

УДК 561:551.763+781(571.65+66)

К ПРОБЛЕМЕ КОРРЕЛЯЦИИ ТОЛЩ НЕМОРСКОГО МЕЛА СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ: УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ФЛОР ВУЛКАНИЧЕСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2019 г. С. В. Щепетов*, В. Ю. Нешатаева

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург

**e-mail: shchepetov@mail.ru*

Поступила в редакцию 07.03.2018 г.

Получена после доработки 30.05.2018 г.

Принята к публикации 28.03.2019 г.

Большинство ископаемых флор из меловых вулканогенных образований Северо-Востока России существенно отличаются по систематическому составу от одновозрастных палеофлор приморских низменностей. Для объяснения особенностей их формирования использованы данные о динамике современного растительного покрова вулканических плато Центральной Камчатки. Показано, что там, где существовали представленные в захоронениях палеофлоры Охотско-Чукотского вулканогенного пояса, практически не было эрозии, зато обильно поступал вулканогенный материал, пригодный для формирования захоронений. После массовых извержений глубинные районы обширной вулканической области оказывались изолированными от источников диаспор. Растительный покров в этих районах восстанавливался в основном за счет пула местных видов, т.е. поддерживался как диаспорический субклимакс. Отсутствие конкуренции со стороны покрытосеменных способствовало длительному сохранению в составе таких палеофлор древних групп растений и появлению на их основе новых таксонов.

Ключевые слова: вулканические поля, эрозия, плато, захоронения, Охотско-Чукотский вулканогенный пояс, палеофлора, извержения, эрозионный срез, рефугиум.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-592X27641-54>

ВВЕДЕНИЕ

На Северо-Востоке России широко распространены континентальные отложения мелового возраста. Они заполняют несколько осадочных бассейнов и слагают Охотско-Чукотский вулканогенный пояс (ОЧВП) (рис. 1). На современном эрозионном срезе эта структура протяженностью около 3200 км представлена множеством более или менее изолированных полей вулканических пород, разделенных выходами интрузий и более древних осадочных отложений. Граница ОЧВП со стороны континента носит условный характер: вулканические поля есть и за ней, но их там значительно меньше. Планомерное изучение меловых вулканогенных образований началось в середине XX в., и сразу же встал вопрос об обосновании их возраста. Остатков морских моллюсков и фораминифер континентальные образования не содержат, споры и пыльца растений в вулканогенных толщах, как правило, не сохраняются, а изотопные методы тогда были мало пригодны для стратиграфических корреляций. Однако в терриген-

ных отложениях и туфовых прослоях вулканогенных толщ нечасто, но регулярно встречаются остатки ископаемых растений. Обычно они приурочены к отрицательным вулканоструктурам, сложенным ассоциациями вулканических пород, формирование которых сопровождалось опусканием субстрата. Местоположение трех таких структур – Пегтымельского и Ульяновского прогибов и Ольской вулканоструктуры – показано на рис. 1.

Использованные на рис. 1 и далее в тексте термины “палеофлористический комплекс” или “тафофлора” – это элементарные палеофлористические единицы, представляющие собой “совокупность ископаемых растений из одного или нескольких территориально и стратиграфически близких местонахождений” (Герман, 2011, с. 10). Тафофлоры или палеофлористические комплексы, обладающие существенно сходными чертами, т.е. характерным сочетанием таксонов, качественным и количественным соотношением групп растений и т.д., мы, вслед за А.Б. Германом (2011), рассматриваем как

ископаемую флору или палеофлору, характеризующую этап развития флоры значительной территории (например, Северного Приохотья).

К началу 1970-х гг. был накоплен значительный палеофлористический материал, который обобщила В.А. Самылина (1974). Она предложила для региона в целом базовую схему развития растительного мира в меловом периоде. Это дало возможность определять возраст флороносных отложений в относительно узких пределах и коррелировать эти отложения друг с другом. Основной построенной Самылиной послужило представление о том, что в середине мелового периода происходил переход от флор мезофита с доминированием папоротников и голосеменных к флорам кайнофита, в которых существенную роль стали играть покрытосеменные растения. Растительный мир быстро эволюционировал, причем изменения состава флор происходили близко по времени или одновременно на всей территории региона.

Позже, однако, было установлено, что на территории Северо-Востока России меловая флора развивалась по-разному в зависимости от палеоландшафтной обстановки (Герман, 1993; Щепетов, 1995). Если во флорах приморских равнин в середине мела действительно шло быстрое нарастание элементов кайнофита, то рядом – в области вулканизма Охотско-Чукотского пояса – количество покрытосеменных после резкого увеличения несколько сократилось, и в некоторых палеофлорах на первый план вновь вышли древние группы растений, в которых возникло множество новых таксонов.

В чем же причина таких различий в истории развития флор? Ответ на этот вопрос важен для правильной оценки возраста флороносных горных пород Северо-Востока России. Кроме того, на Северо-Востоке палеофлористические находки на удивление подробно документируют одну из крупнейших перестроек биосферы планеты. Будь материала поменьше, переход от мезофита к кайнофиту казался бы исследователям катастрофой, подобной вымиранию динозавров. Вулканическая область ОЧВП сохранила множество захоронений растительных остатков, на рис. 1 показаны лишь наиболее изученные из них. Эта область оказалась рефугиумом для древних форм растений (Вахрамеев, 1981), в ней развитие палеофлор проходило по какому-то альтернативному пути. Целью настоящего исследования явилась попытка объяснения особенностей развития палеофлор ОЧВП, используя метод актуализма: по аналогии с формированием современного растительного покрова вулканических областей Камчатки.

СУЩЕСТВУЮЩИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБ УСЛОВИЯХ ПРОИЗРАСТАНИЯ ПАЛЕОФЛОР ОХОТСКО-ЧУКОТСКОГО ВУЛКАНОГЕННОГО ПОЯСА

Можно довольно точно определить момент, когда в научном обороте появилось представление об ископаемых “горных флорах”. В последовательности этапов развития меловой флоры Северо-Востока России В.А. Самылина (1974) не нашла места для комплекса растений, известного из нескольких точек на севере Охотско-Чукотского вулканического пояса. Она назвала его “комплекс *Tchaunia-Kolymella*” (Самылина, Филиппова, 1970; Самылина, 1974, 1988; Белый, 1977). Позже в публикациях (не вполне правомерно) в качестве синонимов стали использоваться термины “чаунский флористический комплекс” или “чаунская флора”. Систематический состав этого комплекса оказался настолько своеобразным, что отнести его к какой-нибудь “стратофлоре” было невозможно. Оставалось признать, что “комплекс *Tchaunia-Kolymella*” существовал одновременно с какой-то из обычных палеофлор. В.А. Самылина писала: “Мне представляется вероятным, что этот комплекс является отражением горной растительности. Известные в настоящее время местонахождения... связаны с той частью вулканического пояса, где преобладающей формой рельефа в середине мелового периода были обширные вулканические плато...” (Самылина, 1974, с. 34).

За почти полвека, прошедших после появления классической работы В.А. Самылиной (1974), количество известных растительных остатков из отложений ОЧВП значительно увеличилось. В научной печати подробно охарактеризованы палеофлоры: арманская (Герман et al., 2016), зоринская (Щепетов, Головнева, 2014), ульинская (Головнева, 2013), аликская (Щепетов, Головнева, 2010) ольская (Самылина, 1988; Герман, 2011) амгуэмская (Головнева, Щепетов, 2015), а также флористические комплексы: волчинский (Девятилова и др., 1980), геданский (Головнева, Щепетов, 2014), карамкенский (Головнева, Щепетов, 2011), аунейский (Головнева, Щепетов, 2013б), олойский (Головнева, 2015), вовеемский (Головнева, Щепетов, 2015), холоховчанский (Щепетов, Герман, 2013), делокачанский (Герман, 2011; Лебедев, 1987), отпорнинский и янский (Головнева, Щепетов, 2013а), аянкинский (Моисеева и др., 2014), усть-эмунарэтский (Моисеева, Соколова, 2014), энмываамский (Головнева, Щепетов, 2014). Для нескольких комплексов, не упомянутых здесь, опубликованы только списки предварительных определений.

Л.Б. Головнева считает, что “эти флоры сформировались в горных условиях и по составу и развитию отличаются в значительной

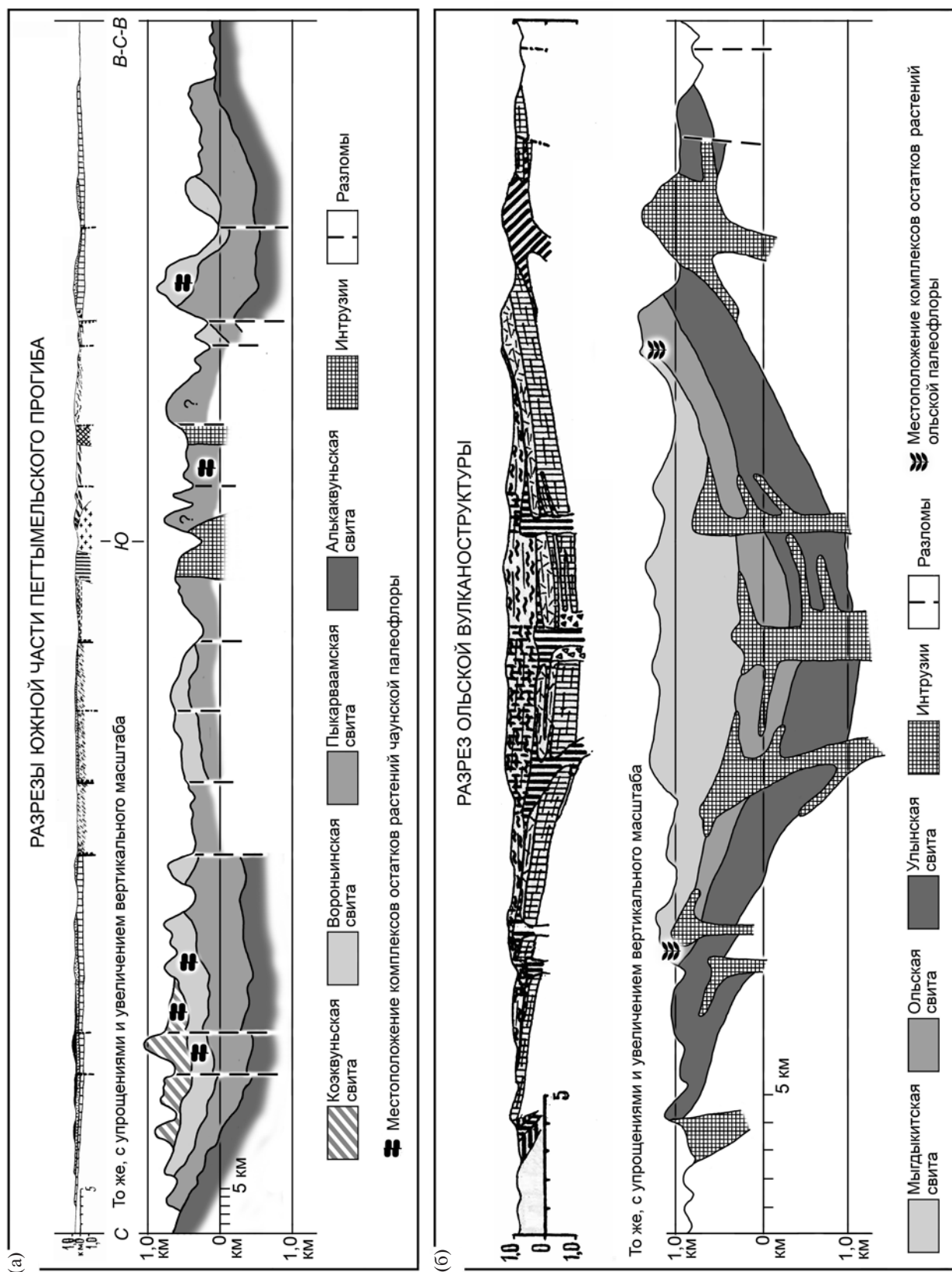


Рис. 2. Разрезы южной части Пеггымельского прогиба (а) и Ольской вулканоструктуры (б) по материалам В.Ф. Белого (1977, рис. 15, 24).

степени от разновозрастных флор, обитавших в равнинных условиях на приморских низменностях. Они характеризуются преобладанием папоротников и хвойных, крайне обедненным составом цветковых и значительным количеством раннемеловых реликтов во всех группах растений” (Головнева, 2014, с. 70). По нашему мнению, эта характеристика в полной мере относится лишь к большинству палеофлор и флористических комплексов из собственно вулканогенных толщ. Флоры из вулканогенно-осадочных отложений, подстилающих вулканические образования, а также ряд флористических комплексов, существовавших на завершающей стадии формирования ОЧВП, иногда содержат довольно много цветковых растений. Общим для всех флор вулканогенного пояса является отсутствие или малое количество видов, встречаемых в разновозрастных флорах приморских низменностей, а также значительное количество раннемеловых реликтов. Исключение составляет только чинганджинская палеофлора ОЧВП (Головнева и др., 2011), которая по составу мало чем отличается от пенжинской и кайваемской палеофлор приморских низменностей (Герман, 1999, 2011). Таким образом, представление о том, что палеофлоры ОЧВП являются горными, возникло сразу же после того, как стали очевидными их отличия от флор приморских низменностей. В частности, В.А. Вахрамеев (1989) оценивал высоту вулканов ОЧВП в 2000–3000 м, Е.Л. Лебедев (1987) объяснял возвышенным характером местообитаний почти все особенности флор ОЧВП, а Л.Б. Головнева (2014) даже выделила особую Горную Охотско-Чукотскую провинцию в пределах азиатской части Сибирско-Канадской палеофлористической области.

Ранее С.В. Щепетов (1995), воспользовавшись советами геоморфолога Б.П. Важенина, попытался обосновать латеральную разновозрастность продуктов каждого из этапов вулканизма ОЧВП. Эффузивные породы могли образовывать стратифицированные геологические тела только в том случае, если извержения лав и тефры одного состава происходили близко по времени или одновременно на значительных площадях. В результате изверженным материалом бронировался верхний ярус рельефа, и возникали вулканические плато – устойчивые против эрозии формы рельефа. Каждая из вулканогенных толщ представляет собой такое погребенное плато, за исключением верхней в разрезе (Щепетов, 1995). На этих плато и обитали растения, сформировавшие большинство известных тафофлор вулканогенных толщ.

Представление о горном характере палеофлор ОЧВП никогда никем не оспаривалось. Если мы сложим мощности вулканогенных толщ ОЧВП

в том или другом районе, то действительно получим высоту в 2–3 км и более. Однако в реальных разрезах редко присутствуют все толщи, перечисленные в сводном разрезе района, а сами мощности толщ часто оказываются завышенными. Кроме того, если продукты извержений просто надстраивали дневную поверхность, то каким образом после 70 млн лет эрозии верхние в разрезах вулканогенные толщи оказались почти на одном гипсометрическом уровне с выходами древних пород, которые подстилают вулканогенные разрезы и обрамляют вулканические поля? Можно, конечно, предположить, что вулканические постройки и нагорья постепенно просели под собственной тяжестью, но никаких геологических свидетельств этому нет.

В классической монографии В.Ф. Белого (1977) содержится множество разрезов и реконструкций структур вулканических полей ОЧВП. Самая “экзотическая” чаунская палеофлора происходит из накоплений крупной изометричной отрицательной структуры – Пегтымельского прогиба. Основные захоронения ископаемых растений сейчас расположены на высоте нескольких сотен метров над уровнем моря (рис. 2а). По периферии Пегтымельского прогиба имеются выходы древних пород его основания, которые расположены примерно на той же высоте (рис. 3). Может быть, 86–89 млн лет назад уровень моря был иным, но разница высот внутренних и периферийных частей прогиба вряд ли была больше.

Сантон-кампанская ольская флора ОЧВП разновозрастна приморской барыковской флоре, однако почти не имеет с ней общих видов. Причем в барыковской флоре доминируют покрытосеменные растения, а в ольской их очень мало, зато многочисленны реликтовые формы растений (Герман, 2011). Может быть, это связано с тем, что ольская флора существовала на завершающей стадии формирования ОЧВП и продукты вулканизма уже надстроили дневную поверхность на значительную высоту? Наиболее представительные захоронения происходят из верхней части ольской свиты в пределах Ольской вулканоструктуры оседания (Белый, 1977) (рис. 2б). Простое суммирование мощностей вулканогенных и вулканогенно-осадочных толщ, залегающих стратиграфически ниже флороносных слоев, даст цифру порядка 2–3 тыс. метров. А если учесть, что местонахождения остатков растений в основном расположены близ кровли ольской свиты, то можно смело добавить еще 1000 м. Такая высота, безусловно, вполне может объяснить любые особенности систематического состава ольской флоры. На современном эрозионном срезе (рис. 2б) основные захоронения ольской флоры располагаются на высоте около 1000 м над уровнем моря. Однако это не высота

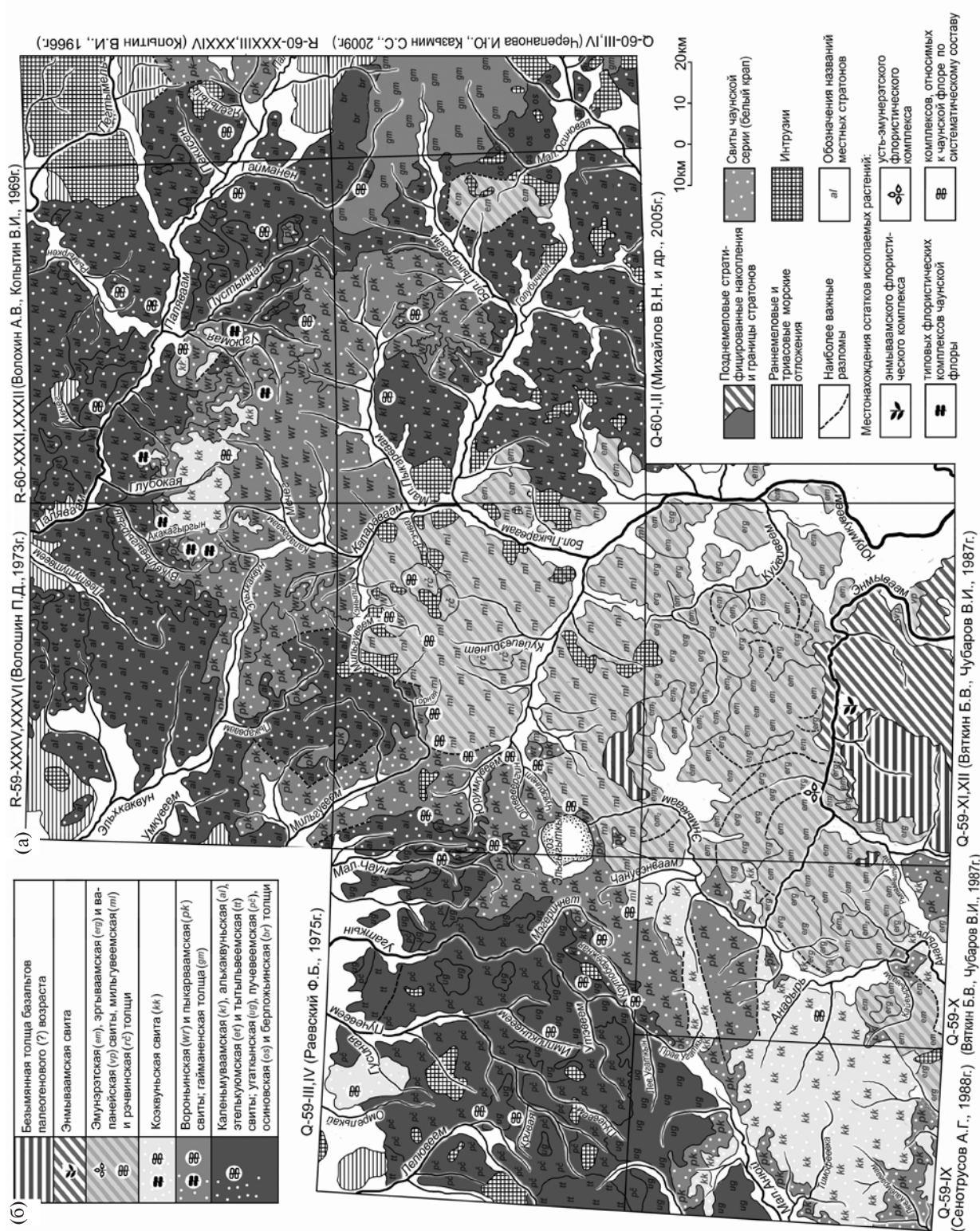


Рис. 3. Схема распространения (а) и стратиграфическая последовательность (б) меловых вулканогенных образований южной части Пегтыевского прогиба и прилегающей части ОЧВП по данным Государственных геологических карт м-ба 1 : 200 000 и работ (Белый, Бела, 1998; Головнева, Щепетов, 2014; Лебелев, 1987; Моисеев, Соколова, 2014; Щепетов, 1991а).

вулканического плато с флорой над окружающей местностью, поскольку данная местность сама имеет высоту почти 1000 м над уровнем моря. Основное захоронение ольской флоры на руч. Жданный сейчас возвышается менее чем на 300–500 м над ближайшими выходами древнего субстрата, а небольшое Первомайское угольное месторождение и захоронения растений в пределах Гипотетического вулканического поля возвышаются менее чем на 100–150 м. При этом известно, что дислоцированные осадочные породы юры и триаса, подстилающие и окружающие вулканические поля, размываются значительно легче, чем вулканы. Может быть, 70 млн лет назад именно они возвышались над залитыми лавой впадинами?

К ольской флоре близка по систематическому составу палеофлора из аркагалинской свиты Аркагалинского угленосного бассейна, расположенного на левобережье р. Колыма (Самылина, 1974, 1988). В этой связи В.Ф. Белый и В.А. Самылина (1987, с. 83–84) отмечали: “Сколь-нибудь надежные данные для оценки возможного среднего превышения вулканических плато над равниной Верхояно-Чукотской области отсутствуют. Однако сам по себе факт существования близких по составу флористических комплексов в угленосных отложениях аркагалинской свиты и в вулканогенно-осадочных образованиях ольской и мыгдыкитской свит указывает на то, что перепад средних гипсометрических уровней плато ОЧВП и Верхояно-Чукотской равнины не был очень большим...”.

По мнению В.Ф. Белого, существенным отличием ОЧВП от большинства современных и четвертичных вулканических зон западной части Тихоокеанского кольца является “широкое, а во многих районах преимущественное развитие изометричных отрицательных вулкано-структур оседания” (Белый, 1977, с. 149). Эти структуры формировались компенсационно: по мере поступления на поверхность вулканического материала происходило опускание субстрата и, соответственно, никаких заоблачных гор при этом не возникало.

А.Д. Деятелилова с соавторами сообщают, что “в бассейнах Правой илевой Убиенки широко развиты вулканогенные, осадочно-вулканогенные и осадочно-пирокластические образования, структурно приуроченные к юго-восточной части Охотско-Чукотского вулканогенного пояса” (Деятелилова и др., 1980, с. 66). Добавим, что в этом районе — на левобережье среднего течения р. Анадырь — на современном эрозионном срезе образования ОЧВП граничат с субаэральными и морскими отложениями Пенжинского прогиба. Э.Б. Невретдинов и А.Д. Деятелилова (Деятелилова и др., 1980) описали здесь три вул-

каногенных толщи с собственными названиями. Нижняя из них — волчинская — разделена на три части. Нижняя часть этой первой в разрезе вулканогенной толщи сложена преимущественно туфоконгломератами, туффитами и туфами андезитов и андезидацитов; мощность ее составляет 500 м. Средняя часть сложена туфами андезитов, туффитами, туфопесчаниками и туфоалевролитами; мощность ее составляет около 550 м. В этой средней части волчинской толщи содержатся остатки растений и аммонитов, которые впервые позволили уверенно определить возраст волчинской толщи как туронский (Деятелилова и др., 1980).

Подводя итог сказанному, рискнем сделать предположение: представление о возвышенных местообитаниях растений, чьи остатки сохранились в захоронениях в области мелового наземного вулканизма, в значительной мере является данью традиции, ничем реально не подкрепленной. Скорее всего, ОЧВП во время своего формирования действительно был горной страной, причем значительно более обширной, чем это показывают на картах (рис. 1). Однако на современном эрозионном срезе остались лишь вулканические поля разного размера, которые изначально представляли собой низменности или межгорные впадины — это и сохранило их от эрозии. Сейчас они несколько возвышаются в рельефе, поскольку окружающий субстрат быстрее размывался. Наверное, вулканы ОЧВП были покрыты растительностью, наверное, на них существовала и высотная поясность растительности. Однако от таких построек в геологической летописи остались лишь толщ вулканомиктовых конгломератов с редким растительным детритом в прослоях песчаника. Если сохранившиеся в захоронениях меловые флоры ОЧВП существовали близ базиса эрозии, если они не были горными, что же обусловило особенности их систематического состава? Попробуем применить метод актуализма и обратимся к опыту изучения современной растительности области активного вулканизма — Камчатского полуострова.

СРАВНЕНИЕ УСЛОВИЙ ОБИТАНИЯ РАСТЕНИЙ ОХОТСКО-ЧУКОТСКОГО ВУЛКАНОГЕННОГО ПОЯСА И КАМЧАТКИ

Палеоландшафт ОЧВП, вероятно, сильно отличался от ландшафта современной Камчатки. Однако некоторые особенности, несомненно, являются общими для любых вулканических областей. Напомним, что речь пойдет не о всех палеоландшафтных обстановках ОЧВП, а лишь о тех, в которых образовывались захоронения растений, сохранившиеся в геологической летописи. Вначале вулканогенно-осадочные слои

с остатками растений формировались в понижениях древнего субстрата, которые окружали первые вулканические постройки ОЧВП. Из таких накоплений происходят арманская, чинганджинская и, вероятно, ульинская палеофлоры. Затем каждый этап активизации вулканической деятельности заканчивался формированием более или менее обширных выровненных поверхностей. В относительно небольших понижениях на этих поверхностях и формировались захоронения местных растений. Отметим, что выровненные поверхности, вероятно, возникали не сразу. Они являлись итогом, результатом очередного этапа вулканической активности. В течение такого этапа рельеф мог быть относительно контрастным: существовали вулканы и межгорные впадины. Примером накоплений такой впадины может служить хорошо петрографически изученный разрез вулканогенной толщи в бассейне р. Кананыга, который включает остатки растений тэукичского флористического комплекса (Щепетов, 1991б), входящего в состав аликской палеофлоры (Щепетов, Головнева, 2010). Однако к началу следующего этапа активизации вулканической деятельности рельеф становился относительно выровненным. Там, где этого не происходило, не наблюдается и смены вулканогенных толщ в стратиграфических разрезах.

Поверхности, образованные вулканогенными толщами ОЧВП, вероятно, были относительно ровными, иначе эти толщи не воспринимались бы как стратифицированные геологические тела. Современными аналогами таких образований можно считать вулканические плато Толбачинский Дол и Ушковский Дол на Камчатке. Такие плато не являются, конечно, абсолютно горизонтальными поверхностями. Обычно они имеют небольшой наклон, их поверхность холмистая, с перепадами высот до нескольких десятков и даже сотен метров. Однако свойства субстрата, слагающего плато, препятствуют образованию выраженного локализованного стока и, соответственно, активной эрозии. Обширные поверхности Толбачинского Дола лишены каких-либо водотоков, ручьев или речек — атмосферная вода просачивается сквозь рыхлый слой тефры. Поверхности, сложенные лавовыми покровами, также безводны — вода уходит по трещинам до первого водоупора и выходит на поверхность по периферии плато в виде ключей. Это позволяет отметить первую особенность условий обитания древних растений на вулканических плато: выраженный локализованный сток отсутствует.

Такая особенность может объяснить значительное количество цветковых растений в большинстве захоронений ОЧВП. Считается, что покрытосеменные расселялись вглубь мате-

рика по речным долинам (Герман, 1999, 2011). Соответственно, отсутствие рек это расселение значительно затрудняло. Хорошим примером может служить обширный Пегтымельский прогиб ОЧВП. В коньякском веке во время заполнения его вулканитами чаунской серии всего в 100–150 км южнее, на приморских низменностях, существовали крупнолистные флоры, в которых доминировали покрытосеменные. Однако преодолеть эти километры за несколько миллионов лет цветковые растения так и не смогли: в палеофлоре чаунской серии их ничтожно мало, и при этом они мелколистные.

Можно, конечно, предположить, что растения приморских низменностей просто не смогли освоить высокое плато, сложенное вулканитами чаунской серии. Однако после завершения формирования чаунской серии начались излияния кислых и основных лав поздней стадии развития ОЧВП (эргываамская, эмунэрэтская, энмываамская свиты). Они сформировали обширное Чинейвеемское вулканическое поле (Белый, Белая, 1998). Образования этого поля перекрывают и вулканиты чаунской серии, и отложения приморских низменностей Пенжинского прогиба. Это говорит о том, что те и другие находились примерно на одном гипсометрическом уровне.

Обширные поверхности плато Толбачинский Дол засыпаны рыхлой тефрой. Она подвижна и насыщена воздухом. Даже при незначительном механическом воздействии, например эоловом переносе, частички застывшего вулканического стекла измельчаются, создавая мелкозернистую или пылевидную фракцию. Нет оснований думать, что на вулканических поверхностях ОЧВП дело обстоит иначе: туфы, туффиты и тефроиды — широко распространенные горные породы этой структуры. Пирокластический материал, снесенный водой в понижения рельефа, оказывался весьма благоприятен для сохранения растительных остатков. На отпечатках иногда можно различить мельчайшие детали жилкования, в одном из местонахождений даже был встречен лист папоротника *Hausmannia*, захороненный свернутым в виде кулька (Самылина, Щепетов, 1988). Обилие материала, пригодного для захоронения остатков растений, можно считать еще одной особенностью области наземного вулканизма ОЧВП. Это подтверждает мнение В.А. Самылиной (1974, с. 34): “Возможно, что здесь мы сталкиваемся с растительными ассоциациями, которые в обычных условиях не fossilизируются, но в данных конкретных условиях зафиксировались благодаря быстрому захоронению растений в продуктах вулканических извержений...”.

В научной печати не раз высказывались предположения о возможном влиянии химических

и физических свойств вулканогенного материала на систематический состав растительности ОЧВП. В частности, А.Б. Герман допускает, что чаунская флора Пегтымельского прогиба могла отражать “растительные сообщества, специализированные благодаря своему существованию на вулканических пепловых почвах” (Герман, 2011, с. 249).

Состав вулканитов, слагающих плато Центральной Камчатки, довольно однороден — это в основном базальты. При этом вдали от вулканических построек на полуострове встречаются хорошо развитые почвы, в которых вулканический материал присутствует лишь в виде примеси. Тем не менее всю современную Камчатку заселяют одни и те же растения, и никаких специализированных к вулканитам видов здесь не отмечено (Нешатаева и др., 2014). То же самое можно сказать и о других областях современного вулканизма — специфических видов в них нет, но обычно формируются функциональные типы растений. Это группы растений, не связанных таксономически, но имеющих сходные морфологические приспособления для освоения молодых вулканических поверхностей.

Для растений также не безразличны химические и физические свойства субстрата. Состав вулканитов ОЧВП весьма различен — от ультракислых до основных по геохимическому составу, а толщи могут быть сложены почти исключительно лавами либо только туфами и туффитами. Тем не менее современная растительность на всей территории ОЧВП довольно однородна по составу (конечно, с учетом широтной поясности) и практически ничем не отличается от таковой прилегающих районов. Количественное соотношение видов и плотность растительного покрова в пределах выходов меловых вулканитов, конечно, могут меняться (что, кстати говоря, и позволяет проследивать геологические границы при дешифрировании аэрофотоснимков). На свежих вулканических поверхностях ОЧВП в коньякском веке существовали растения, остатки которых мы объединяем в аликскую и чаунскую палеофлоры, а в сантоне—кампане существовали растения ольской палеофлоры. Каждая из них включает тафофлоры из вулканогенных толщ существенно разного геохимического и петрографического состава. Тафофлоры одной палеофлоры обладают сходными чертами, которые позволяют относить их к одному этапу развития флоры данной территории. При этом они почти никогда не бывают идентичными по систематическому составу и количественным соотношениям групп растений. Причин таких “частных” различий может быть много, в том числе и физико-химические свойства субстрата, на котором существовали растения. Однако чаще всего та-

кие различия объясняют неполнотой сборов или особенностями захоронения. Можно заключить, что физико-химические свойства вулканического субстрата, скорее всего, не входят в число основных факторов, повлиявших на специфику флор области мелового вулканизма.

При уничтожении или подавлении растительности пеплопадами и излияниями лав на Камчатке она восстанавливается в прежнем составе; новых, ранее отсутствовавших здесь видов не появляется, как не наблюдается и морфологических аномалий вегетативных частей растений. Наиболее важными факторами, регулирующими процессы первичных сукцессий на рыхлых пирокластических отложениях, являются мощность тефры, степень подвижности субстрата и расстояние до ближайших источников диаспор. Там, где продолжаются процессы переноса и переотложения тефры, растительный покров не сформирован либо очень сильно разрежен, а видовой состав значительно обеднен.

Особенности литолого-петрографического состава меловых вулканогенных или, точнее, вулканомиктовых флороносных слоев (Щепетов, 1991б; Щепетов, Герман, 2017) позволяют предположить, что в условиях подвижности вулканического субстрата захоронения растений не возникают. Скорее всего, само появление в геологическом разрезе слоев с отпечатками растений и маркирует закрепление субстрата на местности.

В местообитаниях с закрепленным субстратом, где имеется возможность для укоренения растений, темп и характер сукцессий определяются скоростью поступления семян и локальными микроклиматическими условиями. При полном уничтожении растительного покрова, но при наличии источников семян в радиусе до 1,5 км, относительно сомкнутые тополевые, лиственничные или каменноберезовые молодняки способны сформироваться на тефре за 30–35 лет. Причем зрелые лиственничные леса, сходные по составу и структуре с лесами плато Ушковский Дол, при наличии источников семян могут сформироваться не ранее, чем через 300–500 лет после извержения, а каменноберезовые леса и лиственничные редколесья — не ранее, чем через 150–200 лет. Время формирования климаксовой лесной растительности на шлаковых и лавовых полях составляет не менее 500–2000 лет (Кораблев и др., 2014).

Вулканические поля ОЧВП в меловом периоде, несомненно, были значительно более обширны, чем на современном эрозионном срезе. Вероятно, они смыкались, образуя сплошные вулканические поверхности, уходящие на сотни километров вглубь материка. Надо полагать, что периферийные части этой вулканической стра-

ны, на которые могли быть занесены семена растений из незатронутых вулканизмом районов, давно эродированы. Поэтому и нет ископаемых комплексов растений, которые можно было бы интерпретировать как переходные между равнинными и “горными” палеофлорами — они просто не сохранились. Что же могло быть источником диаспор для глубинных районов области вулканизма?

Мощные извержения на Камчатке периодически уничтожают всю растительность на значительных пространствах. Точнее, почти всю, поскольку практически всегда остаются “островки” уцелевшей растительности. Это может быть скала, заросшая кустарником, которую обогнул лавовый поток, или подножие утеса, прикрывшего от пеплопада участок леса. По окончании катаклизма такие микрорефугиумы в первую очередь становятся источниками семян для заселения ювенильной поверхности. Конечно, в случайном убежище сохраняются далеко не все растения, ранее заселявшие данную территорию. Однако и недостающие виды со временем возвращаются, поскольку их семена поступают из других близлежащих рефугиумов или из соседних, не затронутых извержением районов.

Значительные масштабы вулканической деятельности ОЧВП, конечно, не сопоставимы с таковыми современной Камчатки. Однако механизмы восстановления растительности, вероятно, были такими же, с той только разницей, что в глубинных районах ОЧВП отсутствовал привнос семян извне или он был крайне незначительным. Мы полагаем, что это являлось одним из основных факторов, обусловивших высокий эндемизм и разнообразие систематических составов даже одновозрастных палеофлор ОЧВП.

ОБЪЯСНЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ФЛОРОГЕНЕЗА В ОБЛАСТИ МЕЛОВОГО ВУЛКАНИЗМА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА АКТУАЛИЗМА

Сравнивая условия существования растений на различных вулканогенных субстратах, мы не видим серьезных оснований считать, что меловые флоры области наземного вулканизма ОЧВП, представленные захороненными остатками растений, обитали в горных условиях. Особенности их систематического состава можно объяснить отсутствием эрозии, а также удаленностью и даже изоляцией от источников семян.

Во время формирования ОЧВП такие условия складывались не всегда и не повсеместно. В частности, в самом начале активизации вулканической деятельности, вероятно, рельеф сделался контрастным, обширных вулканических

полей еще не существовало. Покрытосеменные растения, заселив приморские низменности, распространялись вглубь континента, в результате чего возникли ульинская, арманская и чинганджинская палеофлоры. Наверное, их могло быть гораздо больше, но в условиях активной эрозии захоронения не сохранились. В тех районах, где поступление вулканогенного материала на поверхность превышало его снос, рельеф выровнялся, и начали формироваться обширные вулканические поля. В таких условиях покрытосеменные не исчезли, но роль их сильно сократилась. Так, например, в верховьях рек Армань и Ола вулканогенно-осадочные слои с арманской палеофлорой сменились вулканогенными накоплениями, включающими геданский и карамкенский флористические комплексы. В междуречье Вилига—Туманы вулканогенно-осадочные отложения с зоринской и чинганджинской палеофлорами оказались перекрыты вулканогенными толщами, включающими аликскую палеофлору.

Можно предположить, что выравнивание рельефа и ослабление процессов эрозии лишило покрытосеменные растения преимуществ перед папоротниками и голосеменными в скорости расселения. Однако покрытосеменным для успешного распространения требовалась не собственно эрозия, а нарушенные местообитания, которые в обычных условиях они занимали раньше голосеменных и папоротников. При заселении ювенильных вулканогенных поверхностей этого не происходило. Возможно, источники семян цветковых растений оказывались слишком далеко. Как известно, покрытосеменные быстро заселяют вновь образующиеся песчаные и песчано-галечные косы во внутренних частях речных меандр (см. Герман, 2011, рис. 9.8). На современных реках ширина таких кос редко превышает первые сотни метров, они всегда примыкают к берегу с сохранившейся растительностью. Однако при формировании ОЧВП ювенильные поверхности простирались на многие десятки километров, что не позволяло пионерным видам проникать в их центральные части.

История возникновения чаунской флоры, вероятно, была несколько иной. На территории Пегтымельского прогиба периода контрастного рельефа и активной эрозии не было. Вулканические поля начали формироваться здесь сразу, изолируя внутренние районы от кайнофитной флоры приморских низменностей. После извержений растительный покров Пегтымельского прогиба снова и снова формировался из пула местных видов. Это были виды мезофитной буор-кемюсской палеофлоры. По данным В.А. Самылиной (1976), остатки этой флоры обнаружены в саламихинской толще,

залегающей стратиграфически ниже слоев с чаунской флорой (чаунской серии), а также в вилковской толще, которая, мы полагаем, может замещать нижнюю часть чаунских слоев по простиранию или непосредственно подстилать их.

Проанализировав систематические составы палеофлор, А.Б. Герман (2011) отмечает: “Можно предположить, что чаунская флора произошла от более древней амкинской флоры... или от широко распространенной в Северной Пацифике буор-кемюсской флоры...” (Герман, 2011, с. 248). Почему же она от нее произошла? И саламинская, и вилковская толщи также сложные вулканитами, как и чаунская серия. Однако во время формирования этих толщ буор-кемюсская флора сохраняла свой характерный систематический состав.

Можно, конечно, предположить, что буор-кемюсская флора могла значительно измениться, приспособившись к более возвышенным местообитаниям. Однако, как уже отмечалось, Пегтымельский прогиб является изометричной отрицательной вулканоструктурой оседания. Он заполнялся вулканогенным материалом по мере опускания субстрата. Если бы дело обстояло иначе, поверх накоплений чаунской серии не смогло бы сформироваться Чинейвеемское вулканическое поле, перекрывшее также и осадочные отложения Пенжинского прогиба. Более вероятным нам представляется иное объяснение.

Толщи вулканитов чаунской серии Пегтымельского прогиба, в отличие от других образований ОЧВП, очень хорошо стратифицированы; их выходы на местности прослеживаются на десятки километров. На рис. 3, составленном по материалам Государственных геологических карт м-ба 1 : 200 000, показан не весь Пегтымельский прогиб, однако и здесь хорошо видно, что в полосе протяженностью более 300 км с юго-запада на северо-восток и шириной около 200 км вулканиты чаунской серии не разделены сколь-нибудь значительными выходами пород древнего субстрата. Каждая из толщ образовывала сплошной покров если и не на всей этой территории, то на значительной ее части. При этом вулканиты мощностью более 3 км сформировались в прогибе очень быстро в геологическом масштабе времени — всего за 1 или 2 млн лет (Котляр, Русакова, 2004; Акинин, Миллер, 2011). По-видимому, многократно лавы и тефра разом покрывали тысячи квадратных километров поверхности. После каждого этапа вулканической активности лишь немногие растения, уцелевшие в редких рефугиумах, начинали заново осваивать ювенильную поверхность. В таких условиях, при отсутствии конкуренции, репродуктивные преимущества могли получить виды-эксплеренты и пациенты, которые могли

становиться доминантами в формирующихся растительных сообществах. Эволюция здесь как бы “ускорялась”, быстро возникало множество новых видов, но среди “тех, кому повезло”, цветковых почти не было. Возможно, это связано с тем, что цветковые растения чаунской палеофлоры являются потомками малочисленных мелколистных покрытосеменных буор-кемюсской палеофлоры, поскольку виды приморских низменностей сюда не попали.

Можно считать Пегтымельский прогиб “колыбелью новых видов”, местом, где эволюция растительного мира пошла по иному пути — без наступления кайнофита. Но, скорее всего, события, подобные возникновению чаунской флоры, за время формирования ОЧВП происходили много раз и в разных местах. Однако только здесь, в Пегтымельском прогибе, локальный эпизод флорогенеза оказался детально задокументирован захоронениями и подробно представлен в геологической летописи. В пользу такого предположения свидетельствуют некоторые результаты стратиграфических корреляций. Остатки растений чаунской флоры встречены в пяти сменяющих друг друга в разрезе вулканогенных толщах. Представляется вероятным, что первые четыре из них, максимальной суммарной мощностью около 3 км, сформировались во время первого этапа кислого вулканизма ОЧВП. На всей остальной территории вулканического пояса в ходе этого этапа образовалась невыдержанная по простиранию толща вулканитов кислого состава средней мощностью несколько сотен метров.

Терригенные флороносные толщи осадочных бассейнов, по сравнению с осадконакоплением в области интенсивного вулканизма, в целом формируются значительно медленнее. Конечно, при контрастном рельефе размыв и накопление осадков идут быстрее, но в таких условиях возникают грубообломочные отложения, в которых органические остатки обычно не сохраняются. Эпизод флорогенеза, по масштабу подобный возникновению, развитию и гибели чаунской палеофлоры, в осадочном бассейне, наверное, был бы запечатлен остатками нескольких новых видов цикадофитов и папоротников в одном-двух слоях песчаника или алевролита. И никто бы не стал рассматривать их как представителей какой-то особой древней флоры.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ископаемые флоры из меловых вулканических образований Северо-Востока России заметно отличаются по систематическому составу от одновозрастных флор приморских низменностей. Обычно в первых мало или нет

совсем видов, общих с приморскими флорами, постоянно присутствуют реликтовые формы растений, в некоторых флорах, таких как чаунская или ольская, участие покрытосеменных крайне незначительно, тогда как в разновозрастных приморских флорах они доминируют. Исключение составляет лишь чинганджинская палеофлора. Эти различия обычно объясняют тем, что флоры вулканической области являются горными, их местообитания были возвышенными. Однако, по нашему мнению, имеется достаточно оснований считать, что древние растения вулканической области, сформировавшиеся захоронения, обитали на незначительных высотах — близ базиса эрозии. При этом сюда со склонов могли попадать семена растений, уцелевших от уничтожения.

Для объяснения особенностей состава меловых флор области активного вулканизма авторы статьи — геолог-стратиграф и геоботаник — использовали данные о формировании растительного покрова современных вулканических плато Центральной Камчатки. Подчеркнем, что речь идет об условиях существования лишь тех групп древних растений, которые могли попадать в захоронения. Об остальных мы просто ничего не знаем. Полагаем, что наиболее значимыми особенностями формирования флор ОЧВП можно считать следующие:

1. В среде обитания древних растений области наземного вулканизма отсутствовал или был слабо выражен локализованный сток. По сравнению с соседними районами это сильно замедляло процессы эрозии и препятствовало распространению цветковых растений с освоенных ими приморских низменностей.

2. Важнейшим фактором при восстановлении уничтоженного извержением растительного покрова является наличие поблизости источников диаспор. В глубинные районы Охотско-Чукотского вулканогенного пояса споры, семена и вегетативные части растений извне не попадали или попадали в очень незначительном количестве. Восстановление растительного покрова, вероятно, происходило за счет местных видов, уцелевших в случайных рефугиумах.

3. В отличие от равнин или приморских низменностей, в области наземного вулканизма имелось изобилие или даже избыток материала, пригодного для захоронения остатков растений. Это делало возможным фоссилизацию представителей видов и целых растительных группировок, у которых в обычных условиях почти не было шансов попасть в захоронения, поскольку они существовали очень недолго и на ограниченной территории.

4. Химические и физические свойства вулканогенного материала если и оказывали влия-

ние на систематический состав комплексов ископаемых растений, то выявить это влияние на имеющемся материале не представляется возможным.

Особенности систематического состава самой “экзотической” чаунской палеофлоры ОЧВП вполне можно объяснить не возвышенным характером ее местообитаний, а сочетанием перечисленных факторов. Кроме того, эта флора существовала недолго, но при этом она оказалась представлена в геологической летописи лучше других палеофлор — десятками захоронений.

Благодарности. За ценные замечания, советы и помощь в работе авторы выражают искреннюю признательность А.Б. Герману и М.Г. Моисеевой (Геологический ин-т РАН), а также И.Л. Жулановой (СВКНИИ ДВО РАН).

Источники финансирования. Работа выполнена в рамках темы госзадания Ботанического института РАН “Ископаемые растения России и сопредельных территорий: систематика, филогения, палеофлористика и палеофитогеография” (АААА-А19-119021190031-8), при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты №№ 19-05-00121 и 19-05-00805-а) и, частично, Программы Президиума РАН “Эволюция биосферы”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Акинин В.В., Миллер Э.Л.* Эволюция известково-щелочных магм Охотско-Чукотского вулканогенного пояса // Петрология. 2011. Т. 19. № 3. С. 249–290.
- Белый В.Ф.* Стратиграфия и структуры Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. М.: Наука, 1977. 171 с.
- Белый В.Ф., Белая Б.В.* Поздняя стадия развития Охотско-Чукотского вулканогенного пояса (верхнее течение р. Эньмываам). Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1998. 108 с.
- Белый В.Ф., Самылина В.А.* О заключительном этапе развития Охотско-Чукотского вулканогенного пояса // Тихоокеанская геология. 1987. № 5. С. 76–85.
- Вахрамеев В.А.* Развитие флор в средней части мелового периода и древние покрытосеменные // Палеонтол. журн. 1981. № 2. С. 3–14.
- Вахрамеев В.А.* Миграция древних голосеменных в юрское время и причины этого явления // Вопросы палеофлористики и стратиграфии. Л.: Наука, 1989. С. 31–40.
- Герман А.Б.* Этапность и цикличность развития поздне меловой флоры Анадырско-Корякского субрегиона (Северо-Восток России) и их связь с климатическими изменениями // Стратиграфия. Геол. корреляция. 1993. № 1. С. 87–96.
- Герман А.Б.* Меловая флора Анадырско-Корякского субрегиона (Северо-Восток России): систематический

- состав, возраст, стратиграфическое и флористическое значение. М.: ГЕОС, 1999. 122 с.
- Герман А.Б.* Альбская–палеоценовая флора Северной Пацифики. М.: ГЕОС, 2011. 280 с. (Тр. ГИН РАН. Вып. 592).
- Головнева Л.Б.* Новые данные о поздне меловых флорах Ульинского прогиба (Западное Приохотье) // Палеоботаника. 2013. Т. 4. С. 148–167.
- Головнева Л.Б.* Провинциальное деление азиатской части Сибирско-Канадской палеофлористической области в поздне мелу // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2014. Т. 22. № 3. С. 64–74.
- Головнева Л.Б.* Олойский флористический комплекс из меловых отложений верховьев р. Ильгувеем, Северо-Восток России // Палеоботаника. 2015. Т. 6. С. 68–79.
- Головнева Л.Б., Щенетов С.В.* Карамкенский флористический комплекс из поздне меловых образований Охотско-Чукотского вулканогенного пояса // Палеоботаника. 2011. Т. 2. С. 100–113.
- Головнева Л.Б., Щенетов С.В.* Янский флористический комплекс из верхнемеловых вулканогенных отложений Северного Приохотья // Палеоботаника. 2013а. Т. 4. С. 5–35.
- Головнева Л.Б., Щенетов С.В.* Аунейский флористический комплекс из верхнемеловых отложений Охотско-Чукотского вулканогенного пояса // Палеоботаника. 2013б. Т. 4. С. 96–115.
- Головнева Л.Б., Щенетов С.В.* Энмываамский флористический комплекс из верхнемеловых отложений Центральной Чукотки // Палеоботаника. 2014. Т. 5. С. 42–59.
- Головнева Л.Б., Щенетов С.В.* Флористические комплексы из верхнемеловых отложений Восточной Чукотки // Палеоботаника. 2015. Т. 6. С. 14–35.
- Головнева Л.Б., Щенетов С.В., Алексеев П.И.* Чинганджинская флора (поздний мел, Северо-Восток России): систематический состав, палеоэкологические особенности и стратиграфическое значение // Чтения памяти А. Н. Криштофовича. 2011. Вып. 7. С. 37–61.
- Деятилова А.Д., Невретдинов Э.Б., Филиппова Г.Г.* Стратиграфия верхнемеловых отложений бассейна среднего течения р. Анадырь // Геология и геофизика. 1980. № 12. С. 62–70.
- Кораблев А.П., Нешатаева В.Ю., Головнева Л.Б.* Вулканогенная динамика растительности // Растительный покров вулканических плато Центральной Камчатки (Ключевская группа вулканов). Ред. Нешатаева В.Ю. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. С. 231–322.
- Котляр И.Н., Русакова Т.Б.* Меловой магматизм и рудоносность Охотско-Чукотской области: геолого-геохронологическая корреляция. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2004. 152 с.
- Лебедев Е.Л.* Стратиграфия и возраст Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. М.: Наука, 1987. 175 с. (Тр. Геол. ин-та АН СССР. Вып. 421).
- Моисеева М.Г., Соколова А.Б.* Новые данные о составе и возрасте усть-эмунарэльской флоры бассейна р. Энмываам (Центральная Чукотка) // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2014. Т. 22. № 3. С. 45–63.
- Моисеева М.Г., Соколова А.Б., Герман А.Б.* Поздне меловая аянкинская флора Охотско-Чукотского вулканогенного пояса: новые данные // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии. Сборник научных трудов. Ред. Барабошкин Е.Ю., Маркевич В.С., Бугдаева Е.В., Афонин М.А., Черепанова М.В. Владивосток: Дальнаука, 2014. С. 223–226.
- Нешатаева В.Ю., Кораблев А.П., Вяткина М.П., Нешатаев В.Ю.* Растительность вулканических плато Центральной Камчатки // Растительный покров вулканических плато Центральной Камчатки (Ключевская группа вулканов). Ред. Нешатаева В.Ю. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. С. 165–230.
- Самылина В.А.* Раннемеловые флоры Северо-Востока СССР (к проблеме становления флоры кайнофита) // XXVII Комаровские чтения. Л.: Наука, 1974. 55 с.
- Самылина В.А.* Меловая флора Омсукчана. Л.: Наука, 1976. 207 с.
- Самылина В.А.* Аркагагинская стратофлора Северо-Востока Азии. Л.: Наука, 1988. 131 с.
- Самылина В.А., Филиппова Г.Г.* Новые меловые папоротники Северо-Востока СССР // Палеонтол. журн. 1970. № 2. С. 90–97.
- Самылина В.А., Щенетов С.В.* Новый вид папоротника *Hausmannia* и распространение этого рода на Северо-Востоке СССР // Палеонтол. журн. 1988. № 2. С. 130–135.
- Щенетов С.В.* Среднемеловая флора чаунской серии (Центральная Чукотка). Магадан: СВКНИИ ДВО АН СССР, 1991а. 145 с.
- Щенетов С.В.* Стратиграфия континентального мела юго-западного фланга Колымского нагорья. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1991б. 160 с.
- Щенетов С.В.* Стратиграфия континентального мела Северо-Востока России. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1995. 122 с.
- Щенетов С.В., Герман А.Б.* Холоховчанский флористический комплекс позднего мела Охотско-Чукотского вулканогенного пояса (Северо-Восток Азии) // Палеоботаника. 2013. Т. 4. С. 116–147.
- Щенетов С.В., Герман А.Б.* Проблемы биостратиграфии континентального мела Северо-Востока Азии // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии. Сборник научных трудов. Ред. Барабошкин Е.Ю., Маркевич В.С., Бугдаева Е.В., Афонин М.А., Черепанова М.В. Владивосток: Дальнаука, 2014. С. 331–335.
- Щенетов С.В., Герман А.Б.* Условия формирования захоронения динозавров и растений в бассейне реки Каканат (Корякское нагорье, Северо-Восток Азии) в конце мелового периода // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2017. Т. 25. № 4. С. 42–61.
- Щенетов С.В., Головнева Л.Б.* Поздне меловая флора из вулканогенных образований Северного Приохотья (Охотско-Чукотский вулканогенный пояс) // Палеоботаника. 2010. Т. 1. С. 45–95.

Щепетов С.В., Головнева Л.Б. Зоринская флора Северного Приохотья (поздний мел) и проблема фито-стратиграфии нижней части разреза Охотско-Чукотского вулканогенного пояса // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2014. Т. 22. № 4. С. 52–66.

Herman A.B., Golovneva L.B., Shczepetov S.V., Grabovsky A.A. The Late Cretaceous Arman Flora of Magadan Oblast, Northeastern Russia // Stratigraphy and Geological Correlation. 2016. V. 24. № 7. P. 651–760. doi: 10.1134/S0869593816070029

*Рецензенты А.Б. Герман,
И.Л. Жуланова, М.Г. Мусеева*

THE PROBLEM OF THE NON-MARINE CRETACEOUS STRATA CORRELATION IN THE NORTH-EAST OF RUSSIA: THE CONDITIONS OF FLOROGENESIS IN THE VOLCANIC REGION

S. V. Shczepetov, V. Yu. Neshataeva

Komarov Botanical Institute, Russian Academy of Sciences, Saint-Petersburg, Russia

The most part of the fossil floras from the Cretaceous volcanogenic formations of the North-East of Russia differs significantly in systematic composition from the same-age paleofloras of coastal lowlands. In order to explain the features of their formation, the modern data on the dynamics of vegetation cover on the volcanic plateaus of Central Kamchatka were used. It was shown that in the sites where the paleofloras in geological disposals of the Okhotsk-Chukchi volcanogenic belt were found, there was practically no erosion, but there was the abundance of volcanic material suitable for the formation of disposals. After the massive powerful eruptions, the inland districts of the vast volcanic areas were isolated from the sources of diaspores. Vegetation cover in these areas recovered mainly due to the pool of local species, i.e., maintained as a diasporic sub-climax. The lack of competition from angiosperms contributed to the long-term preservation in such paleofloras the ancient groups of plants and the formation of new taxa on their basis.

Keywords: volcanic fields, erosion, plateau, geological disposals, Okhotsk-Chukchi volcanic belt, paleoflora, eruption, erosion section, refugium

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-592X27641-54>