

ГЕНЕЗИС И ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ

УДК 631.4

ПОЧВЫ ДЕВОНА И КАРБОНА. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ В РОССИИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

© 2020 г. Т. В. Алексеева*

*Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
ул. Институтская, 2, Пущино, Московская область, 142290 Россия*

**e-mail: alekseeva@issp.serpukhov.su*

Поступила в редакцию 02.03.2020 г.

После доработки 22.04.2020 г.

Принята к публикации 30.05.2020 г.

Сведения о находках палеопочв девона и карбона на территории Земли ограничены. В работе обобщена информация о таких находках (около 50 публикаций) преимущественно для территории палеоконтинентов Лавруссия и Пангея. С целью визуализации этих сведений составлены карты-схемы находок. Анализ карт-схем показал, что абсолютное большинство описанных палеопочв девона принадлежит к азональному и интразональному рядам. Среди находок преобладают болотные палеопочвы. Находки аналогов зональных почв: оксисолей и альфисолей – на территории Воронежской антеклизы являются на сегодняшний день единственными. Большинство описанных палеопочв раннего карбона также принадлежит к азональному и интразональному рядам. Широкое распространение болот нашло отражение в увеличении площади суши, занятой угольными бассейнами, которая в раннем карбоне составила 8% по сравнению с 1% в девоне. Изученная автором статьи территория Подмосковского осадочного бассейна характеризуется широким набором типов почв, включая зональные почвы гумидного ряда (сподосоли). В среднем и позднем карбоне палеопочвы представлены как азональными и интразональными типами, так и зональными. На территории Северной Америки и Западной Европы широко распространены торфяно-болотные почвы под углеобразующей растительностью. Площадь суши, занятой угольными бассейнами этого возраста, достигает абсолютного максимума и составляет 22%. На территории Подмосковского осадочного бассейна в отложениях среднего и позднего карбона выявлены ландшафты полупустынного типа с почвенным покровом, представленным аридными Са–Mg-пальгорскитовыми почвами.

Ключевые слова: палеопочвы, Центральное девонское поле, Подмосковский осадочный бассейн

DOI: 10.31857/S0032180X20100020

ДОЧЕТВЕРТИЧНОЕ ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ: ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА И СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ В РОССИИ

Как важнейшие компоненты гео-биосферы палеопочвы, являются первостепенными свидетельствами континентальных обстановок на Земле. Появление сосудистых растений, взрывное освоение ими суши и появление корнеобитаемых почв в девоне являются одними из глобальных этапов в развитии биосферы [18, 77, 101]. Растет число находок палеопочв первой половины палеозоя: ордовика и силура, сформированных при участии несосудистых растений [103, 106].

В истории палеопочвоведения наблюдается поступательный тренд, начиная с работ В.В. Докучаева. Актуальность изучения палеопочв на рубеже XX в. подчеркивали видные российские ученые Б.Б. Полынов и К.Д. Глинка. В статье 1927 г. к Всесоюзному съезду почвоведов в Ленинграде и в плане подготовки к Международному почвен-

ному конгрессу в Вашингтоне в 1928 г. Б.Б. Полынов выделил “палеопочвоведение” в качестве раздела почвоведения, что явилось становлением его как научной дисциплины. Был обозначен круг ее объектов и задач [97].

К.Д. Глинка – один из первых российских ученых, указавший на значимость палеопочвенных исследований, в том числе для целей палеоклиматических реконструкций [12, 13]. Он, в частности, писал: “...изучение ископаемых и древних почв должно играть важную роль при реставрации климатических условий минувших геологических периодов. Если в современную нам эпоху латерит может образоваться лишь при условиях тропического климата, то так это было и в древние эпохи. Если под ледниковыми наносами или среди последних мы находим остатки подзолистых почв, то имеем право заключить, что доледниковая и межледниковые эпохи не слишком резко отличались по своим климатическим условиям от современ-

ной эпохи для тех областей, которые заняты ледниковыми наносами. *Заключения, сделанные на основании изучения древних процессов выветривания, будут даже точнее, чем выводы, основанные на остатках ископаемой флоры и фауны, ибо и растения, и животные могут в известной степени приспособляться к изменившимся климатическим условиям, а процессы выветривания этого не могут... Необходимо только научиться узнавать тип выветривания не только тогда, когда продукт выветривания сохранил еще все свои морфологические особенности, но и тогда, когда эти последние в значительной мере уничтожены, а остались лишь своеобразные химические свойства продукта выветривания* [13]. В статье К.Д. Глинки “Задачи исторического почвоведения” (1904 г.) [12] рассмотрены методические подходы к изучению ископаемых и древних почв, в частности, применение принципа “униформитаризма” (актуализма), который сформулирован: “явления, совершавшиеся на земной поверхности в древние моменты жизни Земли, были в своей основе те же, что и теперь, различие могло быть лишь количественное, а не качественное”. Вместе с тем автор советует иметь в виду, “что прошлые геологические эпохи не представляют таких разнообразных комбинаций климатических условий, какие мы имеем на современной земной поверхности... если мы найдем в ископаемом состоянии такую почву, аналога которой мы не подыщем в современном почвенном покрове, то это будет достаточным основанием для утверждения новой комбинации условий почвообразования древних периодов”.

Наука палеопочвоведение выростала из смежных дисциплин, таких как седиментология, геология докембрия, палеоботаника, палеонтология позвоночных [105]. Важную роль в ее становлении играла организация международных конференций. Помимо сессий в рамках крупных международных конгрессов (ISSS, INQUA, IGU), первые отдельные Симпозиумы были организованы в 1971, 1993, 1995, 1997, 2000 гг.

Значимость палеопочвенных объектов обусловлена и тем, что лишь 10% геологического времени напрямую зафиксировано в осадочной летописи, в то время как основная его часть скрыта из-за перерывов в осадконакоплении, субаэральных преобразований осадков, а также эрозии [84, 93]. Из-за известной эпизодичности осадконакопления можно полагать, что почвообразование является вполне обычной частью континентального осадочного процесса, и многие древние континентальные отложения представляют собой, либо включают палеопочвы. Учитывая, что 75% поверхностных пород Земли являются осадочными породами, многие из которых имеют континентальный генезис, палеопочвы должны в изобилии присутствовать в геологической записи. Поскольку время их формирования в масштабах геологического времени почти моментально (2–30 тыс. лет), они представляют собой идеальный объект для корреляции отложений как на локальном, так и региональном уровнях [89].

При всей обозначенной важности, потенциал палеопочвоведения как свидетеля истории и эволюции дочетвертичной биосферы Земли на настоящий момент во многом остается нереализованным. Возможности использования палеопочв для целей стратиграфии (педостратиграфия) наряду с лито- и биостратиграфией, для целей реконструкции палеоклимата находятся на стадии разработки, сведения о находках дочетвертичных палеопочв на территории Земли фрагментарны, отсутствуют карты почвенного покрова древних континентов.

Если палеопочвы, развитые на территории Российской Федерации в плейстоцене и голоцене, активно изучаются отечественными учеными, особенно на протяжении последних десятилетий [31], то публикации, содержащие информацию по дочетвертичному почвообразованию на этой территории, все еще единичны и охватывают преимущественно ископаемые почвы перми–раннего мезозоя. Здесь необходимо назвать исследования В.И. Чалышева [45–47] – одного из отечественных основоположников исследований в данной области, которые касались палеопочв перми и триаса на территории Предуралья хребта. Весомы труды А.П. Феофиловой [42–44] по палеопочвам карбона и перми на территории Донецкого угольного бассейна. После 30-летнего перерыва полевые исследования ископаемых почв были возобновлены, но касались, за малым исключением, палеопочв перми и триаса: Перельман, Борисенко [32], Кузнецова с соавт. [27], Наугольных [30], Иноземцев, Таргульян [23], Иноземцев с соавт. [24], Макеев [28] и др. Работы отечественных ученых по изучению палеопочв допермского периода на настоящий момент единичны. Так, первые находки палеопочв верхнего девона на территории России (Средний и Северный Тиман) были сделаны менее 10 лет назад [7, 50–52, 96, 110].

До недавнего времени [55, 58] в литературе отсутствовали прямые упоминания о находках палеопочв в разрезах девона Центрального девонского поля (ЦДП). ЦДП – историческое название площади выходов девонских отложений на дневную поверхность и под мезокайнозойские отложения на моноклинали, располагающейся в основном в пределах Воронежской антеклизы, административно – в южной части Центрального федерального округа Российской Федерации. Вместе с тем наличие перерывов в накоплении осадков, признаков субаэрального выветривания на определенных стратиграфических уровнях и в отдельных тектонических зонах, находки здесь

наземных растений и спор отмечали многие авторы [25, 33–36, 38, 41, 53, 54, 61, 88].

Отложения карбона на территории Подмосковного осадочного бассейна представлены преимущественно осадками мелкого эпиконтинентального морского бассейна. Геологическая запись морского осадконакопления на данной территории имеет множественные перерывы, отражающие регрессивно-трансгрессивные циклы [9, 29, 56, 81, 84]. Континентальные осадки несогласий представлены отложениями глин, углей, солей. Последние помимо экономической значимости являются и важнейшим источником информации об эволюции растительного и животного мира, палеоклимата и биосферы в целом. Субаэральные поверхности в отложениях карбона на данной территории описываются в литературе, начиная с первой половины XX в. [8, 10, 19, 48, 49]. Они упоминаются как “заболоченные низины”; “поверхности осушений и размывов”, “поверхности зарастания”, “слои, обогащенные углефицированным детритом”, “корневые горизонты” и др. В зависимости от амплитуды колебаний уровня морского бассейна, близостью к береговой линии, длительности субаэрального эпизода, климатических или других факторов на осушенной территории могут формироваться калькреды, каличе, отлагаться ил, пресноводные карбонаты, развиваться почвы. Вместе с тем субаэрально преобразованные поверхности морских карбонатных осадков каменноугольного возраста и перекрывающие их терригенные отложения Московской синеклизы до недавнего времени не рассматривались в качестве объектов (палео)почвоведения. Публикации П.Б. Кабанова [82, 84] и совместные работы сотрудников Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН в Пушкино [3, 4, 16, 57, 83] во многом являются пионерными.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ ИСКОПАЕМЫХ ПОЧВ

Выборочная сохранность палеопочв. Преобразования палеопочв после их погребения (почвенный диагенез). Одним из важных методологических аспектов изучения ископаемых почв, как объекта палеонтологии, являются положения тафономии и литолеймомонии – наук о закономерностях сохранения органических остатков в осадочных толщах и осадочных породах, в том числе сохранения ископаемых почв. Основы этих наук заложены И.А. Ефремовым и детально изложены в работе “Тафономия и геологическая летопись” [17].

Кратко сущность этой стороны исследований палеонтологических объектов заключается в том, что от древнейших периодов Земли в ископаемом состоянии *выборочно* сохраняются те живые существа, которые обитали в воде или около воды:

низины, озера, речные дельты, береговая линия. Находки палеопочв палеозоя приурочены преимущественно к затопленным болотным областям.

Наряду с вопросом о *выборочной* сохранности палеопочв в геологической летописи, при изучении этих объектов неизбежно встает вопрос о преобразованиях свойств ископаемых почв после их погребения – почвенном диагенезе. Знания этих закономерностей отчасти помогают исследователям снять “вуаль” времени с таких сложных объектов, какими являются ископаемые почвы. Необходимо заметить, что взгляды на суть термина “диагенез” исследователями в области палеопочвоведения в большинстве случаев расходятся с взглядами литологов. Так, Н.М. Страхов [39] рассматривает диагенез как одну из трех последовательных стадий (этапов) в истории осадочной породы: 1) седиментогенез – образование осадка; 2) диагенез – превращение осадка в осадочную породу; 3) эпигенез – комплекс изменений сложившейся породы при тектонически обусловленных переменах условий ее существования (исключая при этом метаморфизм и выветривание). Н.М. Страхов разделяет физико-химические сущности преобразования субаквальных осадков и субаэральные преобразования. Последние, по его мнению, не имеют ничего общего с диагенезом, но отвечают выветриванию и почвообразованию.

И.П. Герасимов в статье “Природа и сущность древних почв” [11] пишет о необходимости признания того факта, “что современная, т. е. “живая почва”, превращаясь в “мертвую”, т. е. ископаемую (погребенную) испытывает очень серьезные изменения. В новых условиях (при погребении) она разрушается и трансформируется, постепенно утрачивая и видоизменяя свои первоначальные свойства, а также приобретая некоторые новые. Последние следует называть *диагенетическими или педометаморфическими*”. Среди диагенетических преобразований И.П. Герасимов подробно останавливается на: 1) процессах минерализации гумуса; 2) вторичной природе солевых профилей древних почв; 3) вторичном оглеении; 4) изменении окраски – побурении, вызванном минерализацией органического вещества, а также покраснении.

С.В. Губин [14] рассматривает диагенез почв, погребенных под искусственными сооружениями (курганами, валами и т. д.), как этап физико-химического уравнивания погребенного почвенного тела. Акцент он делает на минерализацию и трансформацию органического вещества. Позднее рядом исследователей погребенных под курганами голоценовых почв было показано, что в них в ходе диагенеза имеет место как снижение содержания гумуса (до 70% за первые 2 тыс. лет с момента погребения), так и изменение его качественного состава [6, 15, 16, 20, 21, 40]. И.В. Иванов с соавт. [22] оценивают потери гуму-

Таблица 1. Сопоставление палеопочвенной классификации Г. Мака с соавт. [91], (1993) и Soil Taxonomy (1975, 1978) (перевод табл. 1 из статьи Kraus [89], (1999) с поправками)

Mack et al. (1993)	Soil Taxonomy (1975, 1978)
Протосо́ль	Энтисо́ль
Вертисо́ль	Вертисо́ль
Гистосо́ль	Гистосо́ль
Глейсо́ль	Не верхний порядок
исключается	Андосо́ль
Оксисо́ль	Оксисо́ль
Сподосо́ль	Сподосо́ль
Аржиллисо́ль	Альфисо́ль Ультисо́ль
Кальцисо́ль	Нет эквивалента
Гипсисо́ль	Нет эквивалента
Нет эквивалента	Аридисо́ль
Исключается	Моллисо́ль
Нет эквивалента	Гелисо́ль

са в 50% за первые 1700 лет. По их оценкам до 1 млн лет содержание гумуса в палеопочвах остается относительно постоянным в количестве 0.3% (или 6–7% от исходного содержания).

В.А. Серышевым [37] в деталях изучены черты *субаквального диагенеза* – преобразования макро- и микростроения, и некоторых свойств затопленных и погребенно-затопленных почв. Автором показано, что основной движущей силой многих диагенетических процессов (изменения окислительно-восстановительного потенциала, переходы Fe^{3+} – Fe^{2+} и другие минеральные преобразования, изменение окраски) является органическое вещество, его деструкция и трансформации.

В деталях возможные преобразования свойств почв после их погребения рассмотрены в обзорной монографии и статьях Г. Реталлака с соавт. [101, 102], а также Н. Шелдона с соавт. [108, 109]. Обобщая эти работы, необходимо особо выделить следующие преобразования:

1. Минерализацию органического вещества. Подчеркнуто, что процесс имеет место в хорошо дренируемых почвах и не распространяется на торфяные и гидроморфные палеопочвы.

2. Углефикацию торфа, растительного детрита, потемнение спор и пылицы.

3. Глеезацию – приобретение профилем или отдельными горизонтами голубовато-серых и зеленовато-серых оттенков, формирование пятен и галло вокруг ризолитов. Является результатом химического восстановления оксидов и/или гидроксидов железа анаэробными бактериями. Процессы имеют место в гидроморфных обстановках –

на уровне грунтовых вод или ниже его. Одним из следствий этого процесса можно считать “стирание” магнитного сигнала – характерного почвенного свойства, обусловленного формированием микрокристаллического биогенного магнетита/маггемита.

4. Покраснение профиля в ходе дегидратации и перекристаллизации гетита (чаще всего) в гематит.

5. Цементацию порового пространства. В качестве цемента могут быть карбонаты (кальцит, сидерит, доломит), гипс, минералы Fe (гематит, гетит и др.), кремнезем.

6. Уплотнение и связанную с ним потерю мощности профиля. Коэффициент уплотнения зависит в первую очередь от текстуры почвенного материала (как следствие, исходной пористости) и от глубины залегания палеопочвы.

7. Минеральные трансформации, прежде всего, иллитизацию смектитов с формированием вторичных иллитов либо смешанослойных иллит-смектитов в погребенных на больших глубинах палеопочвах и осадочных породах. Родственным процессу иллитизации является формирование вторичных цеолитов (клиноптилолита) и селадонита в случае, если палеопочвы формируются на вулканогенном материале.

8. Неоморфизм – например, перекристаллизацию карбонатов, а также оксидов Fe: магнетита и маггемита с укрупнением кристаллов.

Принимая во внимание перечисленные возможные преобразования палеопочв, построена схема диагенеза палеопочв девона и карбона (рис. 1). Дополнительно присутствует блок “Эрозия и денудация”, который отображает изменения, вызванные катастрофическими явлениями (погребенные под туфами, селями и т. д.), имеющими место на этапе захоронения. Как следствие, исследователи часто имеют дело с неполными (обезглавленными) профилями палеопочв.

Классификация палеопочв. Вопрос о номенклатуре палеопочв активно дискутируется в литературе. По сей день нет единой точки зрения: должна ли генетическая диагностика палеопочв базироваться на существующих почвенных классификациях, либо нужны специальные – палеопочвенные [11, 89, 91, 101, 116]. Мнения исследователей разделились. Ниже кратко приводятся аргументы двух противоположных сторон.

И.П. Герасимов [11] в качестве основной задачи при изучении ископаемых почв видит определение степени ее сохранения от позднейших разрушительных и метаморфических воздействий. “Главным результатом этого изучения должно быть научно обоснованная реконструкция первоначального строения древней почвы, на основании чего может быть достоверно определен ее исходный генетический тип... Между тем более чем проблематично полное генетическое тождество



Рис. 1. Схема возможных преобразований в палеопочвах (диагенез почв).

современных почв даже с верхнеплейстоценовыми древними почвами... С возрастанием абсолютного возраста древних почв возможность их генетического отличия от современных почвенных типов, несомненно увеличивается”. Таким образом, И.П. Герасимов предостерегает от “прямолинейного актуализма при сопоставлении древних почв с современными”.

Проведенный автором статьи анализ литературы по вопросам генетической диагностики палеопочв показал, что наиболее часто употребляемой специальной палеопочвенной классификацией является классификация Г. Мака с соавт. [91]. В этой описательной классификационной системе используются почвенные признаки, имеющие наибольший потенциал к сохранности в литологической летописи. Используемые в ней морфологические и минералогические признаки легко распознаются при полевых наблюдениях. В основе ее лежат 6 признаков или почвенных процессов: 1) аккумуляция органического вещества; 2) горизонтное строение профиля; 3) окислительно-восстановительные обстановки; 4) признаки *in situ* минеральных преобразований; 5) иллювирирование нерастворимых минералов; 6) аккумуля-

рование растворимых минералов. На основании этих признаков палеопочвы объединены в 9 типов. Четыре из них заимствованы из Soil Taxonomy – Гистосоли, Сподосоли, Оксисоли и Вертисоли. Остальные пять – это новые, предложенные авторами типы: Кальцисоли, Гипсисоли, Глейсоли, Аржиллисоли, Протосоли. Данная классификация проста, имеет целью стандартизировать палеопочвенную терминологию и облегчить взаимопонимание исследователей (табл. 1). Здесь уместно обратиться еще раз к работе К.Д. Глинки [12], в которой он обращает внимание на различия между “комбинациями климатических условий” в прошлые геологические эпохи и на современной земной поверхности. Вследствие чего не все ископаемые почвы будут иметь современные аналоги.

Статьи Н. Тabora с соавт. [115, 116] – одни из последних и наиболее полных работ, анализирующих вопрос о классификации палеопочв. Авторы указывают, что на сегодняшний момент все еще отсутствует консенсус по данной проблеме. Некоторые авторы используют неформальную терминологию, типа “калькрет”, “латерит” и др. Другие принятые в почвоведении классифика-

ции – такие, как Soil Taxonomy, либо базируются на наиболее выраженной палеопочвенной характеристике, например, на наличии горизонта аккумуляции глины (Bt), карбонатного, глеевого горизонтов и др. [117]. Отечественные исследователи ископаемых почв использовали и используют отечественные почвенные классификации разных лет [23, 43, 44, 96].

В следующем разделе этой статьи названия палеопочв девона и карбона приводятся в соответствии с классификационными предпочтениями авторов публикаций.

ПАЛЕОПОЧВЫ ДЕВОНА И КАРБОНА НА ТЕРРИТОРИИ ЛАВРУССИИ И ПАНГЕИ: ГЕОГРАФИЯ И ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ

С целью визуализации имеющихся на настоящий момент сведений о находках палеопочв девона и карбона на территории Лавруссии–Пангеи были составлены карты-схемы находок палеопочв девона, раннего, среднего и позднего карбона. За основу взяты карты Л. Кокса и Т. Торсвика [62] (рис. 2). Отдаем себе отчет в том, что подобные карты-схемы безусловно имеют “узкие места”. Так, они во многом отражают степень изученности территории, которая определяется как объективными, так и субъективными факторами (экономическим развитием, научным интересом и др.). Во-вторых, здесь уместно вернуться к положениям и выводам из книги И.А. Ефремова [17] о выборочной сохранности ископаемых живых существ и палеопочв, о приуроченности большинства находок к болотам, озерам, береговым линиям, т. е. к низменным и краевым участкам материков. В связи с этим еще более возрастает значимость находок палеопочв авторитарного ряда, сформированных на субаэральных поверхностях материков. Полагаем, что подобные карты-схемы небесполезны и дают некоторое представление о почвенном покрове Земли на данном этапе развития ее биосферы.

Находки палеопочв девона на территории Земли редки (рис. 2, А). На составленной карте-схеме видно, что они сконцентрированы на территории Северной Америки, преимущественно на восточном побережье США, а также на Британских островах. Широко известная первая находка раннедевонской палеопочвы и флоры (1921 г.) – Райниевый черт – находится на территории Шотландии [87]. На территории Балтии (Евразии) находки палеопочв приурочены к Тиману и территории ЦДП.

Абсолютное большинство описанных палеопочв девона принадлежит к аazonальному (энтисоли, инсептисоли, аллювиальные) и интразональному (гистосоли, вертисоли) рядам. Среди

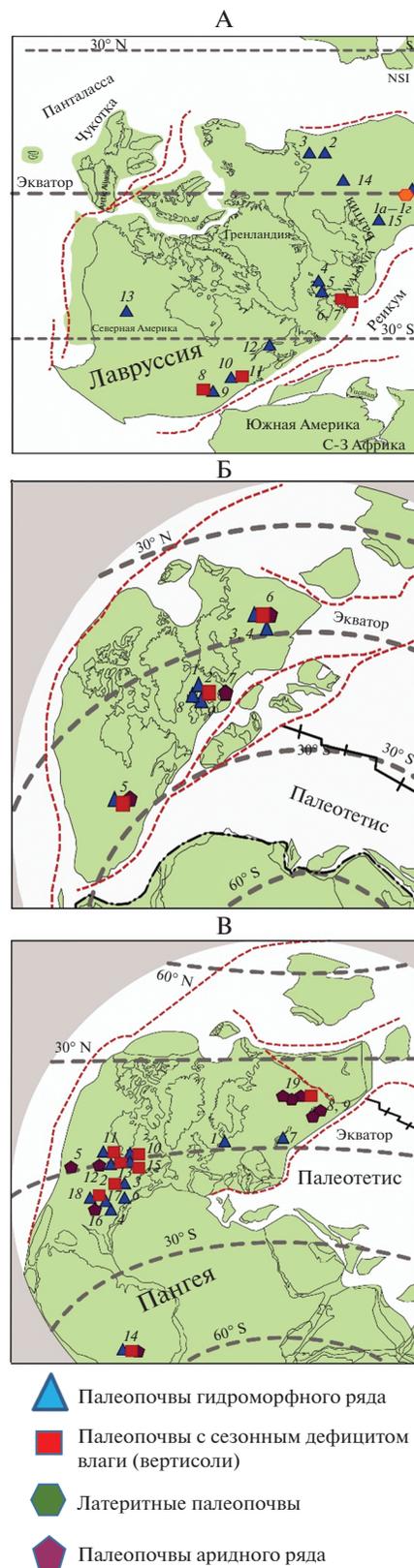
находок преобладают палеопочвы гумидного ряда (болотные палеопочвы). Как следствие, в девоне появились первые в истории Земли залежи углей. Вместе с тем площадь, занимаемая угольными бассейнами в верхнем девоне, составляла $\ll 1\%$ от площади, занимаемой обломочными породами [59]. Заметен вклад и Са-вертисолей, для формирования которых требуются сезонные колебания увлажненности. Наши находки аналогов зональных почв: оксисолей и арджиллисолей на территории ЦДП являются на сегодняшний день единственными. В целом обозначенный почвенный покров отвечает господству жаркого, влажного – сезонно-аридного климата.

Обзор имеющейся литературы показал, что находки палеопочв раннего карбона на территории Земли крайне редки (рис. 2, Б). На составленной карте-схеме видно, что они сконцентрированы на территории Британских островов и Западной Европы. Географически территория расположена южнее экватора вплоть до южного тропика. Для территории Евразии первые находки были сделаны А.П. Феофиловой [42–44] на территории Донецкого угольного бассейна. Основные находки приурочены к территории Подмосковского осадочного бассейна и принадлежат П.Б. Кабанову и нашему коллективу. Эта территория располагалась в приэкваториальной зоне. Как и в случае с палеопочвами девона, большинство описанных палеопочв раннего карбона принадлежит к аazonальному (энтисоли, инсептисоли, аллювиальные) и интразональному (гистосоли, вертисоли) рядам. Широкое распространение болот и болотных почв нашло отражение в увеличении площади суши, занятой угольными бассейнами, которая в раннем карбоне составила 8% [59]. Большое разнообразие типов палеопочв в верхах Миссисипского отдела обнаружено на границе штатов Кентукки–Вирджиния [85], где наряду с аazonальными почвами и вертисолями (которые преобладают) обнаружены альфисоли и оксисоли. А.П. Феофилова указывает на находки элювиально-иллювиальных зональных палеопочв (по-видимому, лессивированных, альфисолей) на территории Донецкой области. Территория Подмосковского осадочного бассейна характеризуется широким набором типов почв, включая зональные почвы гумидного ряда (сподосоли), а также палеопочвы семиаридные (кальцисоли, гипсисоли) и Са–Mg-аридные – палыгорскитовые. Находки палыгорскитовой палеопочвы и палеостринного комплекса в толще пород михайловского горизонта визе на территории Подмосковского осадочного бассейна – древнейшие из описанных на сегодняшний день [3, 4, 26, 57].

Обзор имеющейся на сегодняшний день литературы показал, что находки палеопочв среднего и позднего карбона на территории Земли заметно превышают находки палеопочв раннего карбона (рис. 2, В). Абсолютно преобладают находки этих

палеопочв на территории Северной Америки (США и Канада). Интересны находки палеопочв разных типов на территории Аргентины [79]. Единичные находки имеются на территории Западной Европы (Бельгия, Чехия). Все они сконцентрированы в приэкваториальной зоне и южнее ее до южного тропика. На территории Евразии основные находки приурочены к территории Донецко-

Рис. 2. Находки палеопочв, палеопедологические карты-схемы. А – девонского периода на территории Лавруссии (основа [62]): 1а – сложные педокомплексы, катенарный парагенезис: латосоли (арджиллик оксисоли) плакоров, полугидроморфные арджиллисолои склонов, гистосоли пойм [58], 1б – аллювиальные глеевые палеопочвы [55], 1в – латосоли, гистосоли [5], 1г – латеритные почвы с гидроморфным панцирем (плинтосоли) [2]), 2 – инсептисоли вторично глеевые на красноцветных и зеленоцветных отложениях [50, 51, 110], 3 – умеренно и экстремально гидроморфные палеопочвы [7], 4 – протосоли и кальцисоли на аллювиальных конусах выноса [98], 5 – Райниевый черт – болотные палеопочвы [87], 6 – Са-вертисоли [60], 7 – Са-вертисоли, пойменные палеопочвы на глинистых породах [80], 8 – Са-вертисоли [71], 9 – гидроморфные болотные палеопочвы [64], 10 – гидроморфные болотные и прибрежные палеопочвы [112, 113], 11 – энтисоли, инсептисоли, глеевые инсептисоли, вертисоли [63, 94, 100, 104], 12 – прибрежные, аллювиальные [78], 13 – протосоли, глеевые почвы, кальцисоли на аллювиальных отложениях [118, 119], 14 – камбисоль [96], 15 – лагунные флювисоль, глейсоли, глеевый солончак [95]. Б – раннего карбона на территории Лавруссии: 1 – аллювиальные энтисоли [98], 2 – энтисоли, инсептисоли, глеевые инсептисоли, вертисоли (всего 200 профилей) [86], 3 – серые почвы гумидного ряда, элювиально-иллювиальные, карбонатные [42], 4 – торфяные [44], 5 – энтисоли, инсептисоли, гистосоли, альфисоли, оксисоли, вертисоли [85], 6 – гистосоли, флювисоли маршевые, маршевые сабхи семиаридного ряда, вертисоли с сезонным дефицитом влаги, аридные почвы, сподосоли, рендзины, каличе и кальцисоли семиаридного ряда, палюстринные комплексы [3, 4, 26, 57, 84], 7 – кальцисоли и рендзина семиаридного и аридного ряда [92], 8 – гистосоли [111], 9 – гистосоли [1]. В – среднего и позднего карбона на территории Пангеи: 1 – аллювиальные протосоли, кальцисоли [98], 2 – вертисоли, кальцисоли [107], 3 – торфяно-болотная [65], 4 – торфяно-болотная [66], 5 – Са-арджиллисолои, кальцисоли, гипсисоли сезонно семиаридного аридного ряда [114], 6 – гистосоли, глеевые арджиллисолои, Са-арджиллисолои, глеевые почвы, вертисоли теплого гумидного климата [114], 7 – торфяно-болотные [90], 8 – слабоугленосные, элювиально-иллювиальные почвы засушливо-гумидного и засушливого климата [43], 9 – безугольные, угленосные пестроцветные, красноцветные [44], 10 – гистосоли, вертисоли [67, 69], 11 – гистосоли, Са-вертисоли [67, 69, 70, 73], 12 – протосоли, Са-арджиллисолои, Са-вертисоли [99], 13 – гистосоли, протосоли, глеевые плинтиты, арджиллисолои, вертисоли, Fe – арджиллисолои глеевые, кальцисоли, Са-протосоли [79], 14 – гистосоли (торфяно-болотные), вертисоли сезонно влажные [72], 15 – прибрежные сабхи с гипсом (сезонные тропики) [74], 16 – гистосоли глеевые [76], 17 – гистосоли, протосоли глеевые, вертисоли глеевые, Са-вертисоли, кальцисоли глеевые [107], 18 – Са-Mg палыгорскитовые аридисоли, вертисоль [81–83].



го бассейна [43, 44] и Подмосковного осадочного бассейна [81, 82]. На территории Северной Америки палеопочвы представлены как аazonальными и интразональными типами, так и зональными — аржиллисоли (лессивированными почвами гумидного ряда). Здесь по-прежнему широко распространены торфяно-болотные почвы под углеобразующей растительностью. Площадь суши, занятой угольными бассейнами этого возраста, достигает своего абсолютного максимума и составляет 22% [59]. Почвы с сезонным дефицитом влаги представлены вертисолями и прибрежными сабхами (гипсисолями). Встречены также палеопочвы семиаридного—аридного рядов — кальцисоли. На территории Подмосковного осадочного бассейна в среднем-позднем карбоне почвы гумидного ряда не встречены. Здесь преобладали ландшафты полупустынного типа с почвенным покровом, представленным аридными Са—Mg-пальгорскитовыми почвами [83].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ составленных карт-схем находок палеопочв девона и карбона на территории Лаврусии и Пангеи показал, что большинство почв девона и раннего карбона принадлежит к аazonальному (энтисоли, инсептисоли, аллювиальные) и интразональному (гистосоли, вертисоли) рядам. Преобладают палеопочвы гумидного ряда (болотные палеопочвы). В среднем и позднем карбоне развитие получают зональные палеопочвы — аржиллисоли (лессивированные почвы гумидного ряда) и кальцисоли семиаридного- аридного рядов. Находки аналогов зональных почв девона на территории ЦДП [58] — оксисолей и альфисолей (арджиллисолей) — являются на сегодняшний день единственными. Находки на территории Подмосковного осадочного бассейна зональных палеопочв среднего и позднего карбона — Са—Mg-аридных — пальгорскитовых также не имеют аналогов [83].

Можно заключить, что почвенный покров Лаврусии развивался в сторону увеличения разнообразия почв за счет увеличения типов зональных почв, что отражает изменения в природной, в том числе климатической зональности Земли, рост ее контрастности.

Полученные результаты количественных расчетов величины атмосферных осадков (МАР) для палеопочв девона в Павловском карьере (Воронежская область), свидетельствуют, что на живет/ястребовском интервале девона на изученной территории климат был теплым и влажным. Величина атмосферных осадков по нашим расчетам составляла 900—1200 мм/год [58].

В раннем карбоне (визейский-серпуховский интервал) на территории Подмосковного осадоч-

ного бассейна величина атмосферных осадков колебалась в широких пределах от 340 до 1250 мм/год. Начиная с веневского времени, климат характеризовался постепенным нарастанием аридности. В среднем и позднем карбоне (московский, касимовский и гжельский интервалы) на этой территории величина атмосферных осадков составляла 240—700 мм/год с минимумом в московское время. Уменьшение величины атмосферных осадков в позднем карбоне сопровождалось снижением среднегодовой температуры в среднем на 3°C. Сделан вывод о сезонности климата в карбоне. Аридизация климата в карбоне, обусловленная наступлением эпизода III оледенения, сопровождалась сменой растительного покрова. Начиная с протвинского времени, на изученной территории началось формирование ландшафтов полупустынного облика [57, 83].

Полученные результаты показали отличие климатических обстановок и палеопочв на территории Северной Евразии от экваториальной зоны суперконтинента Пангея (территории современной Канады, США и Мексики), где аридизация, обусловленная эпизодом III позднепалеозойского оледенения, зафиксирована начиная с середины позднего карбона (московский—касимовский интервалы) [68, 75].

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа выполнена в рамках государственного задания (тема № 0191-2019-0048) и при частичной финансовой поддержке Программы Президиума РАН “Эволюция органического мира и планетарные процессы”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев А.О., Алексеева Т.В., Калинин П.И., Русин И.В. Палеопочвы карбона на побережье юго-востока Шотландии // Палеострат 2017. Годичное собрание секции палеонтологии МОИП. М., 2017. С. 1.
2. Алексеев А.О., Алексеева Т.В. Почвообразование на территории Центрального девонского поля в позднем девоне // Пятая Всерос. конф. “Верхний палеозой России”. Казань, 2019. Тез. С. 34—35.
3. Алексеева Т.В., Алексеев А.О., Губин С.В. Палеопочвенный комплекс в кровле михайловского горизонта (визейский ярус нижнего карбона) на территории южного крыла Московской синеклизы // Палеонтологический журн. 2016. № 4. С. 5—20.
4. Алексеева Т.В., Алексеев А.О., Калинин П.И. Палеопочвы нижнего карбона в карьере “Бронцы” (Калужская область) // Почвоведение. 2018. № 7. С. 787—800.
5. Алексеева Т.В., Алексеев А.О. Первые находки палеопочв в верхнем девоне Стойленского карьера (Старый Оскол, Белгородская область) // Пятая

- Всерос. конф. "Верхний палеозой России". Казань, 2019. С. 36–37.
6. *Алексеева Т.В., Золотарева Б.Н., Колягин Ю.Г.* Негидролизуемый остаток органического вещества погребенных и современных почв // Почвоведение. 2019. № 6. С. 687–699.
 7. *Безносос П.А., Снугиревский С.М., Наугольных С.В., Лукшевич Э.В.* Верхнедевонский комплекс отложенный дельтовой равнины на Северном Тимане // Вестник Ин-та геологии Коми НЦ. 2018. № 1. С. 25–44.
 8. *Бельская Т.Н., Иванова Е.А., Ильховский Р.А. и др.* Путеводитель экскурсий по разрезам карбона Подмосковского бассейна. М.: Наука, 1975. 176 с.
 9. *Габдуллин З.З., Бершов А.В., Самарин Е.Н., Бадулина Н.В., Афонин М.А., Фрейман С.И.* Циклическая и секвентно-стратиграфическая характеристика визейско-серпуховских отложений на юге московской синеклизы // Вестник Моск. ун-та. Сер. 4, геология. 2018. № 4. С. 30–41.
 10. *Геккер Р.Ф.* Работы карбоновой палеоэкологической экспедиции в 1934–1936 гг. // Тр. Палеонтологического института, 1940. Т. 9. Вып. 4. С. 105–117.
 11. *Герасимов И.П.* Природа и сущность древних почв // Почвоведение. 1971. № 1. С. 3–10.
 12. *Глинка К.Д.* Задачи исторического почвоведения // Зап. Н.-Александрийского ин-та с.-х. и лесоводства. 1904. Т. 14. Вып. 2. С. 137–158.
 13. *Глинка К.Д.* Ископаемые и древние почвы. Гл. IV // Почвоведение. М.–Л., 1932. С. 464–479.
 14. *Губин С.В.* Диагенез почв зоны сухих степей, погребенных под искусственными насыпями // Почвоведение. 1984. № 6. С. 5–13.
 15. *Демкина Т.С., Демкин В.А.* Изменение гумусного состояния почв сухих и пустынных степей за историческое время // Почвоведение. 1994. № 4. С. 5–11.
 16. *Демкин В.А., Гугалинская Л.А., Алексеев А.О. и др.* Палеопочвы как индикаторы эволюции биосферы. М.: НИА Природа, фонд "Инфосфера", 2007. 282 с.
 17. *Ефремов И.А.* Тафономия и геологическая летопись. Кн. 1. Захоронение наземной фауны в палеозое // Тр. Палеонтологического института. Т. XXIV. М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1950. 178 с.
 18. *Заварзин Г.А., Рожнов С.В.* Выветривание и палеопочвы. Палеопочвы и индикаторы континентального выветривания в истории биосферы // Сб. Гео-биологические системы. М., 2010. С. 4–9.
 19. *Залесский М.Д.* Очерк по вопросу образования угля. Петроград: Издание Геологического Комитета, 1914. 94 с.
 20. *Золотарева Б.Н., Демкин В.А.* Гумус палеопочв археологических памятников сухих степей Волго-Донского междуречья // Почвоведение. 2013. № 3. С. 291–301.
 21. *Золотарева Б.Н., Демкин В.А.* Изменение гумусного состояния почв сухих степей Приволжской возвышенности за последние 3500 лет // Агрохимия. 2013. № 9. С. 21–32.
 22. *Иванов И.В., Песочина Л.С., Семенов В.М.* Биоминерализация органического вещества в современных целинных, пахотных, погребенных и ископаемых черноземах // Почвоведение. 2009. № 10. С. 1192–1202.
 23. *Иноземцев С.А., Таргульян В.А.* Верхнепермские палеопочвы: свойства, процессы, условия формирования. М.: ГЕОС, 2010. 188 с.
 24. *Иноземцев С.А., Наугольных С.В., Якименко Е.Ю.* Верхнепермские палеопочвы на известняках: морфология и генезис (среднее течение р. Волги) // Почвоведение. 2011. № 6. С. 660–674.
 25. *Ищенко Т.А., Ищенко А.А.* Среднедевонская флора Воронежской антеклизы. Киев: Наукова думка, 1981. 112 с.
 26. *Кабанов П.Б.* Стратотип серпуховского яруса в карьере Заборье. Ч. 2. Профили субаэральной экспозиции и цикличность // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2004. Т. 12. № 3. С. 253–261.
 27. *Кузнецова А.М., Кузнецов П.В., Седов С.Н., Таргульян В.О., Иноземцев С.А., Кабанов П.Б.* Погребенные палеопочвы нижнего и среднего карбона Подмосковья // Вестник Моск. ун-та. Сер. 17, почвоведение. 2004. № 2. С. 22–30.
 28. *Макеев А.О.* Пермские палеопочвы в свете общей проблематики палеопочвоведения // Почвоведение. 2012. № 1. С. 115–125.
 29. *Махлина М.Х., Вдовенко М.В., Алексеев А.С. и др.* Нижний карбон Московской синеклизы и Воронежской антеклизы. М.: Наука, 1993. 221 с.
 30. *Наугольных С.В.* Палеопочвы перми и раннего триаса. Климат в эпохи крупных биосферных перестроек // Тр. ГИН РАН. 2004. Вып. 550. С. 221–229.
 31. Память почв. Почва как память биосферно-геосферно-антропосферных взаимодействий / Под ред. Таргульян В.О., Горячкина С.В. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. 692 с.
 32. *Перельман А.И., Борисенко Е.Н.* Геохимия ландшафтов пустынь пермского периода // Известия РАН. Сер. Геогр. 1999. № 6. С. 32–38.
 33. *Раскатова Л.Г.* Спорово-пыльцевые комплексы среднего и верхнего девона юго-восточной части Центрального девонского поля. Воронеж: Изд-во Воронежского ун-та, 1969. 167 с.
 34. *Раскатова М.Г.* Палинокомплексы пограничных живецких и франских отложений Центрального девонского поля и Тимана. Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. М., 1990. 19 с.
 35. *Раскатова М.Г.* Миоспоровая зональность средне-верхнедевонских отложений юго-восточной части Воронежской антеклизы (Павловский карьер) // Вестник Воронежского ун-та. Сер. Геология. 2004. № 2. С. 89–98.
 36. *Родионова Г.Д., Умнова В.Т., Кононова Л.И., Овнатанова Н.С., Ржонсницкая М.А., Федорова Т.И.*

- Девон Воронежской антеклизы и Московской синеклизы. М., 1995. 265 с.
37. *Серышев В.А.* Субаквальный диагенез почв и классификация аквалитоземов. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. 222 с.
 38. *Снигиревская Н.С.* О принадлежности *Orestovia voronejiensis* T. *Istchenko et A. Istchenko* (средний девон, Воронежская антеклиза) к высшим растениям // Палеонтологический журн. 1993. № 4. С. 28–38.
 39. *Страхов Н.М.* Диагенез осадков и его значение для осадочного рудообразования // Известия АН СССР. Сер. Геология. 1953. № 5. С. 12–49.
 40. *Татьянченко Т.В., Алексеева Т.В., Калинин П.И.* Минералогический и химический составы разновозрастных подкуранных палеопочв южных Ергеней и их палеоклиматическая интерпретация // Почвоведение. 2013. № 4. С. 379–392.
 41. *Тихомиров С.В.* Этапы осадконакопления девона Русской платформы и общие вопросы развития и строения стратиферы. М.: Недра, 1995. 445 с.
 42. *Феофилова А.П.* Опыт изучения и классификации древних почв на примере пермо-карбонových отложений Донбасса // Литология и полезные ископаемые. 1971. № 6.
 43. *Феофилова А.П.* Конкреции в ископаемых почвах пермо-карбонových отложений Донецкого бассейна и их связь с климатом // Литология и полезные ископаемые. 1972. № 5. С. 67–74.
 44. *Феофилова А.П.* Ископаемые почвы карбона и перми Донбасса. М.: Наука, 1975. 101 с.
 45. *Чальшев В.И.* Сероцветные почвы гумидного климата уфимского века пермского периода // Почвоведение. 1970. № 5. С. 26–39.
 46. *Чальшев В.И.* Буро- и красноцветные ископаемые почвы семиаридного климата уфимского века пермского периода // Почвоведение. 1971. № 8. С. 21–35.
 47. *Чальшев В.И.* Методика изучения ископаемых почв. М.: Недра, 1978. 72 с.
 48. *Швецов М.С.* К вопросу о стратиграфии нижнекаменноугольных отложений южного крыла Подмосковного бассейна // Вестн. Моск. горн. акад. 1922. Т. 1. № 2. С. 223–242.
 49. *Швецов М.С.* История Московского каменноугольного бассейна в динантскую эпоху // Тр. МГРИ. 1938. Т. 12. С. 3–107.
 50. *Шумилов И.Х., Мингалев А.Н.* Первая находка палеопочв в красноцветных отложениях Среднего Тимана // Доклады АН. 2009. Т. 428. № 2. С. 225–227.
 51. *Шумилов И.Х.* Первая находка палеопочв в зеленоцветных отложениях Среднего Тимана // Доклады АН. 2010. Т. 434. № 4. С. 515–517.
 52. *Шумилов И.Х.* Условия сохранности инситных корневых систем в девонских отложениях Среднего Тимана // Литология и полезные ископаемые. 2013. № 1. С. 60–69.
 53. *Шемелинина А.А.* Палинокомплексы в живетских отложениях Павловского района (Воронежская антеклиза) // Вестник Воронежского ун-та. Сер. Геология. 2013. № 2. С. 193–197.
 54. *Шемелинина А.А.* Миоспоры живета Центрального и Главного Девонских полей // Тр. Воронежского НИИ геологии. 2017. Вып. 99. 90 с.
 55. *Alekseev A.O., Alekseeva T.V., Kabanov P.B., Kalinin P.I.* Paleosols and weathering crusts of the middle-late devonian in the mikhailovskii quarry (Kursk Magnetic Anomaly) // Paleontological J. 2018. V. 52(10). P. 2–11.
 56. *Alekseev A.S., Kononova L.I., Nikishin A.N.* The Devonian and Carboniferous of the Moscow Syncline (Russian Platform): stratigraphy and sea-level changes // Tectonophysics. 1996. V. 268. P. 149–168
 57. *Alekseeva T.V., Alekseev A.O., Gubin S.V., Kabanov P.B., Alekseeva V.A.* Palaeoenvironments of the Middle–Late Mississippian Moscow Basin (Russia) from multiproxy study of palaeosols and palaeokarsts // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2016. V. 450. P. 1–16.
 58. *Alekseeva T., Kabanov P., Alekseev A., Kalinin P., Alekseeva V.* Characteristics of early Earth's critical zone based on Middle–Late Devonian palaeosols properties (Voronezh High, Russia) // Clays and Clay Minerals. 2016. V. 64. P. 677–694.
 59. *Beerling D., Berner R.A., Mackenzie F.T., Harfoot M.B., Pyle J.A.* Methane and the CH₄-related greenhouse effect over the past 400 million years // Am. J. Sci. 2009. V. 309. P. 97–113.
 60. *Brasier A.T., Morris J.L., Hillier R.D.* Carbon isotopic evidence for organic matter oxidation in soils of the Old Red Sandstone (Silurian to Devonian, South Wales, UK) // J. Geol. Soc. (London). 2014. V. 171. P. 621–634.
 61. *Broushkin A.V., Gordenko N.V.* *Istchenkophyton filiciforme* gen. et sp. nov., a new small vascular plant with thick cuticle from the Devonian of Voronezh Region (European Russia) // Paleontological J. 2009. V. 43. P. 1202–1216.
 62. *Cocks L.R.M., Torsvik T.H.* The Palaeozoic geography of Laurentia and western Laurussia: A stable craton with mobile margins // Earth–Science Rev. 2011. V. 106. P. 1–51
 63. *Cox J.E., Railsback L.B., Gordon E.A.* Evidence from Catskill pedogenic carbonates for a rapid Late Devonian decrease in atmospheric carbon dioxide concentrations // Northeastern Geology and Environ. Sci. 2001. V. 23. P. 91–102.
 64. *Cressler W.L.* Plant paleoecology of the Late Devonian Red Hill locality, north-central Pennsylvania, an Archaeopteris-dominated wetland plant community and early tetrapod site // Geol. Soc. Am. 2006. P. 79–102.
 65. *DiMichele W.A., Elbe C.F., Chaney D.S.* A drowned lycopsid forest above the Mahoning coal (Conemaugh Group, Upper Pennsylvanian) in eastern Ohio, USA // Int. J. Coal Geology. 1996. V. 31. P. 249–276.
 66. *DiMichele W.A., Tabor N.J., Chaney D.S., Nelson W.J.* From wetlands to wet spots: environmental tracking and the fate of Carboniferous elements in Early Permian floras // Geol. Soc. Am. 2006. V. 399. P. 223–248.

67. DiMichele W.A., Cecil C.B., Montañez I.P., Falcon-Lang H.J. Cyclic changes in Pennsylvanian paleoclimate and effects on floristic dynamics in tropical Pangaea // *Int. J. Coal Geology*. 2010. V. 83. P. 329–344.
68. DiMichele W.A., Cecil C.B., Chaney D.S., Elrick S.D., Lucas S.G., Lupia R., Nelson W.J., Tabor N.J. Pennsylvanian–Permian vegetational changes in tropical Euramerica // *Geology of the Pennsylvanian–Permian in the Dunkard basin: Guidebook. 76th Annual Field Conference of Pennsylvania Geologists, Washington*. 2011. P. 60–102.
69. DiMichele W.A. Wetland-dryland vegetational dynamics in the Pennsylvanian ice age tropics // *Int. J. Plant Sci.* 2014. V. 175. P. 123–164.
70. DiMichele W.A., Elrick S.D., Nelson W.J. Vegetational zonation in a swamp forest, Middle Pennsylvanian, Illinois Basin, U.S.A., indicates niche differentiation in a wetland plant community // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2017. V. 487. P. 71–92.
71. Driese S.G., Mora C.I. Physico-chemical environment of pedogenic carbonate formation in Devonian vertic paleosols, Central Appalachians, USA // *Sedimentology*. 1993. V. 40. P. 199–216.
72. Driese S.G., Ober E.G. Palaeopedologic and palaeohydrologic records of precipitation seasonality from early Pennsylvanian “underclay” paleosols, USA // *J. Sediment Res.* 2005. V. 75. P. 997–1010.
73. Elrick S.D., Nelson W.J., Ames P.R., DiMichele W.A. Floras characteristic of late Pennsylvanian peat swamps arose in the late Middle Pennsylvanian // *Stratigraphy*. 2017. V. 14. P. 123–141.
74. Falcon-Lang H.J., Jud N.A., Nelson W.J., DiMichele W.A., Chaney D.S., Lucas S.G. Pennsylvanian coniferopsid forests in sabkha facies reveal the nature of seasonal tropical biome // *Geology*. 2011. V. 39(4). P. 371–374.
75. Falcon-Lang H.J., John Nelson W., Heckel P.H., DiMichele W.A., Elrick S.D. New insights on the stepwise collapse of the Carboniferous Coal Forests: Evidence from cyclothem and coniferopsid tree-stumps near the Desmoinesian–Missourian boundary in Peoria County, Illinois, USA // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2018. V. 490. P. 375–392.
76. Gardner T.W., Williams E.G., Holbrook P.W. Pedogenesis of some Pennsylvanian underclays; ground water, topographic, and tectonic controls // *Geol. Soc. Am.* V. 216. 1988. P. 81–102.
77. Genise J.F., Bedatou E., Bellosi E.S., Sarzetti L.C., Sánchez M.V., Krause J.M. The Phanerozoic Four Revolutions and Evolution of Paleosol Ichnofacies // *The Trace-Fossil Record of Major Evolutionary Events. Topics in Geobiology*. Springer, Dordrecht, 2016. V. 40. P. 301–370.
78. Griffing D.H., Bridge J.S., Hotton C.L. Coastal-fluvial palaeoenvironments and plant palaeoecology of the Lower Devonian (Emsian), Gaspé Bay, Quebec, Canada // *New Perspectives on the Old Red Sandstone*. London: Geological Society, 2000. P. 61–84.
79. Gulbranson E.L., Montañez I.P., Tabor N.J., Limarino C.O. Late Pennsylvanian aridification on the southwestern margin of Gondwana (Paganzo Basin, NW Argentina): A regional expression of a global climate perturbation // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2015. V. 417. P. 220–235.
80. Hillier R.D., Edwards D., Morrissey L.B. Sedimentological evidence for rooting structures in the Early Devonian Anglo-Welsh Basin (UK), with speculation on their producers // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2008. V. 270. P. 366–380.
81. Kabanov P. The Upper Moscovian and Basal Kasimovian (Pennsylvanian) of Central European Russia: Facies, subaerial exposures and depositional models // *Facies*. 2003. V. 49. P. 243–270.
82. Kabanov P. Traces of terrestrial biota in the Upper Moscovian paleosols of central and northern European Russia // *Paleontological J.* 2005. V. 39. P. 33–45.
83. Kabanov P.B., Alekseeva T.V., Alekseeva V.A., Alekseev A.O., Gubin S.V. Paleosols in late Moscovian (carboniferous) marine carbonates of the East European craton revealing “great calcimagnesian plain” paleolandscapes // *J. Sedimentary Res.* 2010. V. 80. P. 195–215.
84. Kabanov P. Stratigraphic Unconformities: Review of the concept and examples from the Middle-Upper Palaeozoic. Seismic and Sequence Stratigraphy and Integrated Stratigraphy – new insights and contributions // *InTechOpen*. 2017. P. 101–127. <https://doi.org/10.5772/intechopen.70373>
85. Kahmann J.A., Driese S.G. Paleopedology and geochemistry of Late Mississippian (Chesterian) Pennington Formation paleosols at Pound Gap, Kentucky, USA: Implications for high-frequency climate variations // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2008. V. 259. P. 357–381.
86. Kearsley T.I., Bennett C.E., Millward D., Davies S.J., Gowing C.J.B., Krmp S.J., Leng M.J., Marshall J.E.A., Browne M.A.E. The terrestrial landscapes of tetrapod evolution in earliest Carboniferous seasonal wetlands of SE Scotland // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2016. V. 457. P. 52–69.
87. Kidston R., Lang W.H. On old red sandstone plants showing structure from the Rhynie chert Bed // *Aberdeenshire. Pt 5. Trans. Roy. Soc. Edinburgh*. 1921. V. 52. P. 855–902.
88. Krassilov V.A., Raskatova M.G., Istchenko A.A. A new archaeopteridalian plant from the Devonian of Pavlovsk, U.S.S.R // *Rev. Palaeobotany Palynology*. 1987. V. 53. P. 163–173.
89. Kraus M.J. Paleosols in clastic sedimentary rocks: their geologic applications // *Earth-Sci. Rev.* 1999. V. 47. P. 41–70.
90. Lojka R., Drabkova J., Zajic J., Sykorova I., Francu J., Blahova A., Grygar T. Climate variability in the Stephanian B based on environmental record of the Msec Lake deposits (Kladno-Rakovnik Basin, Czech Republic) // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2009. V. 280. P. 78–93.
91. Mack G.H., James W.C., Moger H.C. Classification of paleosols // *Geol. Soc. Am. Bull.* 1993. V. 105. P. 129–136.

92. *Maes K., Peeters C., Muchez P., Swennen R., Viaene W.* The Occurrence of paleosols in the lower viséan of the walhorn section (Vesder Basin, E-Belgium) // *Annales de la Societe Geologique de Belgique*. 1989. V. 112. P. 69–77.
93. *Miall A.D.* The valuation of unconformities // *Earth-Sci. Rev.* 2016. V. 163. P. 22–71.
94. *Morris J.L., Leake J.R., Stein W.E., Berry Ch.M., Marshall J.E. et al.* Investigating Devonian trees as geo-engineers of past climates: linking paleosols to palaeobotany and experimental geobiology // *Paleontology*. 2015. V. 58(5). P. 787–801.
95. *Narkiewicz M., Retallack G.J.* Dolomitic paleosols in the lagoonal tetrapod trackbearing succession of the Holy Cross Mountains (Middle Devonian, Poland) // *Sedimentary Geology*. 2014. V. 299. P. 74–87.
96. *Naugolnykh S.V.* Devonian paleosols of the Andoma mountain // *Science in Russia*. 2014. № 4. P. 12–18.
97. *Polynov B.B.* Contributions of Russian Scientists to Paleopedology. USSR Academy of Sciences: Leningrad, 1927. 32 p.
98. *Quast A., Hoefs J., Paul J.* Pedogenic carbonates as a proxy for palaeo-CO₂ in the Palaeozoic atmosphere // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2006. V. 242. P. 110–125.
99. *Rankey E.C., Farr V.R.* Preserved pedogenic mineral magnetic signature, pedogenesis and paleoclimate change: Pennsylvanian Roca Shale (Virgilian, Asselian), central Kansas, USA // *Sedimentary Geology*. 1997. V. 114. P. 11–32.
100. *Retallack G.J.* Fossil soils as grounds for interpreting the advent of large plants and animals on land // *Philosophical Transactions of the Royal Society*. London, 1985. V. 309. P. 105–142.
101. *Retallack G.J.* Soils of the Past: An Introduction to Paleopedology. Blackwell. Oxford and Northampton (UK), Alden Press Ltd, 2001. 404 p.
102. *Retallack G.J., Sheldon N.D., Cogoini M., Elmore R.D.* Magnetic susceptibility of early Paleozoic and Precambrian paleosols // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2003. V. 198. P. 373–380.
103. *Retallack G.J.* Cambrian, Ordovician and Silurian pedostratigraphy and global events in Australia // *Austral. J. Earth Sci.* 2009. V. 56. P. 571–586.
104. *Retallack G.J., Huang C.* Ecology and evolution of Devonian trees in New York, USA // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2011. V. 299. P. 110–128.
105. *Retallack G.J.* A short history and long future for paleopedology. *New Frontiers in Paleopedology and Terrestrial Paleoclimatology* // SEPM Special Publication. 2013. V. 104. P. 5–16.
106. *Retallack G.J.* Late Ordovician glaciation initiated by early land plant evolution and punctuated by greenhouse mass extinctions // *J. Geology*. 2015. V. 123. P. 509–538.
107. *Rosenau N.A., Tabor N.J., Elrick S.D., Nelson W.J.* Polygenetic history of palaeosols in Middle–Upper Pennsylvanian cyclothems of the Illinois Basin, U.S.A. Part I. Characterization of palaeosol types and interpretation of pedogenic processes // *J. Sediment. Res.* 2013. V. 83. P. 606–636.
108. *Sheldon N.D., Retallack G.J.* Equation for compaction of paleosols due to burial // *Geology*. 2001. V. 1. P. 247–250.
109. *Sheldon N.D., Tabor N.J.* Quantitative paleoenvironmental and paleoclimatic reconstruction using paleosols // *Earth Sci. Rev.* 2009. V. 95. P. 1–52.
110. *Shumilov I.Kh.* Gleization and paleosoils in Devonian red rocks of the Middle Timan Region // *Lithology and Mineral Resources*. 2014. V. 49. P. 308–319.
111. *Spinner E.* Megaspore assemblages from Viséan deposits at Dunbar, East Lothian, Scotland // *Palaeontology*. 1969 V. 12. P. 441–458.
112. *Stein W.E., Mannolini F., Hernick L., Landing E., Berry Ch. M.* Giant Cladoxylopsis trees resolve the enigma of the Earth's earliest forest stumps at Gilboa // *Nature*. 2007. V. 446. P. 904–907.
113. *Stein W.E., Berry Ch.M., Hernick L., Mannolini F.* Surprisingly complex community discovered in the mid-Devonian fossil forest at Gilboa // *Nature*. 2012. V. 483. P. 78–81.
114. *Tabor N.J., Montanez I.P., Scotese Ch.R., Poulsen Ch.J., Mack G.H.* Paleosol archives of environmental and climatic history in paleotropical western Pangea during the latest Pennsylvanian through Early Permian // *Resolving the Late Paleozoic Ice Age in Time and Space*. Geolog. Soc. Am.a. 2008. V. 441. P. 291–303.
115. *Tabor N.J., Myers T.S.* Paleosols as indicators of paleoenvironment and paleoclimate // *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* 2015. V. 43. P. 11.1–11.29.
116. *Tabor N.J., Myers T.S., Michel L.A.* Sedimentologist's guide for recognition, description and classification of paleosols // *Terrestrial depositional systems* / Eds. Kate E. Zeigler and William Parker. Elsevier, 2017. P. 165–208.
117. *Thomas G.S., Tabor N.J., Yang Wan, Myers T.S., Yang Yi, Wang Dan.* Palaeosol stratigraphy across the Permian–Triassic boundary, Bogda Mountains, NW China: Implications for palaeoenvironmental transition through earth's largest mass extinction // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2011. V. 308. P. 41–64.
118. *Williams C.A., Hills L.V., Krause F.F.* Preserved organic matter and miospores in buried Middle-Devonian (Givetian) paleosols: indicators of weathering, oxidation and maturity // *Catena*. 1996. V. 28. P. 1–19.
119. *Williams C.A., Krause F.F.* Pedogenic-phreatic carbonates on a Middle Devonian (Givetian) terrigenous alluvial-deltaic plain, Gilwood Member (Watt Mountain Formation), North Central Alberta, Canada // *Sedimentology*. 1998. V. 45. P. 1105–1124.

Soils in Devonian and Carboniferous. Current State of Knowledge in Russia: A Review

T. V. Alekseeva*

*Institute of Physicochemical and Biological Problems of Soil Science, Russian Academy of Sciences,
Pushchino, Moscow oblast, 142290 Russia*

**e-mail: alekseeva@issp.serpukhov.su*

Information about Devonian and Carboniferous palaeosols is limited. In this paper, published data (about 50 sources) on findings of such palaeosols mostly on the territory of paleocontinents Laurussia and Pangea are summarized. For visualization of this information, sketch maps of palaeosols distribution for Devonian, Mississippian, and Pennsylvanian times have been developed. Their analysis shows that most Devonian palaeosols belong to azonal and intrazonal soils; soils of wetlands predominate. The discoveries of Middle and Late Devonian zonal soils—Oxisols and texturally differentiated Alfisols—in the area of Voronezh High (south Russia) are unique. Most of Mississippian palaeosols also belonged to azonal and intrazonal soils. The wide distribution of wetland palaeosols resulted in the increasing area of coal basins (8% of land in comparison with 1% in Devonian). In the area of Moscow sedimentary basin, along with Histosols, zonal palaeosols—Spodosols and others—have been described. Pennsylvanian soil cover consisted of azonal, intrazonal, and zonal soils. In North America and Western Europe, swamp soils were still widely distributed (22% of land was occupied by coal basins). Oppositely, in the area of Moscow sedimentary basin, Pennsylvanian paleosols of semiarid and arid range with palygorskite as the major clay mineral were widely present. The differentiation of Pennsylvanian soil cover of Laurussia and Pangea reflects the changes in climatic zonality of the planet, the rise in its contrast.

Keywords: palaeosols, Devonian, Carboniferous, Central Devonian field, Moscow sedimentary basin