомерия, куннингамия, сцадопитис, метасеквойя и глиптробус). Метасеквойя или "водная пихта", обильно представленная в отпечатках в изучаемых коллекциях, в настоящее время в количестве всего лишь около 1000 экземпляров произрастает только в двух провинциях Восточного Китая.

Растительность позднего эоцена–раннего олигоцена Восточного Сихотэ-Алиня (флоры Буй и Светловодная) близка по составу к таковой конца среднего–позднего эоцена. На рассматриваемой территории произрастали хвойно-широколиственные полидоминантные леса. Большое участие в древостое принимали разнообразные широколиственные, но, судя по результатам палинологического анализа, увеличилась роль таких родов, как орех, гикори, вяз, а по данным макрофлоры – дзельквы, клена и липы. В растительных группировках постоянно участвовали разнообразные роды субтропических и тропических растений, в отпечатках определены алангиум, макаранга, платан, по пыльце – магнолия, аралия, фатсия, лавр, ремнецветник, стеркулия. Следует отметить, что содержание последних в СПК обычно не превы-

шает 1%. Эти растения являются насекомопопыляемыми, и, поскольку основную массу их пыльцы собирают насекомые, она почти не попадает в ископаемые СПК. На рецентных и субрецентных материалах было установлено, что содержание пыльцы этих растений в спектрах значительно меньше их фактического участия в растительном покрове, и даже находки единичных зерен пыльцы насекомопопыляемых растений свидетельствуют об их участии в растительных группировках. Растительность водоемов устанавливается только по пыльце, это водяной орех, рдест, кувшинка, кубышка и лотос.

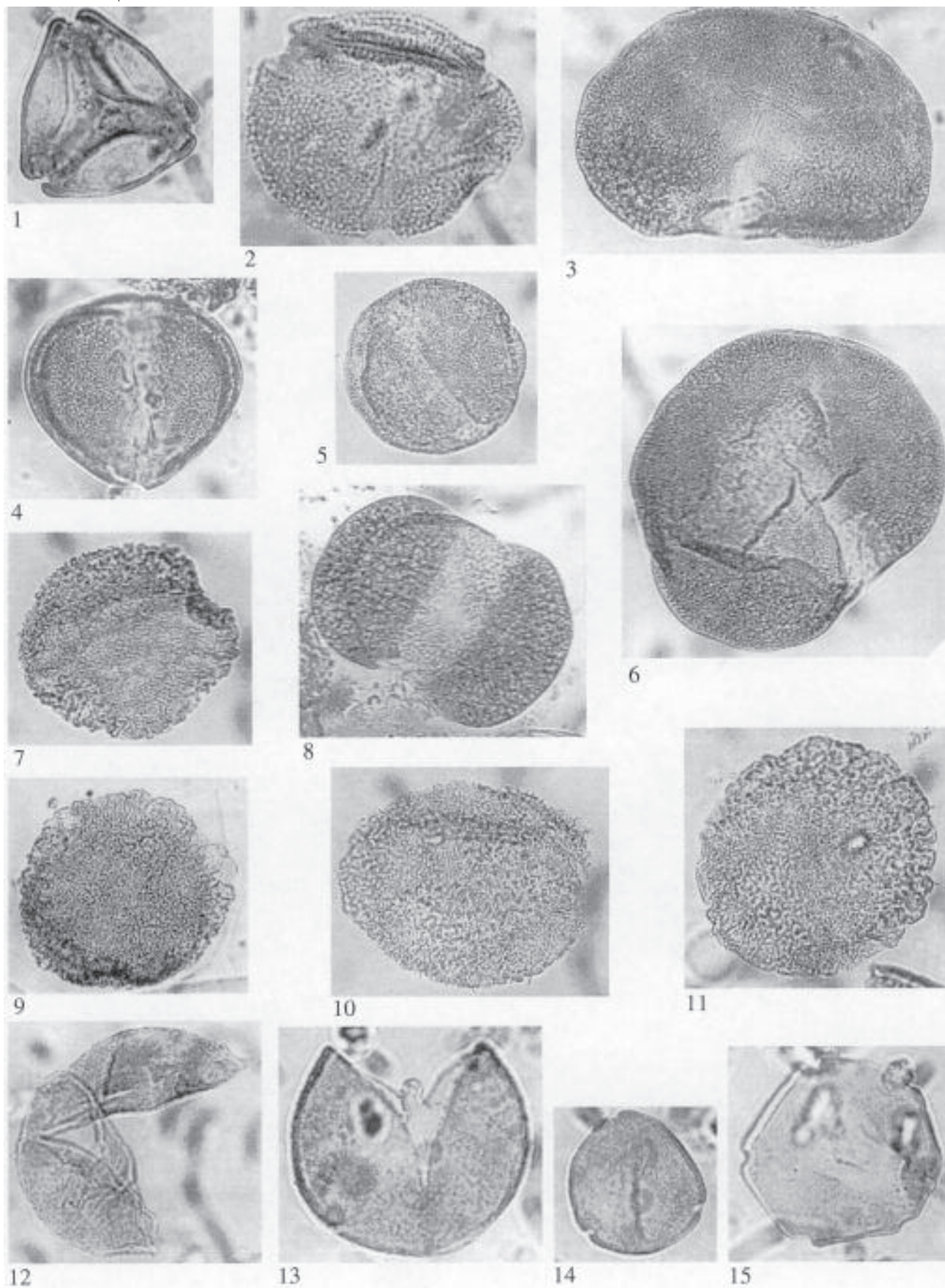
Реконструируемая растительность конца среднего эоцена–начала раннего олигоцена Восточного Сихотэ-Алиня по доминированию разнообразных представителей листопадных широколиственных родов, представителей сем. кленовых, березовых, ореховых, розоцветных, буковых и некоторых других близка к смешанным мезофитным лесам, по терминологии Дж. Вулфа [29]. Эти леса в настоящее время распространены на Хонсю (зона каштанов) и юге Южной Кореи. Дж. Вулф отмечает, что в их составе нельзя выделить какой-либо доминирующий род или семейство. Среднегодовые температуры, при которых произрастают смешанные мезофитные леса, – +10... +13°C.

Эколого-флористический анализ, проведенный в соответствии с методикой Л.А. Козьяр (рис. 2), показал, что для флор конца среднего–позднего эоцена (Сонье) и позднего эоцена–раннего олигоцена (Буй и Светловодная) отмечены высокие значения коэффициента термофильности, соответственно 41, 44 и 48. В этих комплексах значительный процент приходится на долю субтропических и тропических растений. Известно, что к рубежу эоцена–олигоцена приурочено глобальное похолодание. Однако в результате работ по проекту МПГК № 174 по теме "Геологические события на рубеже эоцена и олигоцена" [10] установлено, что в Тетической области похолодание и иссушение климата были выражены значительно ярче, чем в Бореальной, и перестройка флор (смена фор-

Фототаблица I. Роды и виды пыльцы из флороносных отложений Буй (поздний эоцен – ранний олигоцен).

1 – *Podocarpus andiniformis* Zakl., обр. 209/1, ×500, 2 – *Pinus silvestris* L., обр. 209/1, ×500, 3 – *Pinus protocebra* Zakl., обр. 604/1, ×500, 4 – *Tsuga cf. canadensis* (L.) Carr, обр. 604/2, ×500, 5 – *Cedrus piniformis* Zakl., обр. 209/1, ×500, 6 – *Taxodium* sp., обр. 209/1, ×1000, 7 – *Myrica pseudogranulata* Glad., обр. 209/1, ×1000, 8 – *Myrica galiformis* Glad., обр. 209/1, ×1000, 9 – *Comptonia compacta* Glad., обр. 604/2, ×1000, 10 – *Carpinus* sp., обр. 209/1, ×1000, 11 – *Alnus* sp., обр. 209/1, ×1000, 12 – *Carya* sp., обр. 209/1, ×1000, 13 – *Carya simplex* (Potonie et Venitz) Elsik, обр. 209/1, ×1000, 14 – *Carya communis* Bolot., обр. 209/1, ×1000, 15 – *Ulmus inaequaliarcuata* Trav., обр. 604/2, ×1000, 16 – *Quercus* sp., обр. 209/1, ×1000, 17 – *Carya spackmania* Trav., обр. 209/1, ×1000, 18 – *Juglans* sp., обр. 209/1, ×1000, 19 – *Juglans cf. sibirica* Vojc., обр. 604/2, ×1000.

Фототаблица II.



мальных родов цветковых на современные) проходила быстрее и контрастнее. В Бореальной области, в частности, на Дальнем Востоке, рассматриваемая смена флор началась раньше, в начале позднего эоцена, и завершилась позже, в конце олигоцена, что отражает постепенное изменение природной обстановки в рассматриваемом интервале.

Обращает на себя внимание высокое значение коэффициента влажности флоры Сонье – 30 (рис. 2). В этой флоре значительно содержание влаголюбивых растений, а также родов, некоторые современные виды которых являются лианами и эпифитами влажнотропических лесов. Для флор Буй и Светловодная значения этого коэффициента составляют 23 и 22, соответственно. Высокий показатель коэффициента влажности для флоры конца среднего–позднего эоцена связан прежде всего с отсутствием широтных горных сооружений на всем пространстве Альпийско-Гималайского пояса, от Европы до Тихоокеанского побережья. Соответственно, ничто не препятствовало основному направлению тепло- и влагопереноса от экватора в высокие широты. Таким образом, данные палеоэкологического анализа флор Сонье, Буй и Светловодная подтверждают существование в рассматриваемом регионе в позднем эоцен–раннем олигоцене теплого (близкого к субтропическому) климата. Е.Д. Заклинская [14] предполагает, что столь северное положение границы субтропического пояса в позднем эоцене–раннем олигоцене (учитывая, что положение полюсов в этот период не изменялось) было связано с высокой влажностью воздуха, создававшей "парниковые" условия.

В растительном покрове позднего олигоцена–раннего миоцена (флора Амгу) значительную роль играли хвойные. В древостое господствовали светлохвойные (сосновые и лиственничные) и темнохвойные леса, преимущественно еловые с примесью пихты и тсуги, отпечатки которых составляют заметную долю в коллекции макрофлоры. Большую роль в составе растительности этого времени играли таксодиевые – болотный кипарис, пыльца которого при-

сутствует в значительном количестве в СПК, а также метасеквойя, глиптостробус и сциадопитис, преобладающие в коллекции макрофлоры. Судя по анализу комплекса отпечатков, увеличилась роль мелколиственных, в частности ольхи. По макрофлоре определены также разнообразные кустарниковые растения – рябина, спирея, сирень, волчегородник, жимолость, калина, краснопузырник, вероятно входящие в состав подлеска. Листопадные широколиственные породы (граб, бук, дуб, клен, вяз), видимо, не образовывали самостоятельных формаций, а выступали в качестве примеси в хвойно-мелколиственных лесах.

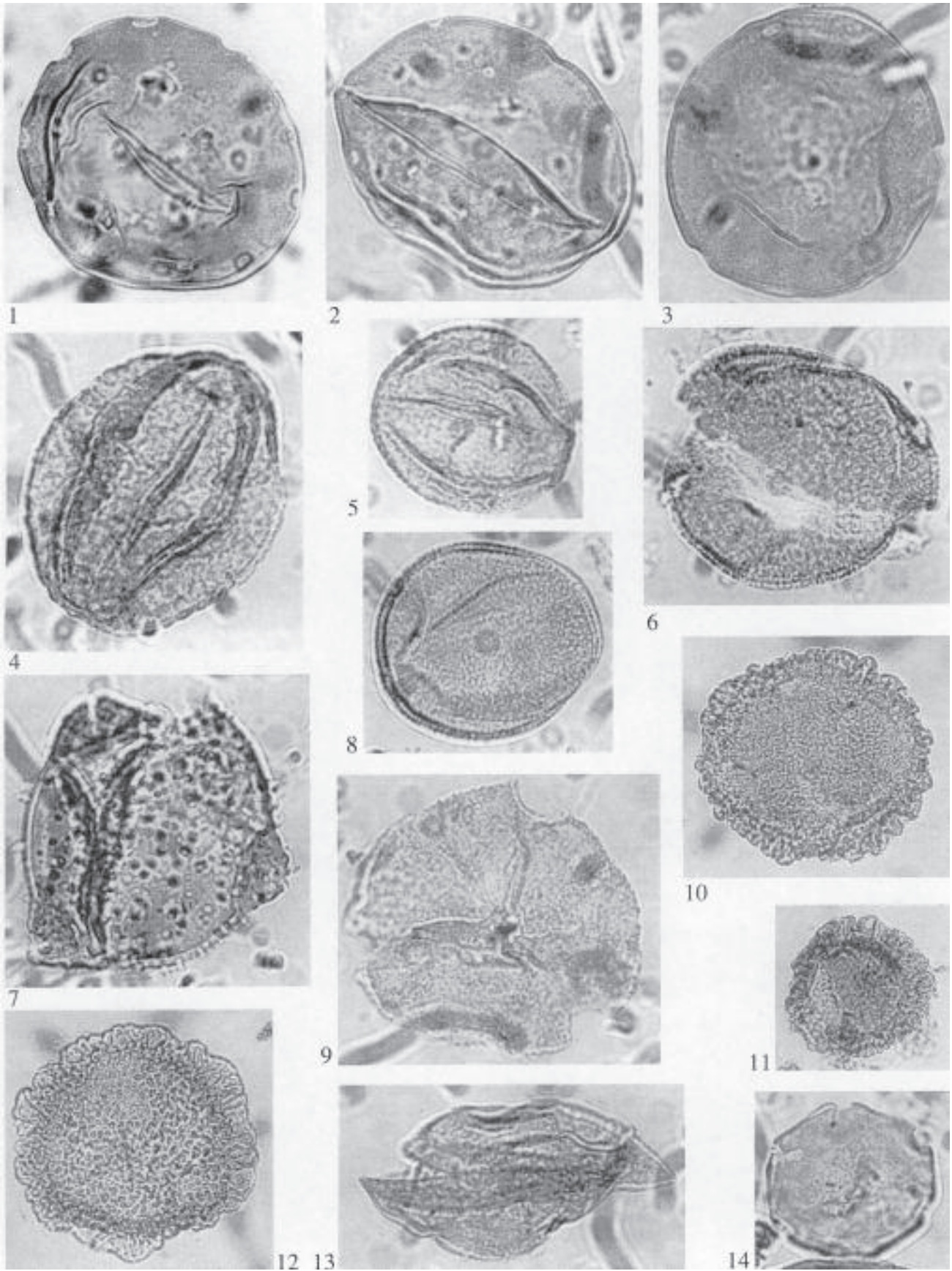
Реконструируемая растительность близка по составу к смешанным хвойным и смешанным северным лиственным лесам, по классификации Дж. Вулфа [29], произрастающими в настоящее время на Хоккайдо, в Приморье, Северном Китае и Корее при среднегодовых температурах +3... +10°C. Со смешанными хвойными лесами реконструируемый тип растительности сближает преобладание в их составе разнообразных сосновых и характерная для лесов этого типа Японии и Маньчжурии примесь березовых, ильмовых и клена. Сходство с северными лиственными лесами заключается в присутствии дуба, клена, липы, березы, вяза, ольхи, рябины. Однако полную аналогию с этими лесами проводить нельзя, поскольку роды таксодиевых, разнообразно представленные во флоре Амгу, произрастают в настоящее время при более высоких температурах.

По данным эколого-флористического анализа, климат позднего олигоцена–раннего миоцена был менее жарким по сравнению с климатом рассмотренного выше возрастного интервала конца среднего эоцена–начала раннего олигоцена (рис. 2). Снижение коэффициента термофильности во флоре Амгу связано с похолоданием на границе олигоцена–миоцена, более ярко выраженном в изучаемом регионе по сравнению с похолоданием рубежа эоцена–олигоцена. Однако достаточно высокое содержание родов умеренных и теплоумеренных областей (включая входящие в субтропики) указывает на начавшийся в

Фототаблица II. Роды и виды пыльцы из флороносных отложений Буй (поздний эоцен–ранний олигоцен) (фиг. 1), Светловодная (поздний эоцен–ранний олигоцен) (фиг. 2), Великая Кема (вторая половина раннего миоцена–начало среднего миоцена) (фиг. 3–15).

1 – *Triatriopollenites aroboratus* Pfl., обр. 209/1, ×1000, 2 – *Fothergilla vera* Lubom., обр. 1238/1, ×1000, 3 – *Picea* sp., обр. 665/1, ×500, 4, 5 – *Pinus tertiaria* (Moreva) Anan., обр. 217/1, ×500, 6 – *Picea media* Anan., обр. 665/1, ×500, 7 – *Tsuga macroseerrata* (Wolff.) Anan., обр. 665/1, ×500, 8 – *Pinus* sp., обр. 665/1, ×500, 9 – *Tsuga canadensis* (L.) Carr., обр. 217/1, ×500, 10 – *Tsuga aculeata* Anan., обр. 665/1, ×500, 11 – *Tsuga cf. saurae* Brutm., обр. 665/1, ×500, 12 – *Thuja* sp., обр. 665/1, ×1000, 13 – *Taxodium* sp., обр. 665/1, ×1000, 14 – *Engelhardtia chrysolepiformis* Bolot., обр. 217/1, ×1000, 15 – *Juglans hebelata* Bolot., обр. 217/1, ×1000.

Фототаблица III.



раннем миоцене процесс потепления климата, предшествующий климатическому оптимуму второй половины раннего–начала среднего миоцена. Уменьшение коэффициента влажности проявилось в снижении роли гигрофитов и гидрофитов и усилении влияния мезофитов.

Судя по результатам макрофлористического и палинологического анализов, в конце раннего–начале среднего миоцена (время проявления климатического оптимума) на рассматриваемой территории произрастали хвойно-широколиственные леса с разнообразным составом листопадных широколиственных пород, среди которых отмечены граб, орех, гикори, лапина, энгельгардия, бук, дуб, вяз, дзельква, липа, клен, сумах, багряник. Перечисленные роды присутствуют как в СПК, так и в коллекциях макрофлоры.

Следует подчеркнуть заметную роль в растительных группировках бука (устанавливается по данным палинологического анализа), который местами мог произрастать в виде монодоминантных лесов. Значительную роль в составе растительности играли субтропические и тропические роды, определенные в отпечатках – айлант, хурма, сассафрас, конский каштан, стиракс, унаби и по пыльце – ликвидамбр, магнолия, аралия, ремнецветник. Среди хвойных преобладали сосновые (ель, пихта, сосна), возросла роль тсуги по сравнению с рассмотренными выше возрастными интервалами. Значительную роль играли таксодиевые – таксодиум, глиптостробус, метасеквойя (отпечатки последнего рода преобладают в коллекциях макрофлоры). По данным палинологического анализа, в травяно-кустарничковом ярусе описываемых

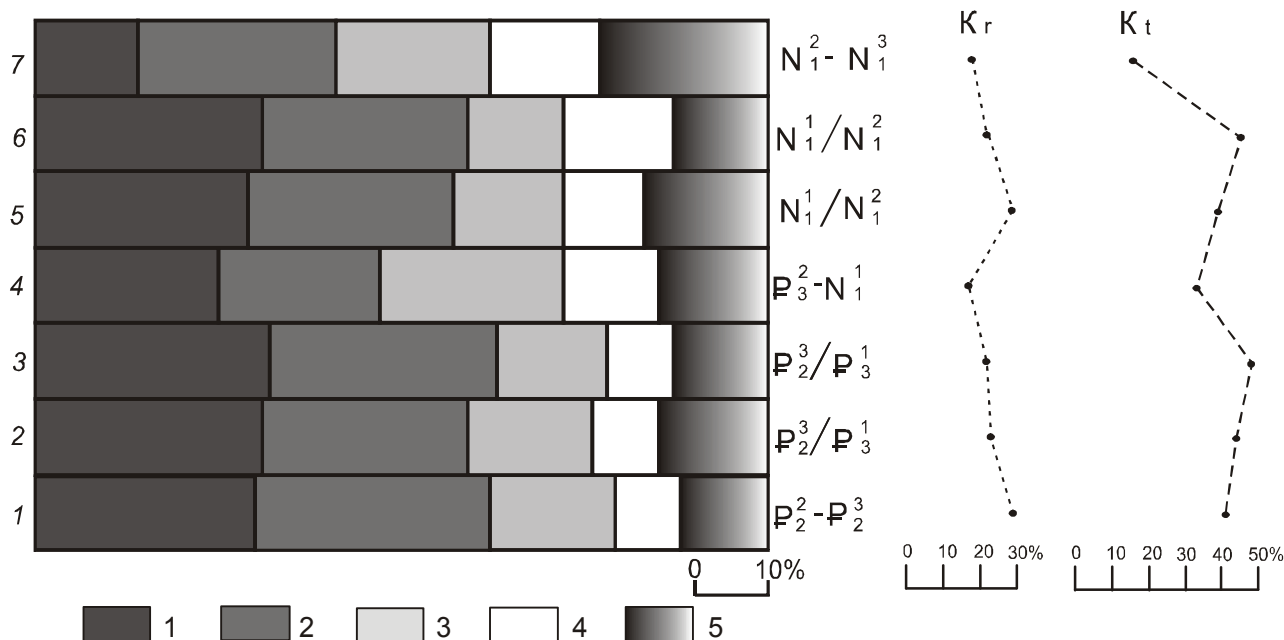


Рис. 2. Основные палеоэкологические характеристики флор эоцена–миоцена Восточного Сихотэ-Алиня.

Флоры: 1 – Сонье, 2 – Буй, 3 – Светловодная, 4 – Амгу, 5 – Великая Кема, 6 – Демби, 7 – Ботчи.

Роды, произрастающие в областях: 1 – тропических и субтропических 2 – теплоумеренных и субтропических; 3 – от умеренных до субтропических; 4 – умеренных; 5 – от холодноумеренных до субтропических.

Kr – коэффициент влажности; Kt – коэффициент термophilности.

Фототаблица III. Роды и виды пыльцы из флороносных отложений Великая Кема (вторая половина раннего миоцена–начало среднего миоцена) (фиг. 1–8), Демби (вторая половина раннего миоцена–начало среднего миоцена) (фиг.9), Ботчи (конец среднего миоцена–поздний миоцен) (фиг. 10–14).

1 – *Juglans orbiculata* Bolot., обр. 217/1, ×1000, 2 – *Juglans polyporata* Vojc., обр. 217/1, ×1000, 3 – *Carya ovaliformis* Bolot., обр. 665/1, ×1000, 4 – *Fagus grandifoliiformis* Pan., обр. 217/1, ×1000, 5 – *Fagus japoniciformis* Anan., обр. 217/1, ×1000, 6 – *Nymphaea* sp., обр. 665/1, ×1000, 7 – *Diervilla* sp., обр. 217/1, ×1000, 8 – *Nelumbo* sp., обр. 665/1, ×1000, 9 – *Fagus tenella* Pan., обр. 884/1, ×1000, 10 – *Tsuga* cf. *yunnanensis* (Franchet) Mast., обр. 1/1, ×500, 11 – *Tsuga sieboldianiformis* Anan., обр. 1/1, ×500, 12 – *Tsuga* aff. *ignicula* Anan., обр. 1/1, ×500, 13 – *Glyptostrobus* sp., обр. 1/1, ×1000, 14 – *Juglans sieboldianiformis* Vojcel, обр. 1/1, ×1000,

лесов были распространены верескоцветные, бобовые, кочедыжниковые и чистоустовые папоротники, плауны. В водоемах произрастали водный орех, рдест, лотос, кувшинка, кубышка, по берегам – тростник.

Разнообразные по систематическому составу комплексы макро- и микрофлоры из местонахождений Великая Кема и Демби свидетельствуют о развитии на рассматриваемой территории листопадной теплоумеренной флоры. По доминированию разнообразных представителей листопадных широколиственных реконструируемая растительность (так же, как и растительность позднего эоцена–раннего олигоцена) близка к смешанным мезофитным лесам, произрастающим при среднегодовых температурах +10... +13°C. Отмечается сходство на родовом уровне лесов второй половины раннего–начала среднего миоцена и позднего эоцена–раннего олигоцена Восточного Сихотэ-Алиня. Значение коэффициента термофильности флор Великая Кема и Демби, произраставших во время миоценового климатического оптимума, близки к таковым флор позднего эоцена–раннего олигоцена, что подтверждает вывод о существовании сходных температурных условий (рис. 2).

Комплекс спор и пыльцы из флороносных отложений Демби соответствует заключительному этапу оптимума миоцена и носит менее термофильный характер по сравнению с таковым Великая Кема. Однако содержание тропических и субтропических родов в коллекции отпечатков достаточно высокое, что обуславливает высокое значение коэффициента термофильности, выше такового флоры Великая Кема (рис. 2).

При анализе макрофлоры Ботчи М.А. Ахметьевым [2] среди основных лесообразующих пород указываются *Carpinus subcordata* и *Alnus protohirsuta* var *paucinervis*, потомки которых *Carpinus cordata*, *Alnus hirsuta* произрастают в настоящее время на Дальнем Востоке, а также *Metasequoia occidentalis*, виды *Betula*. На верхних склонах состав растительности менялся, здесь преобладали разнообразные сосновые и туя. На основе изучения отпечатков растений из местонахождения Ботчи М.А. Ахметьевым [2] с учетом данных палинологического анализа этих отложений, проведенного В.Ф. Морозовой и П.Н. Соколовой, выделяется четыре ассоциации растений. Дополняя эти материалы результатами нашего исследования, можно отметить следующее. Растительность водоемов (водный папоротник сальвиния и лотос) определяется по данным палинологического анализа. По берегам водоемов и периодически затопляемых низин были распространены ольха, некоторые виды грабов, тополь, бархат, нисса, роза, виног-

рад, в травянистом ярусе – хвощ, тростник, щавель. Данные палинологического анализа позволяют добавить в этот список иву, ольховник, таксодиум и глиптостробус, а также некоторые споровые растения – чистоуст, гроздовник, плаун. В составе лесной формации склонов М.А. Ахметьевым указываются ряд видов сосновых, метасеквойя, туя, ольха, береза, граб, хмелеграб, гикори, лапина, падуб, сумах, клен, липа, ясень, багрянник, в кустаниковом подлеске – ольха, лещина, боярышник, краснопузырник. Из растений, определенных только по пыльце, к этой ассоциации относятся бук, дуб, вяз, гаммелис, корилописис. В верхнем поясе гор произрастали темнохвойные леса, преимущественно еловые с примесью тсуги и пихты, площади светлохвойных (сосновых и лиственничных) лесов были значительно меньше. В ассоциацию лесов верхнего пояса гор входили также туя, некоторые виды берез, лещина, с учетом материалов по пыльце – ногоплодник, кедр, секвойя.

Реконструируемая растительность Ботчи (так же, как и растительность Амгу), близка по составу к смешанным хвойным и смешанным северным лиственным лесам Хоккайдо, Приморья, Северного Китая и Кореи, по классификации Дж. Вулфа [29]. Леса этого типа произрастают при среднегодовых температурах +3... +10°C. Наибольшее сходство отмечено со смешанными хвойными лесами, которые, судя по карте, приведенной в работе Дж. Вулфа, являются вкраплениями в полосе развития смешанных северных лиственных лесов. Это сходство заключается в разнообразии темнохвойных сосновых и присутствии березовых, ильмовых, клена и липовых (последнее обстоятельство, как указывалось при описании реконструируемой растительности Амгу, характерно для лесов этого типа в Маньчжурии и Японии). Близость лесов Ботчи со смешанными северными лиственными лесами проявляется на родовом уровне в присутствии дуба, березы, клена, липы, вяза, ольхи, ясеня, рябины.

Климат конца среднего–позднего миоцена оставался достаточно теплым, возможно еще теплоумеренным, но температурные показатели его были более низкими по сравнению со временем климатического оптимума. Площади, занятые широколиственными и таксодиевыми лесами, сократились, тогда как доля формаций темнохвойных лесов, состоящих преимущественно из елей, тсуг и пихт, заметно увеличилась. Климат времени существования флоры Ботчи был более холодным по сравнению с периодом похолодания на рубеже олигоцена и миоцена.

По результатам эколого-флористического анализа, наиболее низкие значения коэффициента тер-

мофильности отмечены для флоры Ботчи (рис. 2). В составе комплекса возрастает участие таксонов умеренных областей и таксонов широкого географического распространения (от холодноумеренных до субтропических районов).

Для более детальных климатических реконструкций, а именно для выявления средних температур января и июля времени произрастания рассматриваемых флор была использована методика построения климатограмм. Однако при интерпретации построенных для каждой из семи флор климатограмм (рис. 3) возникла сложность, которая заключается в трудности установления участка климатического поля, который является общим для всего комплекса. Обычно выявлялось два, а в случае флоры Буй – три таких участка.

Вероятно, в первую очередь это обусловлено присутствием в этих флорах реликтовых родов, произрастающих в настоящее время в естественном состоянии лишь на ограниченных территориях – в частности, на востоке Северной Америки и в Юго-Восточной Азии. Эти регионы служили своеобразными рефугиумами, "убежищами" для термофильной флоры в ледниковые эпохи. Экологическая амплитуда реликтовых растений по сравнению с прошлыми эпохами как бы "сузилась", в результате чего они оказались не способными по прошествии неблагоприятных условий занять свои прежние ареалы. Примерами таких реликтовых родов могут служить таксодиевые. Метасеквойя в настоящее время произрастает при среднеиюльской температуре $+24^{\circ}\text{C}$ и среднеянварской $+8^{\circ}\text{C}$. Климатограмма *Glyptostrobus* ограничена средними температурами июля $+28...+32^{\circ}\text{C}$, января $+8...+16^{\circ}\text{C}$. Таким образом, присутствие этих родов приводит к смещению центра пересечения климатограмм в область высоких температур. В то же время, в этих флорах присутствуют такие роды, как ель и лиственница, произрастающие при отрицательных январских температурах. Таким образом, при интерпретации полученных климатограмм возникает вопрос – каким родам отдавать предпочтение? Возможно объединение полученных общих участков климатограмм, при котором допускается более широкий диапазон температур произрастания той или иной флоры. Также можно учитывать только те участки, для которых характерна большая концентрация климатограмм отдельных родов. Если интерпретировать данные таким образом, то получается, что среднеиюльские температуры во время формирования флор Сонье, Буй, Светловодная, Великая Кема и Демби составляли в среднем $+24^{\circ}\text{C}$, среднеянварские – $+4^{\circ}\text{C}$. Эти температурные показатели ха-

рактерны для переходной области теплоумеренного – субтропического климата. В перечисленных флорах содержится значительное число тропических и субтропических родов, для них отмечены достаточно высокие значения коэффициента термофильности; отмечено их сходство со смешанными мезофитными лесами, произрастающими при близких значениях температур. Эти данные, с учетом результатов макрофлористического анализа, вполне согласуются со значениями реконструируемых температур.

Среднеиюльские температуры, рассчитанные для флоры Амгу, составляют $+24^{\circ}\text{C}$, среднеянварские $+1...+8^{\circ}\text{C}$, для флоры Ботчи, соответственно – $+24^{\circ}\text{C}$ и $+1...+4^{\circ}\text{C}$. Однако данные изучения отпечатков растений и эколого-флористического анализа свидетельствуют о более прохладных климатических условиях и, по всей вероятности, умеренном типе климата. По материалам М.А. Ахметьева [2, 5], для флоры Ботчи реконструируемые значения температур составляют $+18...+20^{\circ}\text{C}$ (среднеиюльские), $-2...+4^{\circ}\text{C}$ (среднеянварские). Таким образом, интерпретация климатограмм, построенных для эоцен-миоценовых флор Восточного Сихотэ-Алиня, вызывает определенные сложности, обусловленные в первую очередь тем, что при применении этой методики экологическая приуроченность растений считается постоянной, тогда как в действительности с течением времени она могла изменяться.

ВЫВОДЫ

Анализ палеоботанических данных по методикам актуалистических аналогий, эколого-флористического анализа и построения климатограмм позволяет охарактеризовать климат отдельных интервалов эоцена–миоцена Восточного Сихотэ-Алиня. В конце среднего эоцена–раннем олигоцене (флоры Сонье, Буй и Светловодная) климат был теплоумеренным, близким к субтропическому. В качестве лесобразующих в составе растительности выступали сосновые, таксодиевые и различные широколиственные листопадные и вечнозеленые породы. Для позднего олигодена–раннего миоцена (флора Амгу) реконструируется теплоумеренный тип климата. В составе древостоя преобладали хвойные. На вторую половину раннего–начало среднего миоцена (флоры Демби, Великая Кема) приходится климатический оптимум с господством теплоумеренных условий, близких к субтропическим. Преобладали смешанные широколиственные листопадные леса со значительным участием буковых, таксодиевых и разнообразных вечнозеленых. Состав растительности, реконструируемой на основе анализа микро- и макрофлор Ботчи, соот-

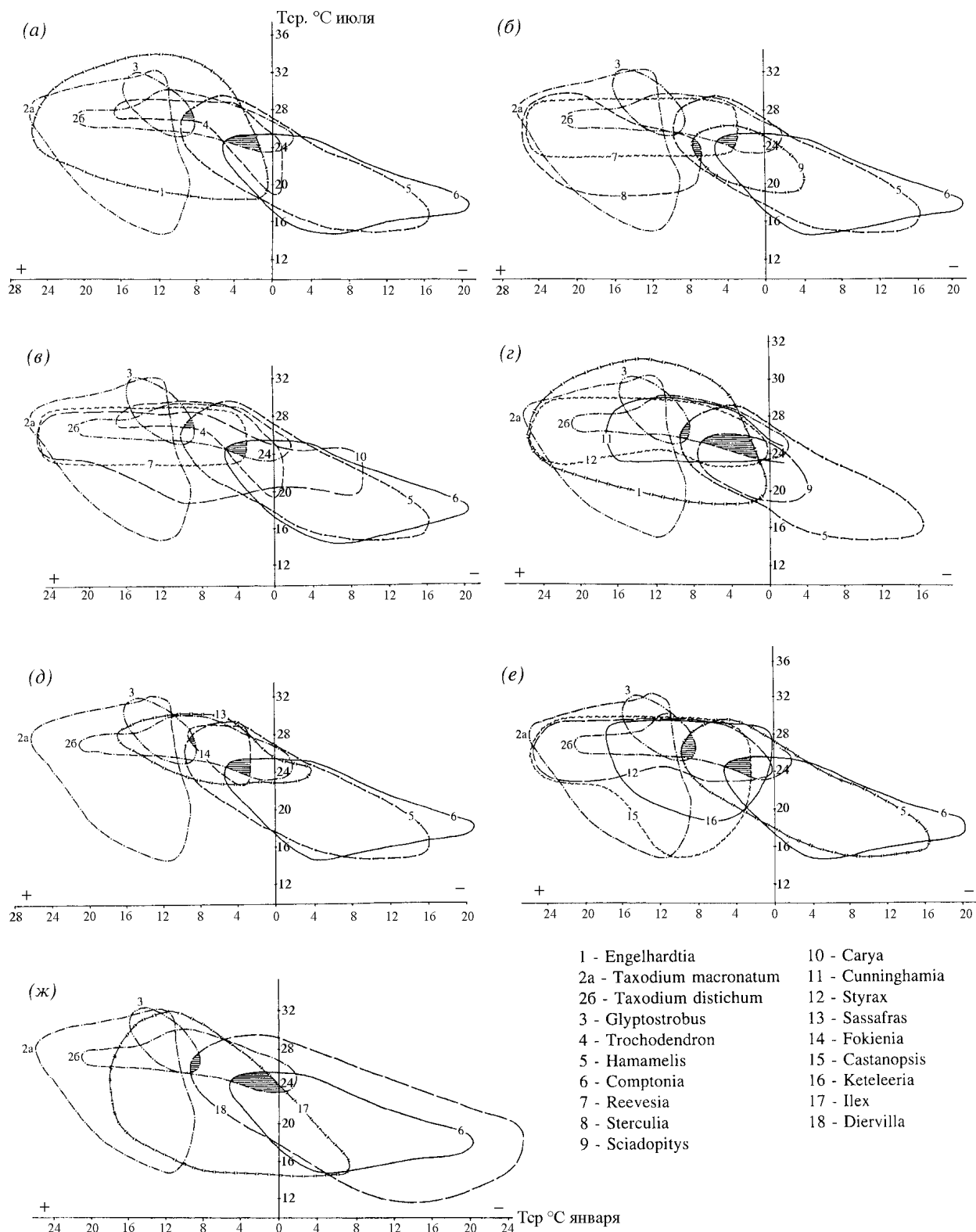


Рис. 3. Генерализованные схемы климатограмм флористических комплексов (а) Сонье (конец среднего–поздний эоцен), (б) Буй (поздний эоцен–ранний олигоцен), (в) Светловодная (поздний эоцен–ранний олигоцен), (г) Амгу (конец позднего олигоцена–начало раннего миоцена), (д) Великая Кема (вторая половина раннего–начало среднего миоцена), (е) Демби (вторая половина раннего–начало среднего миоцена), (ж) Ботчи (конец среднего–поздний миоцен). Заштрихованы области возможного сосуществования.

ветствует тепломеренному типу климата, но более прохладному по сравнению с концом позднего олигоцена–началом раннего миоцена. Нижние склоны гор занимали преимущественно хвойно-широколиственные леса, более высокие – хвойные леса, в древостое которых преобладали ель, пихта, тсуга.

Интерпретация климатических условий существования конкретных растительных ассоциаций палеогена–неогена часто осложняется противоречиями, возникающими из-за представлений о неизменности экологических характеристик надвидовых таксонов растений. В действительности их экологическая приуроченность могла существенно изменяться. В связи с этим наиболее корректным методом климатических реконструкций по палеоботаническим данным является комплексный анализ растительных сообществ региона в их историческом развитии.

Автор благодарен заведующему лабораторией палеофлористики ГИН РАН профессору М.А. Ахметьеву за предоставленный для работы материал и старшему научному сотруднику лаборатории эволюционной географии ИГ РАН О.К. Борисовой за помощь при построении климатограмм.

Работа выполнена при поддержке гранта № НШ-1980.2003.5

ЛИТЕРАТУРА

1. Александрова А.Н., Козьяр Л.А. Палеоботанические данные к расчленению палеоген–неогеновых отложений юго-запада Сибирской платформы // Палеоген и неоген Сибири (палеонтология и стратиграфия) / Тр. ИГиГ СО АН СССР. Новосибирск: Наука, 1978. С. 136–149.
2. Ахметьев М.А. Миоценовая флора Сихотэ-Алиня (р. Ботчи). М.: Наука, 1973. 124 с.
3. Ахметьев М.А. Палеоценовые и эоценовые флоры юга Дальнего Востока СССР и сопредельных стран и их стратиграфическое положение // Сов. геология. 1973. № 7. С. 14–29.
4. Ахметьев М.А. Олигоценовые и миоценовые флоры юга Дальнего Востока СССР как показатели климатической обстановки // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1974. № 4. С. 134–143.
5. Ахметьев М.А. Кайнозойские флоры Восточного Сихотэ-Алиня: Препр. М.: ГИН АН СССР, 1988. 48 с.
6. Ахметьев М.А., Шевырева Н.А. Ископаемые голосеменные Амгу (Восточный Сихотэ-Алинь) // Палеофлористика и стратиграфия фанерозоя. М.: Изд-во ГИН РАН, 1989. С. 104–117.
7. Ахметьев М.А., Викулин С.В. Пельтатные листья *Masarangia Thouin* (Euphorbiaceae) в кайнозой Восточного Сихотэ-Алиня // Палеонтол. журн. 1995. № 4. С. 151–156.
8. Ахметьев М.А., Манчестер С.Р. Новый вид *Palaeocarpinus* (Betulaceae) из палеогена Восточного Сихотэ-Алиня // Палеонтол. журн. 2000. № 4. С. 107–112.
9. Волкова В.С., Кулькова И.А. Климатический оптимум в кайнозое Западной Сибири (по палинологическим данным) // Стратиграфия. Геол. корреляция. 1994. Т.2, № 1. С. 108–112.
10. Геологические и биологические события позднего эоцена–раннего олигоцена. Ч. 2: Геологические и биологические события. М.: ГЕОС, 1998. 250 с. (Тр. ГИН; Вып. 507.)
11. Гольберт А.В., Полякова И.Д. К методике региональных палеоклиматических реконструкций // Геология и геофизика. 1966. № 4. С. 26–35.
12. Гричук В.П. Реконструкция скалярных климатических показателей по флористическим материалам и оценка ее точности // Методы реконструкции палеоклиматов. М.: Наука, 1985. С.20–28.
13. Гричук В.П., Зеликсон Э.М., Борисова О.К. Реконструкция климатических показателей раннего кайнозоя по палеофлористическим данным // Климаты Земли в геологическом прошлом. М.: Наука, 1987. С. 69–77.
14. Заклинская Е.Д. Палинология и климаты прошлых эпох // Климаты Земли в геологическом прошлом. М.: Наука, 1987. С. 78–83.
15. Изменение климата и ландшафтов за последние 65 млн лет. М.: ГЕОС, 1999. 260 с.
16. Козьяр Л.А. Применение результатов спорово-пыльцевого анализа кайнозойских отложений в целях палеогеографии // Методические вопросы палинологии. М.: Наука, 1973. С.113–116.
17. Козьяр Л.А., Александрова А.Н. Флористический и палеоэкологический анализ спорово-пыльцевых комплексов олигоценовых отложений нижнего течения р. Ангары // Морской и континентальный палеоген Сибири. Новосибирск: Наука, 1973. С. 120–128.
18. Козьяр Л.А., Михелис А.А. К изучению палеогеновой флоры северо-западных районов Донбасса // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1973. Т. LXXVIII (6). С. 101–109.
19. Козьяр Л.А. Биостратиграфические возможности спорово-пыльцевого анализа кайнозойских отложений // Стратиграфия кайнозоя Северного Причерноморья и Крыма. Днепропетровск: Изд-во ДГУ, 1980. С. 115–124.
20. Козьяр Л.А. Методические основы спорово-пыльцевого анализа. М.: Наука, 1985. 144 с.
21. Козьяр Л.А., Левина А.П., Лейпциг А.В. Особенности континентального осадконакопления и климат палеоэоценовой бокситоносной эпохи на юго-западе Сибирской платформы // Климаты Земли в геологическом прошлом. М.: Наука, 1987. С. 174–190.
22. Лаптева А.М., Фесенко В.Л., Лебедева М.В. Палиноэкологические исследования и их значение для стратиграфии и выяснение генезиса угольных пластов Донецкого бассейна // Геология и геохимия горючих ископаемых. Киев: Наук. думка, 1975. С. 21–30. (Тр.ИГиГТИ; Вып. 44.)
23. Лопатина Д.А. Палинологические и макрофлористические комплексы из эоцен–миоценовых отложений побережья Татарского пролива (Восточный Сихотэ-Алинь) // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2001. Т. 9. № 4. С.70–88.
24. Лопатина Д.А. Спорово-пыльцевые комплексы из эоцен-миоценовых образований Восточного Сихотэ-Алиня: Автореф. дис.... канд. геол.-минер. наук. М., 2003. 24 с.

25. Олейников А.В. О влиянии неогеновых базальтоидов на формирование рельефа в Среднем Сихотэ-Алине // Геоморфология и четвертичная геология Дальнего Востока / Отв. ред. Короткий А.М., Кулаков А.П. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 1976. С. 71–78.
26. Рыбалко В.И., Овечкин В.Н., Климова Р.С. Кайнозойские базальтоиды амгинской серии (Северо-Восточное Приморье) // Сов. геология. 1980. № 12. С. 59–71.
27. Сахно В.Г., Матюнин А.П., Мартынов Ю.А. и др. Восточно-Сихотэ-Алиньский вулканический пояс // Тихоокеанская окраина Азии. Магматизм. М.: Наука, 1991. С. 99–110.
28. Фрадкина А.Ф. Палинофлоры неогена Северо-Востока Азии (Якутия, Приохотье, Чукотка, Камчатка). М.: Наука, 1983. 224 с. (Тр. ИГиГ СО АН СССР. Вып. 523.)
29. Wolfe J.A. Temperature parameters of humido to mesic forests of eastern Asia and relation to forests of other regions of the Northern Hemisphere and Australia // US Geological Survey Professional Paper 1106. Washington, 1979. 37 p.
30. Wolfe J.A., Tanai T. The Miocene Seldovia Point flora from the Kenai Group, Alaska // US Geological Survey. Professional Paper 1105. Washington, 1980. 102 p.

Поступила в редакцию 3 ноября 2003 г.

Рекомендована к печати Л.И. Попеко

D.A. Lopatina

Vegetation and climate of the Eocene-Miocene, Eastern Sikhote-Alin (from paleobotanical analysis data)

Based on the complex study of plant imprints and palynological assemblages from seven localities of the Pribrezhnyi basalt belt, Eastern Sikhote-Alin, a reconstruction was made of vegetation and climate for the late Middle Eocene – Late Miocene. The method of analogy (comparing vegetation groups with modern forests), ecological-floristic analysis, and the method of climatograms were used. The climate at the end of the Middle Eocene–Early Oligocene (Sonye, Bui and Svetlovodnaya floras) was warm-temperate, close to subtropical. The vegetation cover was characterized by domination of broad-leaved and evergreen genera with substantial admixture of Pinaceae and Taxodiaceae. Warm-temperate climate is reconstructed for the end of the Late Oligocene–beginning of the Early Miocene (Amgu flora). Coniferous forests dominated. Flora-bearing deposits of Dembi and Velikaya Kema can be referred to the late Early Miocene – the earliest Middle Miocene (the Miocene climatic optimum). The mixed deciduous broad-leaved forests with prevailing Fagaceae, Juglandaceae, Taxodiaceae and various evergreen genera grew. The climate of the latest Middle Miocene – Late Miocene (Botchi flora) was warm-temperate, but cooler than that of the Late Oligocene –Early Miocene.