



Арктический вектор геологических исследований Arctic vector of geological research

УДК 551.734:56.0

DOI: 10.19110/2221-1381-2018-1-25-44

ВЕРХНЕДЕВОНСКИЙ КОМПЛЕКС ОТЛОЖЕНИЙ ДЕЛЬТОВОЙ РАВНИНЫ НА СЕВЕРНОМ ТИМАНЕ

П. А. Безносков¹, С. М. Снигиревский², С. В. Наугольных^{3,4}, Э. В. Лукшевич⁵

¹ИГ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар; ²СПбГУ, Санкт-Петербург

³ГИН РАН, Москва; ⁴Казанский федеральный ун-т, Казань

⁵Латвийский ун-т, Рига, Латвия

Beznosov@geo.komisc.ru

В статье приводятся предварительные результаты полевых исследований разрезов верхнего девона юго-западной части Северного Тимана. Дается характеристика литологических особенностей, палеопочвенных профилей, комплексов ихнофоссилий, сообществ растений и позвоночных устьбезмошицкой, каменной и покаямской свит. Обсуждаются фациальные условия формирования и дельтовая природа исследованных отложений.

Ключевые слова: девон, дельтовая равнина, литология, палеопочвы, ихнофоссилии, ископаемые растения, угли, ископаемые позвоночные, Северный Тиман.

THE UPPER DEVONIAN DELTA PLAIN DEPOSITS OF NORTH TIMAN

P. A. Beznosov¹, S. M. Snigirevsky², S. V. Naugolnykh^{3,4}, E. Lukševičs⁵

¹Institute of Geology of Komi SC of UB of RAS, Syktyvkar

²Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg

³Geological Institute of RAS, Moscow; ⁴Kazan Federal University

⁵University of Latvia, Riga

Beznosov@geo.komisc.ru

Preliminary results of the field studies of the Upper Devonian deposits from the south-western part of North Timan are presented. Lithological peculiarities, paleosol profiles, ichnofossil associations, plant and vertebrate communities of the Ust'-Bezmoshitsa, Kamenny and Pokayama Formations are characterized. Facial conditions and deltaic environments of formation of the studied deposits are discussed.

Keywords: Devonian, delta plain, lithology, paleosols, trace fossils, fossil plants, lignite coals, fossil vertebrates, North Timan.

Введение

Изучение геологического строения Северного Тимана имеет длинную историю. Первые экспедиционные работы были проведены здесь еще в XIX веке такими выдающимися исследователями, как А. Шренк [32], А. Кейзерлинг [40], А. Штукенберг [33] и Ф. Н. Чернышев [30, 31]. В дальнейшем широкомащтабные геологические исследования охватили этот регион в середине XX века и были связаны с поисковыми, разведочными и геолого-съёмочными работами [6, 9, 11, 19–21]. Сбор палеонтологического материала и изучение седиментологических особенностей пород не входили в приоритетные задачи этих исследований. По их завершении в конце 1960-х гг. северотиманские разрезы девона из-за труднодоступности и суровых климатических условий почти перестали посещаться специалистами. В геологическом строении района осталось много «белых пятен». Одним из наименее изученных интервалов палеозойского разреза является верхний отдел девона.

В летний сезон 2016 г. П. А. Безносков и С. М. Снигиревским были проведены комплексные полевые исследования верхнедевонских отложений в южной части западного склона Северотиманского вала. Были обследованы обнажения устьбезмошицкой, каменной и покаямской свит, расположенные по берегам рр. Волонга, Кумушка-Волонга, Сувойная и на

бережье Чёшской губы между мысами Белое Щелье и Крестовый (рис. 1). В результате был получен богатый фактический материал, существенно дополняющий собственные сборы прошлых лет (1993 г. — С. М. Снигиревский; 2011, 2013 гг. — П. А. Безносков), а также литературные сведения. Была проведена детальная палеоботаническая характеристика фаменских отложений, собрана представительная коллекция остатков позвоночных животных, среди которых впервые отмеченные для Северного Тимана примитивные девонские тетраподы. Большое внимание уделено литологическим описаниям разрезов. Впервые изучены палеопочвенные профили, рассмотрены комплексы ихнофоссилий, дана фациальная характеристика отложений.

Стратиграфия

На обследованной территории расположены выходы устьбезмошицкой, каменной и покаямской свит, охватывающих верхнюю часть девонского интервала региональной стратиграфической схемы Северного Тимана [23]. Их отложения распространены по обоим склонам Северотиманского вала, однако на дневную поверхность они выходят только на западном склоне и преимущественно в южной его части.

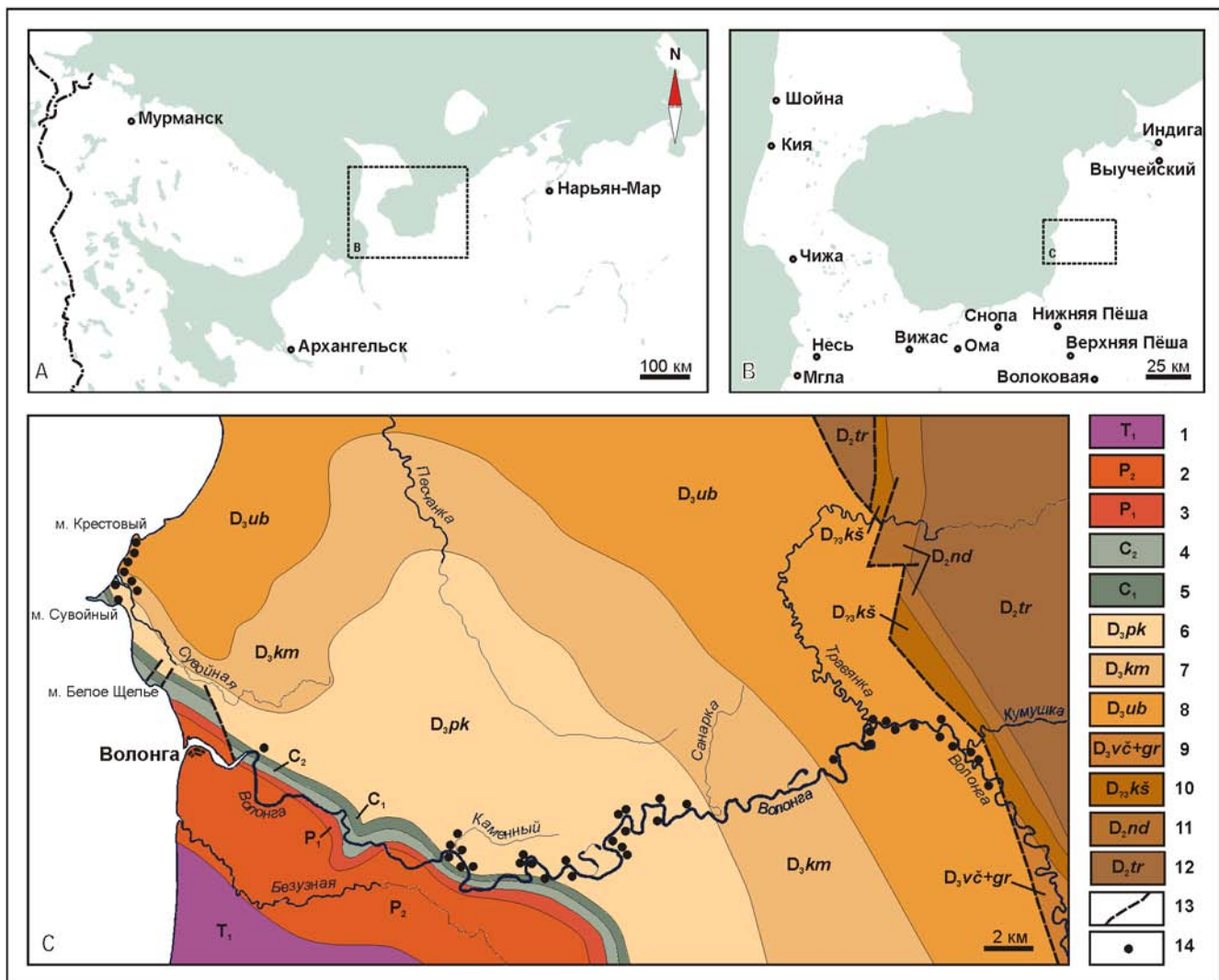


Рис. 1. Геологическая карта южной части западного склона Северного Тимана, составлена П. А. Безносовым с учетом данных Л. С. Коссового [9, 11], Г. М. Фирера [21], В. Ф. Антоневи́ч и др. [1], А. А. Черепанова и Н. А. Ерухиной [28]: 1 — нижний триас, 2 — средняя пермь, 3 — нижняя пермь, 4 — верхний карбон, 5 — нижний карбон, 6 — покаямская свита, 7 — каменная свита, 8 — устьбезмошицкая свита, 9 — грубурчейская и выучейская свиты (нерасчлененные), 10 — кумушкинская свита, 11 — надежинская свита, 12 — травянская свита, 13 — разломы, 14 — изученные обнажения устьбезмошицкой, каменной и покаямской свит

Fig. 1. Geological map of the south part of western slope of North Timan, compiled by P. A. Beznosov in consider with data by L. S. Kossovoi [9, 11], G. M. Firer [21], V. F. Antonevich et al. [1], A. A. Cherepanov, N. A. Eryukhina [28]: 1 — Lower Triassic, 2 — Middle Permian, Lower Permian, 4 — Upper Carboniferous, 5 — Lower Carboniferous, 6 — Pokayama Formation, 7 — Kamenny Formation, 8 — Ust'-Bezmoshitsa Formation, 9 — Gruby Ruchey and Vyucheyskiy Formations (unseparated), 10 — Kumushka Formation, 11 — Nadezhnin Formation, 12 — Travyanka Formation, 13 — Faults, 14 — Studied outcrops of Ust'-Bezmoshitsa, Kamenny and Pokayama Formations

Устьбезмошицкая свита была выделена Л. С. Коссовым [6, 12, 22]. Основные её выходы находятся на восточном побережье Чёшской губы и по рекам Рассоха Безмошицы, Сула, Волонга, Травянка, Песчанка и Великая. Разрез свиты сложен терригенными породами — аргиллитами, алевролитами и песчаниками, среди которых встречаются редкие прослои углей. Полная мощность свиты достигает 315 м. По данным спорово-пыльцевого анализа и комплексу позвоночных устьбезмошицкая свита сопоставляется с верхней частью ветласянского и сирачойским горизонтами верхнефранского подъяруса Тимана [6, 12, 34, 37, 39].

Выше залегает каменная свита, установленная Г. И. Егоровым в 1957 г. [7]. Она отличается преобладанием красноцветных пород и полным отсутствием

признаков угленосности. Ее выходы крайне фрагментарны и приурочены к среднему течению р. Волонги и приустьевым участкам рр. Сувойной и Рассохи Безмошицы. Сведения о строении и объеме свиты основываются главным образом на данных бурения в районе Волонгского угольного месторождения. Наибольшая мощность свиты составляет здесь 240 м. На основании редких обедненных спорово-пыльцевых комплексов позднефранского возраста и с учетом положения в разрезе каменная свита сопоставляется с интервалом ливенского и евлановского горизонтов Центрального девонского поля [6, 21, 27].

Завершает разрез девонских отложений покаямская свита, также выделенная Г. И. Егоровым в 1957 г. [7, 21] в результате разведочных работ на Волонгском



месторождении угля. Кроме нижнего течения р. Волонги, фрагментарные выходы ее пород известны на побережье Чёшской губы к северу и югу от мыса Сувойного. Свита характеризуется преобладанием сероцветных терригенных пород, а также присутствием редких карбонатных и угольных прослоев. Полная мощность ее не превышает 250 м. По комплексу мио-спор, а также фауне беспозвоночных и рыб самые низы свиты сопоставляются с задонским и елецким горизонтами нижнефаменского подъяруса, а основная вышележащая часть — с лебедянским и (или) оптуховским горизонтами [8—10, 37, 39], а также нижней частью плавского горизонта [36] среднефаменского подъяруса Центрального девонского поля.

Литологическая характеристика

На р. Волонге многочисленны обнажения пород устьбезмошицкой свиты расположены по обоим берегам в среднем ее течении на протяжении 14 км. С востока, примерно в 3 км выше устья р. Кумушки-Волонги, устьбезмошицкая свита ограничена тектоническим контактом с кумушкинской, вычейской и груборучейской свитами. На западе, примерно в 5 км ниже устья р. Травянки, девонские отложения скрываются под сплошным чехлом четвертичных осадков. Залегание коренных пород близко к горизонтальному, но местами может меняться вплоть до субвертикального, что связано с близким расположением Волонгского глубинного разлома. Почти весь интервал, вскрытый на данном участке реки, представлен только верхней частью устьбезмошицкой свиты.

В сложении этой части разреза участвуют песчаники, алевролиты, аргиллиты и глины. В нижней части существенно преобладают песчаники, в верхней части разреза доля других типов пород несколько возрастает. Песчаники слагают пачки видимой мощностью до 25 м. Они имеют плитчатое либо массивное сложение и представляют собой линзовидное чередование косослоистых песчаных тел мощностью до 5 м (рис. 2, А). В основании косых серий иногда присутствуют небольшие прослои с окатанными гальками аргиллитов и песчаников, реже — конгломераты. На поверхностях напластования песчаников встречаются асимметричные знаки волновой ряби (рис. 3, В), трещины усыхания (рис. 3, А), разнообразные текстуры оседания и оползания (рис. 2, В), а также крайне редкие ихнофоссилии. Сами песчаники желтовато-серые, средне- и мелкозернистые, олигомиктовые. В них довольно часто встречаются неопределимые углефицированные остатки растений, местами образующие линзовидные скопления и даже прослои листоватых углей мощностью до 10 см и более. Единичны небольшие локальные скопления корневых ходов (ризоконкреций). В целом наблюдаемые здесь косослоистые серии могут рассматриваться как пляжевые, прибрежные и, вероятно, частью эоловые отложения.

Среди алевролитов выделяется два типа. Преобладают зеленовато- и буровато-серые горизонтально-слоистые алевролиты, как правило содержащие остатки ископаемых растений. Эти алевролиты слагают линзовидные прослои и пачки. Ко второму типу относятся красновато-бурые комковатые алевроли-

ты, пронизанные густой сетью корневых ходов (палеопочвенные профили). Изредка в разрезе отмечаются прослои и пачки темно-серых листоватых аргиллитов и глин. Местами к ним приурочены единичные прослои небольших карбонатных стяжений.

Самая верхняя часть устьбезмошицкой свиты лучше обнажена на побережье Чёшской губы, где были исследованы ее непрерывные выходы на участке от устья р. Сувойной до мыса Крестового. Пласты здесь, слабо ундулируя, вскрываются по простиранию, демонстрируя частую латеральную смену микрофаций. Для этой части разреза характерны разнообразные вымы и врезы с выклинивающимися и обрывающимися слоями. Наличие эрозионных врезов на этом стратиграфическом уровне отмечал и А. А. Чернов [29], описавший несколько погребенных палеорусел в обнажениях по р. Песчанке. В разрезах на побережье Чёшской губы и по р. Волонге присутствуют как следы совсем небольших отливных каналов, сохранившиеся на поверхностях пластов песчаника (рис. 2, F), так и относительно крупные палеоруслы с хорошо проработанной поймой, в которой развиты серии палеопочвенных профилей (рис. 4, E—F). Встречаются врезы с довольно крутыми бортами и захороненными в их основании скоплениями гальки и неокатанными глыбами до нескольких десятков сантиметров в поперечнике (рис. 2, C—D). Для некоторых пачек косослоистых песчаников характерны признаки приливо-отливных процессов (рис. 2, E). Многочисленны линзы сероцветных горизонтально-слоистых алевролитов с тонкоплитчатой отдельностью. Они имеют буроватую окраску на выветрелой поверхности и содержат обильные, хорошо сохранившиеся растительные остатки (рис. 5, А). Эти породы, очевидно, сформировались в заводях с относительно тиховодными условиями.

В районе устья р. Сувойной прослеживается практически непрерывный разрез пограничных отложений устьбезмошицкой и каменской свит. Резкого фациального перехода между ними здесь не наблюдается. Л. С. Коссовым [11] верхняя граница устьбезмошицкой свиты проводится по кровле верхнего углестого прослоя, выше которого начинают преобладать красноцветные породы. Нижняя часть разреза каменской свиты также в значительной степени сложена косослоистыми песчаниками, однако их доля по сравнению с устьбезмошицкой свитой снижается преимущественно за счет пестроокрашенных комковатых алевролитов (рис. 4, C—D). Последние представляют собой разнообразные палеопочвенные профили. Доля сероцветных горизонтально-слоистых алевролитов, характерных для терминальной части устьбезмошицкой свиты, здесь невысока.

Верхняя часть каменской свиты в обнажениях нами достоверно не прослежена. Мощные пачки красноцветных алевролитов, выходящие по берегам р. Волонги в 5—7 км ниже устья р. Санарки и относимые Г. М. Фирером [21] к верхам каменской свиты, в действительности имеют раннефаменский возраст, и на этом основании нами рассматриваются в составе покаямской свиты. По данным бурения на Волонгском месторождении углей, верхняя граница каменской свиты Г. И. Егоровым изначально проводилась по подошве первого прослоя углей. Однако впоследствии Г. М. Фирером [21] углистые прослои

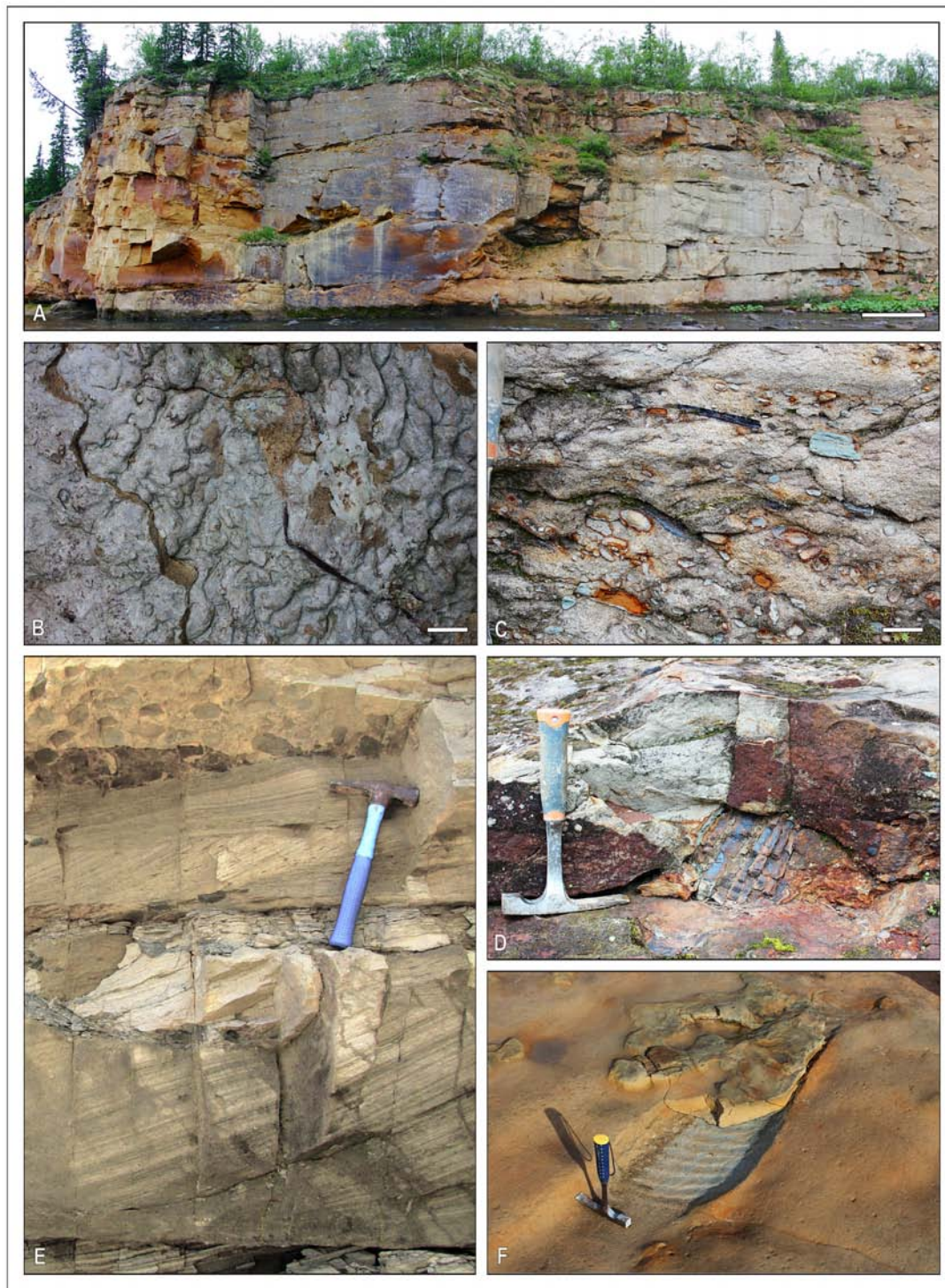


Рис. 2. Литологические особенности пород устьбезмошицкой свиты: **А** — общий вид обнажения косослоистых песчаников с изменчивой толщиной косослоистых серий и врезами эрозионных каналов, р. Волонга, пр. берег, 1.7 км выше устья р. Кумушки-Волонги; **В** — текстуры оседания на нижней поверхности пласта песчаника, р. Волонга, лев. берег, 2.8 км выше устья р. Кумушки-Волонги; **С** — внутриформационный конгломерат из глинистых окатышей в песчанике, с остатками рыб, р. Волонга, лев. берег, 1.7 км выше устья р. Травянки; **Д** — погребенная глыба агриллита с сохранившейся слоистостью, там же; **Е** — косослоистые песчаники с признаками приливно-отливных течений в виде глинистых катышей и поверхностями реактивации, р. Волонга, пр. берег, 1.3 км ниже устья р. Травянки; **Ф** — отливной канал на верхней поверхности песчаникового пласта, побережье Чёшской губы, 0.8 км севернее устья р. Сувойной. Шкала для **А** — 5 м, для **В, С** — 2 см

Fig. 2. Lithological peculiarities of the Ust'-Bezmoshitsa Formation sections: **A** — The sequence of cross-bedded sandstones showing the erosional surfaces and a variable thickness of the beds. Right bank of Volonga River, 1.7 km upstream the mouth of Kumushka-Volongi River. **B** — Water-escape and load structures presented on the lower surface of sandstone bed. Left bank of Volonga River, 2.8 km upstream the mouth of Kumushka-Volongi River. **C** — An interlayer of conglomerate composed by clay pebbles and fish remains in sandstone. Left bank of Volonga River, 1.7 km upstream the mouth of Travyanka River. **D** — The buried cluster of siltstone preserved a laminated structure. The same locality. **E** — The cross-bedded sandstones with tidal flow structures. Right bank of Volonga River, 1.3 km downstream the mouth of Travyanka River. **F** — Tidal channel on the surface of the sandstone bed. The eastern coast of Chosha Bay, 0.8 km north from the mouth of Suvoynaya River. Scale bar: **A** — 5 m, **B-C** — 2 cm



были найдены и на более низких уровнях. На основании этих наблюдений верхняя граница каменной свиты была опущена им в подошву конгломератов, выше которых появляются сероцветные породы. Согласно Л. С. Коссовому [6], сероцветность и угленосность являются основными признаками покаямской свиты. По всей видимости, изменение условий осадконакопления на рубеже франского и фаменского веков происходило постепенно. Присутствие красноцветных пород в низах покаямской свиты еще сохраняется, однако их доля постепенно снижается.

Основные выходы нижней части покаямской свиты расположены по берегам р. Волонги в 3—9 км ниже устья р. Санарки. В целом этот интервал представлен переслаиванием пачек песчаников и алевролитов с подчиненными пластами аргиллитов и глин, а также прослоями углей (рис. 3, G) и карбонатных пород (рис. 3, E—F). Цвет песчаников варьирует от светло-серых тонов до насыщенных желтоватых и красноватых оттенков. Для них характерна хорошо выраженная косая слоистость, реже горизонтальная и неясная слоистость. Состав песчаников преимущественно олигомиктовый, структура мелкозернистая. Алевролиты представлены как красноцветными комковатыми разностями палеопочвенной природы с корневыми ходами и палеомикрокодиями, так и тонкоплитчатыми горизонтально-слоистыми разностями. Последние, если имеют серую окраску, обычно богаты растительными остатками, изредка местами несут на поверхностях напластования асимметричные знаки волновой ряби (рис. 3, D). В красноцветных алевролитах отмечены только редкие ихнофоссилии, гиероглифы и трещины усыхания (рис. 3, C).

Отличительной особенностью нижней части покаямской свиты, на наш взгляд, можно считать наличие редких прослоев карбонатных пород, представленных доломитами, доломитистыми известняками и известково-глинистыми калккретами (каличе).

Доломиты обычно представлены пластами хорошо выдержанной мощности от 0.1 до 0.3, иногда до 0.8 м (рис. 3, E). Они темно-серые, на выветрелой поверхности более светлые, желтовато- и рыжеватые-серые. Поверхность слоев ровная либо крупнобугристая. Во внутреннем сложении выделяются узловатые, желваковые и столбчатые отдельности. Последние отмечены в единственном обнажении, имеют неясную природу и предположительно могут представлять собой тромболиты (рис. 3, F). Наиболее распространенным типом являются микрокристаллические доломиты с неоднородно-пятнистой текстурой, содержащие обильный терригенный материал. В некоторых слоях отмечается присутствие органического материала, представленного члениками криноидей, ядрами и створками лингулид, ринхонеллид, двустворок, а также фрагментированными пластинами и чешуями рыб.

Доломитистые известняки встречаются значительно реже, слагая слои до 0.8 м мощностью. Их поверхности напластования обычно неровные, иногда с плоскими глинистыми гальками. Текстура пород неоднородно-пятнистая, структура мелкокристаллическая. Доломитистые известняки содержат в различной степени фрагментированные остатки двустворок, брахиопод и рыб, а также обильную примесь терри-

генного материала. Характерной особенностью является наличие редких фенестр, частично заполненных кристаллами кальцита. Для некоторых слоев отмечается интенсивная биотурбация.

Каличе представляют собой карбонатно-глинистую брекчиевидную породу, участками с альвеолярной структурой. Внешне они выглядят как желтовато-серые и зеленовато-красные известняки с желваковой отдельностью мощностью до 5 см. Поверхность желваков неровная, бугорчатая. Размеры желваков не превышают 2 см по наибольшему измерению.

Для нижней части покаямской свиты также характерно наличие погребенных русловых и старичных врезов древних водотоков. В 5—6 км ниже устья р. Санарки по обоим берегам р. Волонги обнажается разрез долины девонской реки. Здесь по левому берегу в пестроцветные комковатые алевролиты, содержащие прослой каличе, врезано линзовидное тело палеорула, заполненное и перекрытое желтовато-серыми мелкозернистыми косослоистыми песчаниками (рис. 3, H). В них отмечены редкие фрагментированные и окатанные кости рыб, углефицированная древесина, а также гальки глинистых и песчаных пород. Внутри палеорула имеется четыре небольших вложенных линзы голубовато-серых горизонтально-слоистых алевролитов, содержащих обильные растительные остатки. Длина обнаженной части руслового вреза составляет немногим менее 100 м, максимальная видимая мощность — более 4 м.

Это же ископаемое русло прослеживается и на противоположном правом берегу ниже по реке. Оно здесь хуже обнажено, однако при этом хорошо выделяются другие элементы речной палеодолины. Алевролиты, в которых расположен врез, по простирацию переходят в палеопочвенный профиль, имеющий насыщенную бордовую окраску и пронизанный густой сетью корневых ходов. Видимая мощность профиля меняется от 0 до 1.5 м. На одном уровне с ним расположен врез отложений небольшого пойменного озера. Его наблюдаемая длина составляет около 80 м, максимальная видимая мощность в центральной части не превышает 1 м. Нижний по течению реки борт этого вреза был, вероятно, более крутым. Образующий его палеопочвенный профиль несет следы оползания в сторону древнего водоема. Противоположный борт был более пологим. В слагающих его комковатых алевролитах сохранились захороненные *in situ* углефицированные базальные части стволов древесных растений с радиально отходящими от них корнями, подобные изображенным на рис. 5, A, B. Ложе ископаемой старицы заполнено пачкой тонко переслаивающихся темно-серых, голубовато- и буровато-серых тонкоплитчатых горизонтально-слоистых, комковатых и углистых алевролитов с единичным прослоем углей. В кровле одного из слоев найдены частично сочлененные остатки пластинокожей рыбы *Phyllolepis* sp., указывающие на фаменский возраст этой части разреза.

Верхняя часть покаямской свиты представлена преимущественно косослоистыми олигомиктовыми мелко- и тонкозернистыми песчаниками. Цвет их варьирует от светло-серого, почти белого до желтовато-серого и розовато-красного. Сероцветные горизонтально-слоистые алевролиты с флорой редки, встречаются глины, аргиллиты и прослой углей. Доломиты

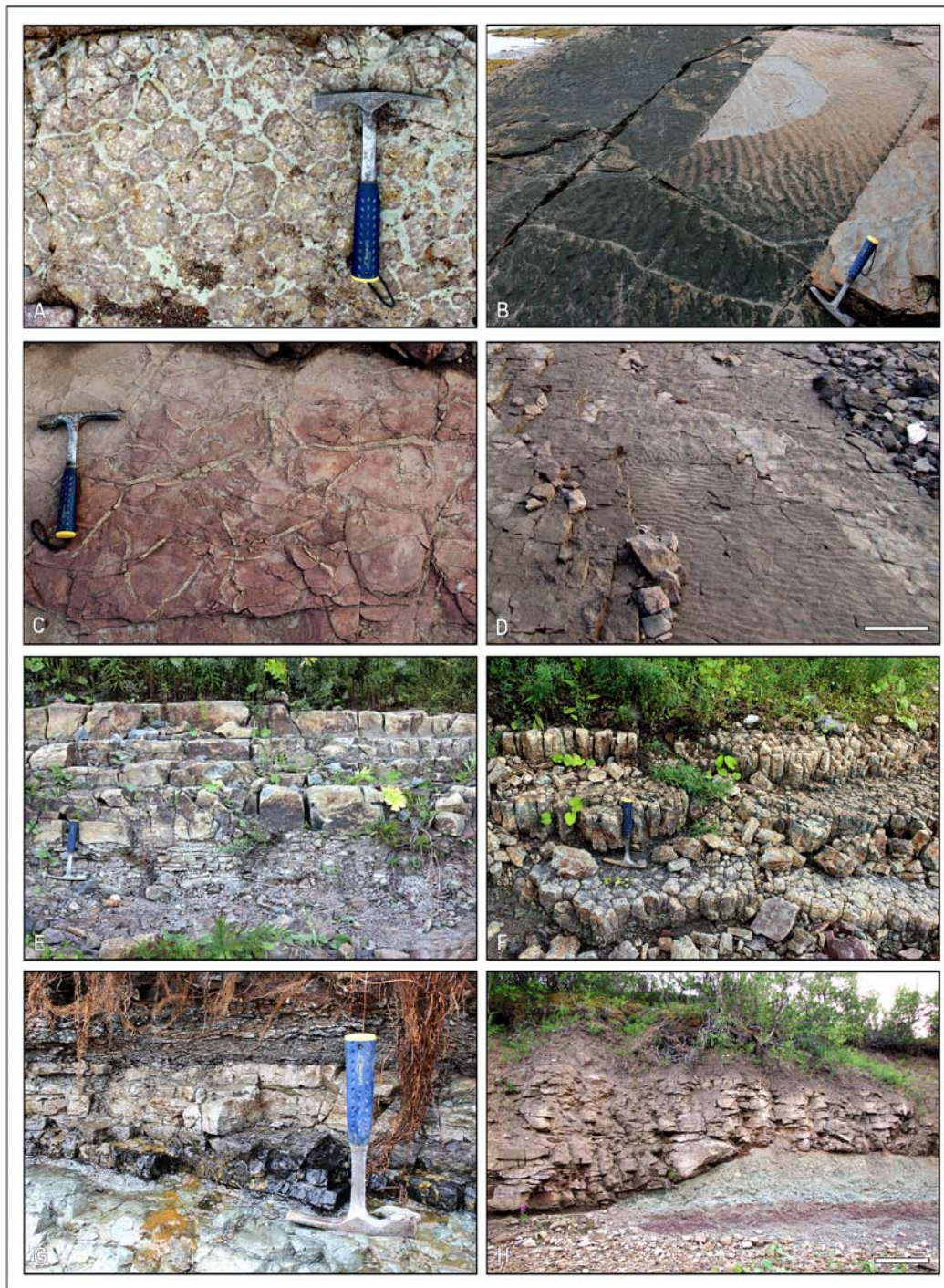


Рис. 3. Литологические особенности пород устьбезмошицкой (А, В) и покаямской (С–Н) свит: А — трещины усыхания на поверхности комковатого алевролита, побережье Чёской губы, 1 км севернее устья р. Сувойной; В — асимметричные знаки волновой ряби на поверхности песчаника, там же; С — трещины усыхания в тонкослоистом алевролите, р. Волонга, лев. берег, 0.8 км ниже устья протоки из оз. Нижняя Старица (обн. 6, сл. 2); D — разнонаправленные асимметричные знаки волновой ряби на поверхности тонкозернистого песчаника, там же, сл. 6; E — пласт доломитов, р. Волонга, лев. берег, 2 км ниже устья р. Санарки (обн. 1, сл. 4–6); F — тромболиты (?), р. Волонга, лев. берег, 1.3 км выше устья протоки из оз. Нижняя Старица (обн. 12, т.н. 12а-0, сл. 3); G — прослой угля, р. Волонга, пр. берег, 2.5 км ниже устья р. Санарки (обн. 2, сл. 1, кровля); H — нижний по реке край руслового вреза, р. Волонга, лев. берег, 5 км ниже устья р. Санарки (обн. 3, т.н. 3-IV). Шкала для D — 0.3 м, для H — 1 м

Fig. 3. Lithological peculiarities of the Ust'-Bezmoshitsa Formation (A-B) and Pokayama Formation (C-H) sections: A — Desiccation crack polygons on the surface of muddy siltstone bed. The eastern coast of Chosha Bay, 1 km north from the mouth of Suvoynaya River. B — Asymmetric wave ripples on the surface of sandstone bed. The same locality. C — Desiccation cracks on the surface of thin-laminated siltstone bed. Left bank of Volonga River, 0.8 km downstream the mouth of canal of Lower floodplain lake of Volonga River (outcrop #6, layer #2). D — Multidirectional asymmetric wave ripples on the surface of thin-grained sandstone bed. The same locality, layer #6. E — Exposition of dolomite bed. Left bank of Volonga River, 2 km downstream the mouth of Sanarka Creek (outcrop #1, layers #4-6). F — Probable thrombolites. Left bank of Volonga River, 1.3 km upstream the mouth of canal of Lower floodplain lake of Volonga River (outcrop #12, observation point #12a-0 layer #3. G — An interlayer of lignite. Right bank of Volonga River, 2.5 km downstream the mouth of Sanarka Creek (outcrop #2, layer #1, upper part). H — Right flange of buried channel. Left bank of Volonga River, 5 km downstream the mouth of Sanarka Creek (outcrop #3, observation point #3-IV). Scale bar: D — 0.3 m, H — 1 m



и доломитистые известняки, а также красноцветные комковатые алевролиты отсутствуют. Для терминальной части свиты характерны прослойки и пачки плотных массивных алевролитов, вторично окрашенных в пестрые желтовато-розовато-фиолетовые тона и зачастую имеющих полосчатый, либо червеобразный рисунок. Последний, вероятно, трассирует следы корневых ходов.

Палеопочвы

Палеопочвы, встреченные на разных уровнях в разрезах устьбемзошицкой, каменной и покаямской свит, принадлежат одному общему типу, но отличаются деталями строения палеопочвенных профилей (рис. 4). Мощность их варьирует от 0.5 до 1.5 м. Древние почвы маркируются густой сетью корней растений, сохранившейся *in situ*. Практически во всех профилях отсутствует хорошо развитый гумусированный генетический горизонт А, однако это может быть связано не столько с его слабым развитием в момент функционирования почвенного профиля, сколько с диагенетическими преобразованиями органического вещества или с его размывом, предшествовавшим захоронению. Об этом косвенно свидетельствует замещение растительных тканей корней растений вторичными минералами (прежде всего оксидами и гидроксидами железа).

Отчетливые карбонатные новообразования (педонодулы, ризоконкреции) встречаются очень редко. По меньшей мере в части профилей вдоль корневых остатков (корневых ходов) развито оглеение, указывающее на восстановительные условия и высокую увлажненность средней (генетический горизонт В) и нижней (генетический горизонт С) частей палеопочвенного профиля. При этом в некоторых разрезах в верхней части палеопочвенного профиля могут наблюдаться трещины усыхания и их пересечения (полигональные текстуры «палеотакры»), указывающие на полное высыхание верхней части профиля, возможно связанное с сезонностью климата. Большинство палеопочвенных профилей, наблюдающихся в изученных разрезах, могут рассматриваться как гидроморфные, подтопляемые.

Общая характеристика палеопочв, приведенная выше, дает все основания утверждать, что на исследованной территории присутствовало по меньшей мере два основных вида палеопочв: 1) умеренно гидроморфные, подвергавшиеся периодическому осушению; в профилях палеопочв этого типа присутствуют ризоконкреции и редкие карбонатные педонодулы; 2) экстремально гидроморфные, оглеенные, с большим количеством тонких, многократно ветвящихся корневых систем высших растений. Вместе с гидроморфными палеопочвенными профилями, насыщенными тонкими корневыми ходами, нередко встречаются фрагменты пикноксилных древесин, часть из которых встречены в укорененном состоянии (рис. 5, А, В). Габитуально эти древесины напоминают древесины рода *Callixylon* Zalessky, достаточно часто встречающиеся в верхнедевонских отложениях Русской платформы и прилегающих регионов [50], где они нередко ассоциативно связаны с палеопочвенными профилями [14, 15].

Скорее всего, оба вида позднедевонских палеопочвенных профилей Северного Тимана образывали

единую катениальную систему, в которой нижнее звено было представлено экстремально гидроморфными профилями, а верхнее звено — умеренно гидроморфными, сезонно промывными профилями. Долговременные колебания уровня воды, а также изменение профиля речной долины могли приводить к закономерной миграции звеньев катены в ту или иную сторону. Доминирующим элементом ландшафта, очевидно, и в первом и во втором случае были «протигимноспермы» (археоптеридофиты), одновременно служившие и эдификаторами растительных сообществ, т. е. растениями с максимальным проективным покрытием, исходя из современных представлений о позднедевонской растительности [48]. При этом, очевидно, в нижней части катены произрастали и многочисленные травянистые и/или кустарниковые гидрофильные растения (*Rhacophyton*). Не исключено, что формы роста археоптеридиевых в разных экологических условиях могли существенно различаться: растения, приуроченные к более высоким частям катены, были более высокими и имели стержневые корневые системы, а растения, тяготевшие к нижним, хорошо обводненным сегментам катены, морфологически были более близки современным мангровым растениям.

Наличие хорошо развитых палеопочвенных профилей в столь древних, казалось бы, осадках, как верхнедевонские отложения Северного Тимана, совершенно не противоречит современным представлениям об эволюции наземной растительности. Вполне достоверные палеопочвенные профили известны из ордовикских отложений [46], что соответствует появлению в геологической летописи и первых наземных растений (обзор проблемы см. [13, 52, 53]).

Фитофоссилии

В верхнедевонских отложениях Северного Тимана ископаемые остатки растений обильны и встречаются во всех обсуждаемых в настоящей статье стратонах. Списочный состав их видов ранее неоднократно публиковался [25, 45]. Согласно нашим последним данным, комплекс остатков ископаемых растений устьбемзошицкой свиты представлен 29, каменной свиты — 6, а покаямской — 12 видами. Однако качественное разнообразие не всегда достоверно отражает бедность или, наоборот, богатство того или иного древнего фитокомплекса.

Устьбемзошицкая свита в бассейне р. Волонги относительно бедно охарактеризована фитофоссилиями. Это объясняется главным образом малой долей участия в сложении разреза тонкозернистых плитчатых пород. Здесь отмечены бурые (?) водоросли, плауновидные, археоптерисовые, прапапоротники и членистостебельные. При этом породы устьбемзошицкой свиты на восточном побережье Чешской губы избилуют разнообразными остатками растений уникальной сохранности. У большинства из них присутствуют органы размножения с находящимися *in situ* спорами (рис. 5, фиг. С).

Отложения каменной свиты бедны остатками ископаемых растений, отсюда известно всего шесть их видов. При этом на поверхностях напластования алевролитов часто заметны следы отпечатков археоптерисовых и, возможно, других растений. К сожа-

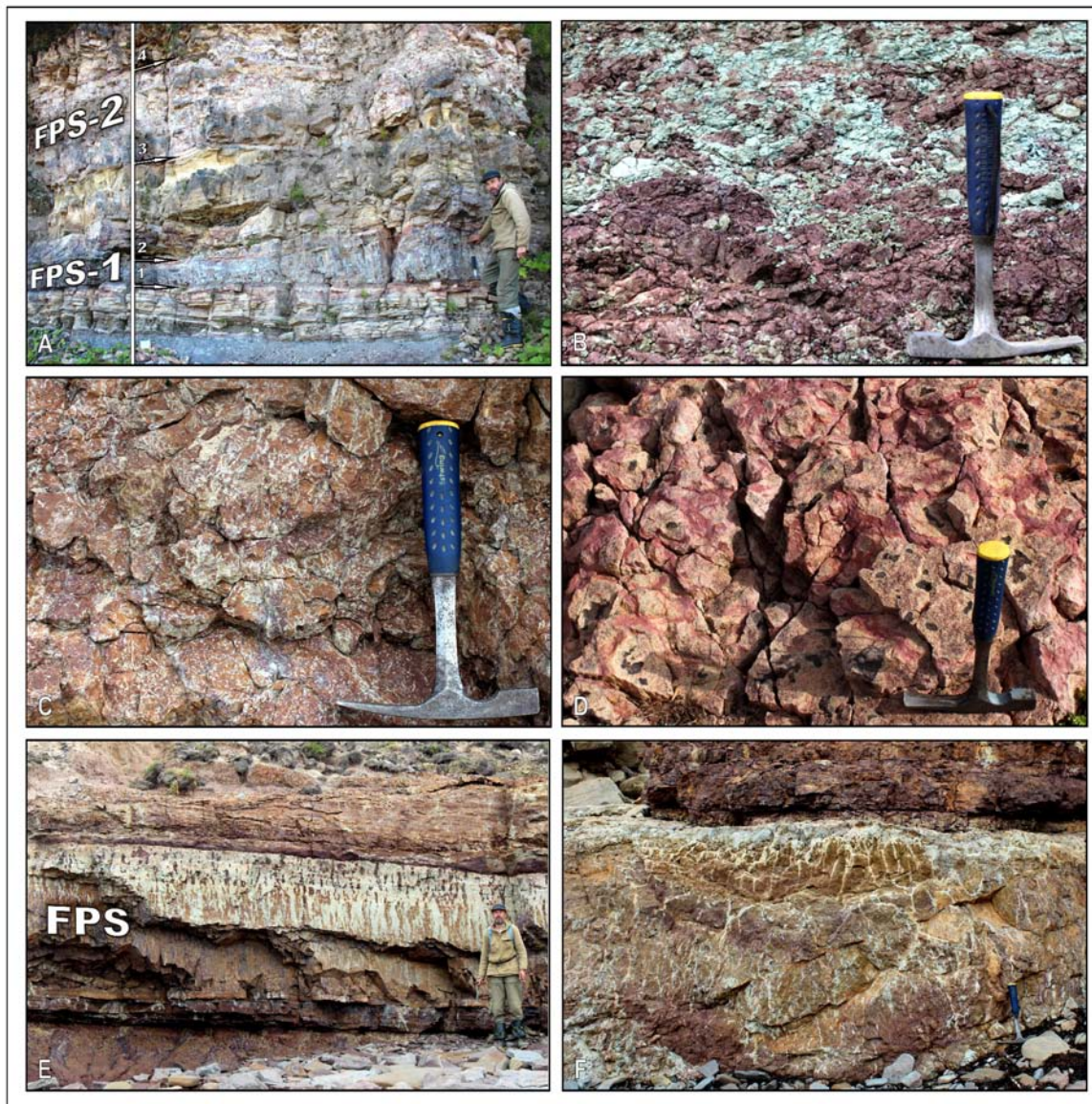


Рис. 4. Палеопочвы в разрезе верхнедевонских отложений Северного Тимана: **A, B** — палеопочвенные профили из разреза покаямской свиты: **A** — два последовательных палеопочвенных профиля (FPS-1 и FPS-2), разделенных пачкой осадочных отложений, р. Волонга, пр. берег, 3.6 км ниже устья протоки из оз. Нижняя Старица (обн. 10, т.н. 10-II): 1 — подошва палеопочвенного профиля FPS-1, 2 — кровля палеопочвенного профиля FPS-1, 3 — подошва палеопочвенного профиля FPS-2, 4 — кровля палеопочвенного профиля FPS-2, **B** — пятна оглеения верхнего и среднего генетических горизонтов палеопочвенного профиля, р. Волонга, лев. берег, 5 км ниже устья р. Санарки (обн. 3, т.н. 3-V, сл. 3); **C, D** — ископаемые корни в отложениях каменной свиты: **C** — морфотип с тонкими, обильно ветвящимися осями нескольких порядков, р. Сувоynная, правый берег, приустьевая часть, **D** — морфотип с относительно толстыми и короткими осями с тремя порядками ветвления, там же; **E, F** — палеопочвенные профили из пограничного интервала устьезбезмошицкой и каменной свит: **E** — палеопочвенный профиль с оглеением по корневым ходам в верхнем и среднем генетических горизонтах, побережье Чёшской губы, мыс Крестовый, 1.2 км севернее устья р. Сувоynной, **F** — палеопочвенный профиль с многочисленными корневыми ходами с несколькими порядками ветвления, там же

Fig. 4. Paleosols from the Upper Devonian section of North Timan: **A-B** — paleosol profiles from the Pokayama Formation. **A** — The sequence of two paleosol profiles (FPS-1 и FPS-2), separated by fluvial deposits. Right bank of Volonga River, 3.6 km downstream the mouth of canal of Lower floodplain lake of Volonga River (outcrop #10, observation point #10-II): 1 — base of the paleosol profile FPS-1, 2 — top of the paleosol profile FPS-1, 3 — base of the paleosol profile FPS-2, 4 — top of the paleosol profile FPS-2. **B** — Gleying spots in the upper and middle paleosol horizons. Left bank of Volonga River, 5 km downstream the mouth of Sanarka Creek (outcrop #3, observation point #3-V layer #3). **C-D** — Root remains in the deposits of Kamenny Formation. **C** — morphotype of thin and densely branched axes of different levels. Right bank of Suvoynaya River, estuary area. **D** — morphotype of thick and short axes of three levels of branching. The same locality. **E-F** — paleosol profiles from the Ust'-Bezmoshita Formation / Kamenny Formation boundary interval. **E** — paleosol profile with gleying root remains in the upper and middle paleosol horizons. Eastern coast of Chosha Bay, Krestovy Cape, 1.2 km north from the mouth of Suvoynaya River. **F** — paleosol profile with numerous root remains of different levels of branching. The same locality



лению, по межпластовым трещинам в породах каменной свиты развито интенсивное ожелезнение, и остатки ископаемых растений покрыты толстой коркой оксидов железа, что не позволяет их точно идентифицировать. Значительное участие в сложении разреза каменной свиты палеопочвенных профилей также свидетельствует о том, что большинство растительных остатков было уничтожено в процессе формирования девонских почв. Подобная переработка наблюдается и в породах покаямской свиты.

Из разреза по р. Волонге наиболее детально были исследованы фитофоссилии покаямской свиты. Указывавшийся ранее [45] список характеризующих ее видов включает *Caudophyton fasciolus* (Penhallow) Snigirevsky, 2001, *Jurinodendron kiltorkense* (Haughton ex Heer) Doweld, 2001, *Pseudobornia* sp., *Sphenophyllum subtenerrimum* Nathorst, 1902, *Archaeocalamites radiatus* (Brongniart) Stur, 1875, *Rhacophyton condrusorum* (Crepin) Mourlon, 1875 emend. Schultka, 1978, *R. incertum* (Dawson) Krdusel et Weyland, 1941, *Dimeripteris gracilis* Schmalhausen, 1894, *Archaeopteris archetypus* Schmalhausen, 1894, *A. halliana* (Goepfert) Dawson, 1871, *Svalbarbia fissilis* (Schmalhausen) Jurina et Raskatova, 2012, *Callixylon timanicum* Zalessky ex Lemoigne, Jurina et Snigirevskaya, 1983 (= *C. trifilievii* Zalessky, 1911).

Наиболее обильны и разнообразны в отложениях покаямской свиты остатки *Rhacophyton* spp., захоронение которых, очевидно, носило характер четкой сортировки по крупности фрагментов в процессе транспортировки к месту захоронения. В палеорусловом разрезе, обнажающемся на левом берегу р. Волонги, в 5 км ниже устья р. Санарки, в линзах голубовато-серых горизонтально-слоистых алевролитов присутствуют обильные терминальные части стерильных и фертильных побегов, тонкие веточки (до 2 мм шириной, но чаще менее 1 мм) и растительный детрит, также образованный в основном остатками ракофитонов. Более крупные части этих растений и остатки других видов здесь отсутствуют. Несколько ниже по течению, в небольшом выходе тонкоплитчатых горизонтально-слоистых розоватых алевролитов, также, вероятно, связанных с отложениями погребенной речной долины, встречены обильные остатки более крупных частей ракофитонов. Они представляют собой оси шириной 3—5 мм, с основаниями боковых веточек, редкими спорангиями, приуроченными к узлам осей предпоследнего порядка. Сохранность некоторых осей этих растений позволяет изучать их анатомическое строение с помощью сканирующего электронного микроскопа (рис. 5, фиг. D). На осях ракофитонов встречены многочисленные лентовидные слоевища бурых (?) водорослей *Caudophyton aquatilis* Stepanov, 1967, прикрепленные к стеблям только с одной стороны (рис. 5, E). Такое ориентированное прикрепление этих водорослей свидетельствует о наличии в занимаемом ими биотопе постоянных направленных течений.

В той же пачке плитчатых горизонтально-слоистых алевролитов, но на несколько сантиметров выше по разрезу встречены моновидовые захоронения *Archaeopteris macilenta* Lesquereux, 1884. На осях археоптерисовых сапрофитных водоросли не обнаружены. На противоположном берегу реки, еще выше по разрезу, в красноцветных алевролитах обнаружены редкие оси ракофитонов шириной 5—7 мм, несущие

следы достаточно долгой транспортировки. Для них также характерно обрастание сапрофитными водорослями каудофитонами и присутствие изредка сохраняющихся спорангиев в основаниях боковых ответвлений. Замеры ориентировки лентовидных слоевищ сапрофитных водорослей по сторонам света на разных уровнях разреза показали широкий спектр направлений палеотечений. Это свидетельствует о невысокой скорости водного потока и его частом блуждании, что больше свойственно низовьям или дельтовой части реки, близкой к своему базису эрозии.

В терминальной части покаямской свиты, обнажающейся на р. Волонге в урочище Покаяма, в полосчатых алевролитах встречены широкие (более 1 см) и длинные (до 30—40 см) оси ракофитонов со следами длительной транспортировки. Эти ветви находились в приосновной части растений. Наконец, базальные части побегов, похожих на *Rhacophyton zygopteroides*, шириной несколько сантиметров были обнаружены на близком стратиграфическом уровне, вскрываемом на побережье Чёшской губы близ мыса Сувоино. Там же были встречены обильные остатки *Jurinodendron kiltorkense* и оси растения со спорангиями и листовидными органами, таксономическая принадлежность которого пока не установлена.

К прослоям углей и углито-глинистых пород приурочены исключительно моновидовые остатки антракофильных сообществ растений — плауновидных (*Jurinodendron kiltorkense*) и, возможно, членистостебельных (фрагменты отпечатков осей с ребристой поверхностью и плохо заметными узлами с определенной долей условности можно определить как *Archaeocalamites radiatus*). Также моновидовые захоронения *Jurinodendron kiltorkense* встречены в верхней части покаямской свиты в урочище Покаяма. Здесь в тонкогоризонтально-слоистых сероцветных и розовато-серых алевролитах встречены обильные захоронения осей, филлоидов и ризоидов (?) этого растения. Стебли *Jurinodendron* сплющены настолько, что через них просматриваются фрагменты нижележащих филлоидов. Это свидетельствует об отсутствии механических тканей у тиманских юринодендронов и о травянистости их стеблей.

Характерно, что в разрезах покаямской свиты по р. Волонге захоронения остатков наземных растений представлены исключительно моновидовыми сообществами (эпифитные водоросли в данном случае не учитываются). Напротив, в ее разрезе, вскрываемом по побережью Чёшской губы, как правило, присутствуют многовидовые сообщества. Кроме того, здесь отмечается отсутствие сортировки растительных остатков по размеру. Оси, ветви и терминальные части растений могут быть захоронены вперемежку в одном и том же слое. Очевидно, что такие тафономические особенности свидетельствуют о сортировке растительного материала в процессе транспортировки к месту захоронения и могут являться показателями дифференциации растительного покрова на разных участках суши в покаямское время.

Прибрежную полосу водоемов, которые характеризовались относительно тиховодными условиями, занимало антракофильное сообщество, представленное плауновидными и членистостебельными. На намытых песчаных берегах водотоков в изобилии про-

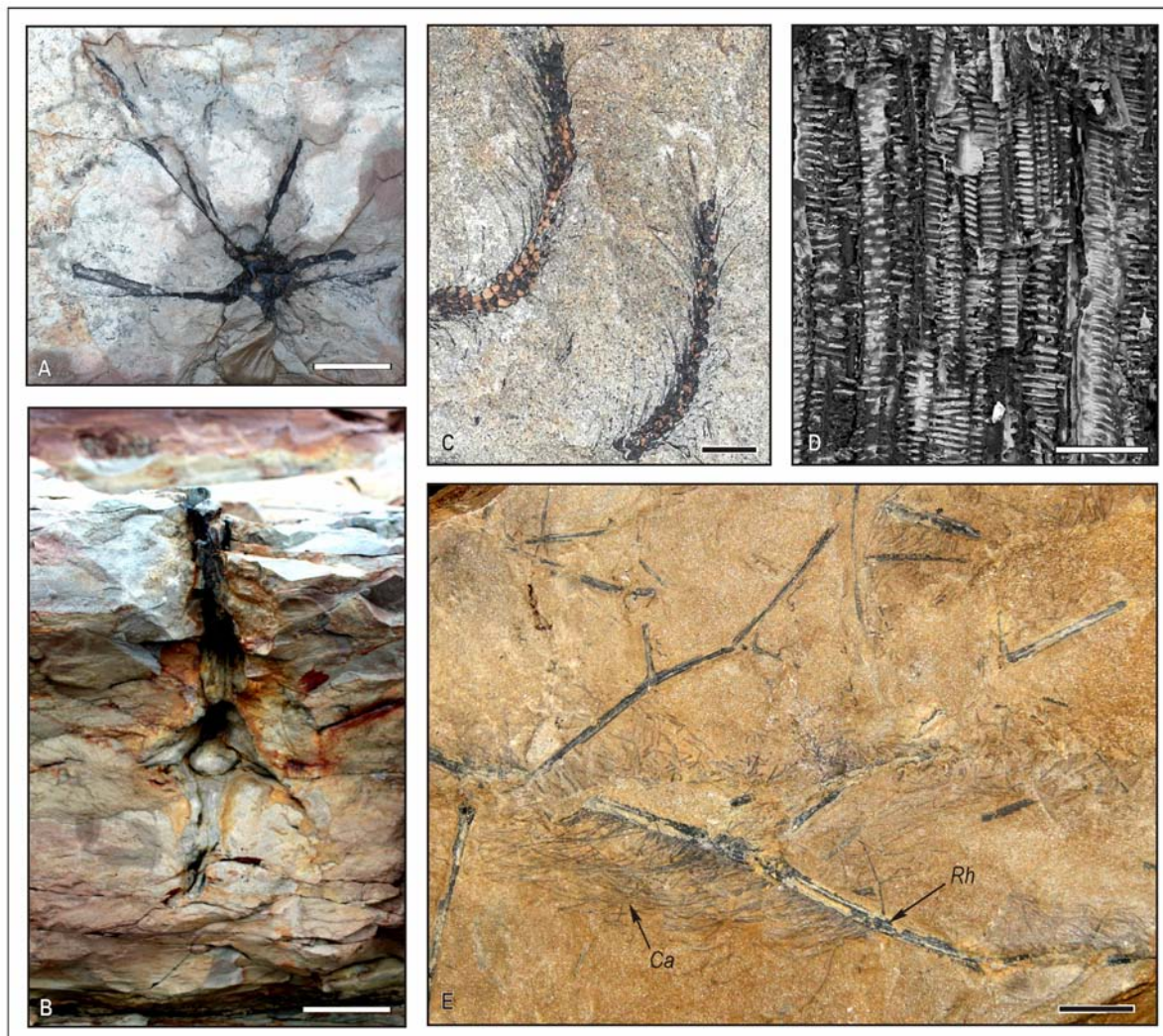


Рис. 5. Фитофоссилии из разреза верхнедевонских отложений Северного Тимана: **A, B** — корневые системы археоптерисовых (?), захороненные *in situ* в тонкозернистых песчаниках: **A** — «в плане», **B** — «в разрезе»; устьбемозицкая свита, побережье Чёшской губы, мыс Крестовый, 1 км севернее устья р. Сувойной; **C** — гетероспоровое плауновидное растение *Kossoviella timanica* Petrosjan в алевролите: терминальные участки фертильных побегов, в верхних частях которых развиты микроспорангии, наполненные спорами *in situ*, в нижней — мегаспорангии; устьбемозицкая свита, побережье Чёшской губы, мыс Крестовый, 0,5 км севернее устья р. Сувойной; **D** — экз. ПМ СПбГУ № 88-14, фрагмент побега *Rhacophyton sp.* с сохранившейся анатомической структурой: отчетливо видны трахеиды с лестничными утолщениями и овальными порами; покаямская свита, р. Волонга, лев. берег, 2,2 км выше устья протоки из оз. Нижняя Старица (обн. 12, т.н. 12-I, сл. 4); **E** — экз. ИГ КНЦ 706/3, поверхность плитки алевролита с осями прапапоротника *Rhacophyton sp.* (*Rh*) и нарощими на них сапрофитными водорослями *Caudophyton aquatilis* Степанов (*Ca*). Положение лент *Caudophyton* отвечает направлению течения в девонском водотоке, покаямская свита, р. Волонга, лев. берег, 6,5 км ниже устья р. Санарки (обн. 5, осыпь). Шкала для **A** — 5 см, для **B, E** — 2 см, для **C** — 5 мм, для **D** — 0,1 мм

Fig. 5. Plant fossils from the Upper Devonian sections of North Timan: **A-B** — *in situ* root systems of probable archaeopterids in the fine-grained sandstone matrix, **A** — “cross-section”, **B** — “longitudinal section”. Ust'-Bezmoshitsa Formation, eastern coast of Chosha Bay, Krestovy Cape, 1 km north from the mouth of Suvoynaya River. **C** — heterosporous plant *Kossoviella timanica* Petrosjan in the siltstone matrix: terminal parts of fertile shoots, in the upper parts — microsporangia with *in situ* spores, in the lower parts — megasporangia. Ust'-Bezmoshitsa Formation, eastern coast of Chosha Bay, Krestovy Cape, 0.5 km north from the mouth of Suvoynaya River. **D** — Specimen PM SPbSU №88-14, anatomically preserved fragment of *Rhacophyton sp.*: tracheids with scalariform thickenings and oval bordered pits could be observed. Pokayama Formation, left bank of Volonga River, 2.2 km upstream the mouth of canal of Lower floodplain lake of Volonga River (outcrop #12, observation point #12-I, layer #4); **E** — Specimen IG KSC 706/3, the upper surface of siltstone bed with branches of *Rhacophyton sp.* (*Rh*) to which the “filaments” of saprophytic algae *Caudophyton aquatilis* Stepanov (*Ca*) are attached. Position of *Caudophyton*'s “filaments” corresponds to the direction of flow in the Devonian stream. Pokayama Formation, left bank of Volonga River, 6.5 km downstream the mouth of Sanarka Creek (outcrop #5, a scree). Scale bar: **A** — 5 cm, **B, E** — 2 cm, **C** — 5 mm, **D** — 0.1 mm



израстали кустарниковые формы *Rhacophyton* spp., являвшиеся доминантами покаямских наземных фитоценозов. Археоптерисовые, столь многочисленные здесь ранее (особенно в устьбемозошское время), формировали, вероятно, небольшие островки леса, приуроченные к хорошо развитым почвенным профилям, либо заселяли внутренние участки суши, расположенные вдали от основных водотоков.

Угли

Значительная часть верхнедевонских разрезов Северного Тимана характеризуется присутствием угольных прослоев. Большинство материалов геологических партий, занимавшихся разведкой Волонгского месторождения углей в 1940—1950 гг., так и остались неопубликованными [19—21]. В результате тех работ было установлено, что девонские угли Северного Тимана имеют невысокое качество, представлены маломощными прослоями (рис. 3, G), содержат большое количество пирита и их промышленное использование нецелесообразно. Именно этим объясняется отсутствие более поздних работ по их изучению.

Вместе с тем встреченные в изученном разрезе бурые угли весьма разнообразны. Среди них преобладают листоватые «бумажные угли» и споровые угли. Последние представлены слоистой песчаной/алевролитовой/песчано-алевролитовой породой с тонкими (~ 0.3—0.4 мм) прослоями сплюснутых остатков плауновидных растений и скоплениями микро- и мегаспор. Остатки растений сильно углефицированы и трещиноваты. Процент содержания в породе спор варьирует от 10—15 до 50 %, причем количество микроспор (диаметром ~ 0.1 мм) значительно больше, чем макро- (диаметром ~ 0.5 мм). Расположены они преимущественно по плоскостям напластования. Данный вид углей схож с углесодержащими породами из девонских отложений северной Лавразии [24]. «Бумажные угли» нацело сложены тканями многоклеточных растений, образующих тонкие мягкие слои — листы. Материнскими растениями являлись, вероятно, плауновидные *Jurinodendron* и редкие членистостебельные. В составе этого угля споры отсутствуют. Подобный «бумажный» уголь известен также из среднего девона Северо-Западного Китая [51].

Несмотря на отсутствие промышленного значения девонских углей Северного Тимана, изучение первых этапов угленакопления, обусловленных развитием настоящей наземной растительности, безусловно, имеет важное значение для понимания эволюции образования залежей твердых горючих ископаемых. Девонские угли, встречающиеся в разных районах мира, в основном являются бурыми, не прошедшими стадии метаморфизма. Скорее всего, это свидетельствует о том, что они накапливались не в паралических бассейнах с компенсированным осадконакоплением, а в платформенных участках древней суши.

Растения, формировавшие первые угли Земли, являлись доминантами первых лесных биоценозов, которые были приурочены к долинам рек. Накопление и захоронение их остатков, по всей видимости, происходило в относительно тиховодных условиях дельтовой зоны — разнообразных заводях, ста-

рицах и внутренних лагунах. Подавляющее большинство представителей позднедевонской флоры не пережило турнейско-визейского рубежа. Таким образом, угленакопление в каменноугольном периоде протекало не только в иных условиях, но и в результате жизнедеятельности других групп высших растений.

Ихнофоссилии

Верхнедевонские отложения Северного Тимана довольно бедны следами жизнедеятельности ископаемых организмов. В нижней части разреза устьбемозошской свиты, развитой в районе устья р. Кумушки-Волонги, несмотря на хорошую обнаженность и обилие выходов, ихнофоссилии почти отсутствуют. Здесь отмечено лишь единственное их местонахождение, представляющее, однако, значительный интерес. Ранее [4] на основании Государственной геологической карты последнего поколения [28] оно было отнесено к груборучейской свите. Однако, согласно нашим уточненным данным, эта часть разреза соответствует нижней пачке верхней подсвиты устьбемозошской свиты Л. С. Косового [6].

На левом берегу р. Волонги, в 2.8 км выше устья р. Кумушки-Волонги, в многометровой немой толще массивных косослоистых песчаников, на нижней поверхности одного из пластов было встречено несколько следовых дорожек *Paleohelcura*. Они имеют ширину около 1 см, в их осевой части четко различим след от «хвоста», а по бокам от него — серии отпечатков ходильных ног (рис. 6, B). Поочередное расположение их то слева, то справа является характерным признаком данного ихнотаксона, указывающим на принадлежность этих следов скорпионам и отличающим его от следовых дорожек эвриптерид. По всей видимости, следы были оставлены на поверхности слабokonсолидированного обводненного осадка и сохранились только в узкой прибрежной полосе над самым урезом воды благодаря быстрому погребению их под золовыми наносами песка, на что указывают также хорошо выраженные текстуры оседания (рис. 6, A). Такое биотопическое положение этих следов вполне согласуется с современными данными, свидетельствующими о наземном образе жизни девонских скорпионов [41]. В том же блоке песчаника, но уже на другой части его поверхности, сформировавшейся в субаквальных условиях, встречены многочисленные *Lockeia*, оставленные небольшими двустворчатými моллюсками, одиночные *Undichna* — следы касаний о дно плавников рыб при локомоции (рис. 6, C), а также ряд неопределенных ихнотаксонов и гиероглифы. Несмотря на крайнюю редкость ихнофоссилий в этой части разреза, отмеченная здесь ассоциация и литологическая монотонность данной толщи позволяют полностью относить ее к скоениевой ихнофафии, свойственной прибрежной зоне опресненного участка бассейна.

В верхней части устьбемозошской свиты, обнажающейся преимущественно по побережью Чешской губы, ихнофоссилии наиболее многочисленны. Довольно часто и обильно здесь встречаются *Chondrites*, *Dactyloidites*, *Skolithos* и *Zoophycos*, местами сплошь покрывающие поверхности напластования песчаников. Последние три ихнотаксона иногда присутствуют совместно в одном и том же слое. Такая не-

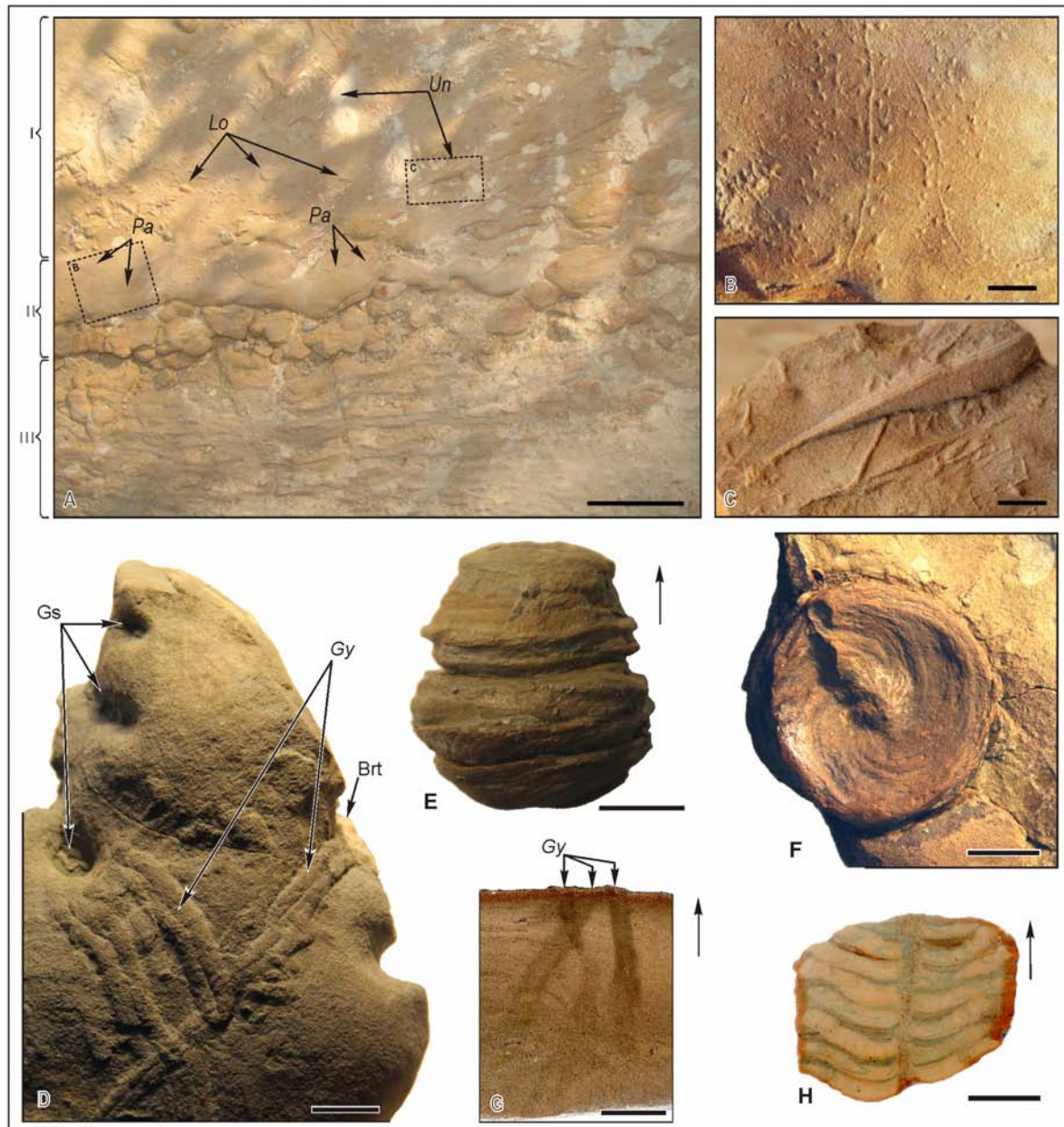


Рис. 6. Ихнофоссилии из разреза устьбезмошицкой свиты: А — нижняя поверхность пласта песчаника со следами *Paleohelcura* (*Pa*), *Lockeia* (*Lo*) и *Undichna* (*Un*), р. Волонга, лев. берег, 2.8 км выше устья р. Кумушки-Волонги: зона I — субаквальный участок поверхности, зона II — прибрежная полоса обводненного осадка и load structures, зона III — субаэральный участок, обнажающий на склоне погребенные следы волновой ряби; В, С — детали того же пласта: В — экз. ИГ КНЦ 338/3, следовые дорожки *Paleohelcura*, гипорельеф, С — экз. ИГ КНЦ 338/1, след *Undichna*, гипорельеф; D, G — экз. ИГ КНЦ 338/4, следы *Gyrochorte* (*Gy*), газово-флюидные сипы (*Gs*) и кристаллы барита (*Brt*), р. Волонга, пр. берег, 0.5 км выше устья р. Травянки, D — вид сверху, эпирельеф, G — вертикальный срез, секущий три хода; E, F, H — экз. ИГ КНЦ 338/7, ходы *Spirophyton*, там же: E — общий вид хода сбоку, F — ход в породе, вид сверху, H — вертикальный срез через центральную ось хода. Шкала для А — 10 см, для В–Н — 1 см

Fig. 6. Trace fossils of the Ust'-Bezmoshitsa Formation: A — The lower surface of sandstone bed with the traces of *Paleohelcura* (*Pa*), *Lockeia* (*Lo*) and *Undichna* (*Un*). Left bank of Volonga River, 2.8 km upstream the mouth of Kumushka-Volongi River. Zone I — sub-aquatic area ("bottom surface"), Zone II — watered sediment area with water-escape and load structures, Zone III — subaerial area with burried wave ripple structures on cleavage surface. B-C — details of the same rock cluster: B — Specimen IG KSC 338/3, trackways assigned to the ichnogenus *Paleohelcura*, hyporelief. C — Specimen IG KSC 338/1, trace assigned to the ichnogenus *Undichna*, hyporelief. D, G — Specimen IG KSC 338/4, traces assigned to the ichnogenus *Gyrochorte* (*Gy*) in association with gas- or fluid-escape structures (*Gs*) and barite crystals (*Brt*). Right bank of Volonga River, 0.5 km upstream the mouth of Travyanka River. D — Top view, epirelief. G — Vertical cross-section through the three traces. E-F, H — Specimen ИГ КНЦ 338/7, burrows assigned to the ichnogenus *Spirophyton*. The same locality. E — Ichnofossil in lateral view. F — burrow in the matrix, top view. H — Vertical cross-section through the central tunnel. Scale bar: A — 10 cm, B-H — 1 cm



типичная ассоциация, сочетающая индекс-таксоны двух разных ихнофаций, может объясняться слабой приуроченностью палеозойских *Zoophycos* к конкретным условиям осадконакопления [43]. В этой связи, с учетом наличия в данной части разреза поверхностей со знаками ряби, трещинами усыхания, а также палеопочвенных профилей, ее скорее следует относить к сколитовой ихнофации, характеризующей преобладание прибрежных мелководно-морских обстановок.

Кроме перечисленных выше широко распространенных следов, в одном из обнажений верхней части устьбемозицкой свиты на р. Волонге, расположенном в 0.5 км выше устья р. Травянки, в глинисто-алевролитовой пачке дополнительно отмечены два других ихнотаксона, более нигде на Тимане пока не зафиксированных. В основании этой пачки залегает прослой лепешкообразных стяжений толщиной до 5 см, прободенных вертикальными оплывшими отверстиями округло-конусовидной формы и диаметром до 1.5 см. Эти отверстия, по всей видимости, образовались в результате струйных газифлюидных высачиваний из осадка. Они заполнены глинистым веществом и часто содержат кристаллы барита. Барит присутствует также и в составе самих стяжений. Кроме этих локальных газовых сипов, на верхней поверхности местами наблюдаются своеобразные следы *Gyrochorte* неясного происхождения. Эти следы, выраженные в виде положительного эпирельефа, характеризуются наличием центральной продольной борозды, имеют ширину 4–5 мм, часто пересекаются и переходят с одного стяжения на другое, спускаясь по их пологим боковым поверхностям (рис. 6, D). На вертикальных срезах они прослеживаются внутри породы на глубину до 3 см (рис. 6, G).

Выше, в толще самой пачки имеются многочисленные сложноустроенные винтовые системы ходов *Spirophyton*. Эти постройки образованы более плотным, чем вмещающая порода, осадком и легко отделяются от нее. Их устройство характеризуется наличием центральной вертикальной шахты, вокруг которой в виде геликоида располагаются серии горизонтальных вложенных ходов (рис. 6, E, F, H). Витки их довольно плотно примыкают друг к другу, а толщина обычно не превышает 5 мм. Высота всей постройки может достигать 5 см, диаметр варьирует от 1.5 до 5.5 см. Размер витков обычно остается более-менее постоянным по всей высоте постройки либо лишь слегка увеличивается книзу.

Глинистая пачка, содержащая ходы *Gyrochorte* и *Spirophyton*, перекрывается косослоистыми песчаниками со следами *Chondrites* на поверхностях напластований. Следы *Gyrochorte* обычно бывают приурочены к штормовым отложениям [38], однако в структуре осадка, слагающего стяжения с ихнофоссилиями, признаки штормовых явлений не выражены. Ходы *Spirophyton* свойственны зоофикосовой ихнофации. В целом, учитывая характер остальной части разреза свиты, близость к Волонгскому глубинному разлому (рис. 1), присутствие баритовой минерализации, локальных газовых сипов и довольно своеобразной ассоциации ихнофоссилий, на данном этапе исследований можно предположить, что формирование этой пачки происходило в условиях мелководного шельфа, но в относительно спокойных обстановках и связано с проявлением гидротермальной активности.

В отложениях, заведомо относящихся к каменской свите, развитых в приустьевой части р. Сувоиной, ихнофоссилии нами не встречены. Отсутствуют они, по всей видимости, и в разрезе свиты по р. Волонге. Отмеченное ранее [4] присутствие там неопределенных ихнофоссилий было основано на ярко выраженной красноцветности пород толщи, в которой они были найдены. Согласно новым данным, эта часть разреза относится уже к низам покаямской свиты (см. выше).

Фаменская часть разреза крайне бедна ихнофоссилиями. Только в самых низах покаямской свиты, в пласте доломитистых известняков, отмечена интенсивная биотурбация, среди которой местами различимы ходы *Cruziana*, *Planolites* и *Rhizocorallium*. Эта ассоциация характеризует крузиановую ихнофацию, соответствующую зоне сублиторали, расположенной выше базиса штормовых волн, но ниже базиса обычных. Кроме ихнофоссилий здесь также присутствуют редкие остатки рыб, двустворок, замковых и беззамковых брахиопод, а также их обильный детрит. По всей видимости, этот слой сформировался в результате кратковременной импульсной трансгрессии, либо в условиях небольшого морского залива на фоне высокой штормовой активности. Кроме того, в нижней части покаямской свиты, в пачке немых красноцветных тонкогоризонтальнослоистых алевролитов обнаружены редкие прослой с моновидовым сообществом. Следы представлены гипорельефом, образуют линзовидные скопления и принадлежат, по всей видимости, частично редуцированным ходам *Arenicolites*.

Позвоночные

В исследованной части разреза остатки позвоночных распространены неравномерно. В отложениях устьбемозицкой свиты они довольно редки и приурочены только к верхней ее части. Здесь непосредственно в обнажениях встречены *Psammosteus* sp., *Bothriolepis* sp., *Holoptychius* sp., cf. *Atopacanthus* sp., *Psammosteida* gen. indet., *Dipnoi* gen. indet. и *Arthrodira* gen. indet. Остатки в большинстве своем имеют плохую сохранность, часто окатаны и фрагментированы, что сильно затрудняет их более точное определение. Кроме перечисленных таксонов, в данный комплекс ихтиофауны может быть добавлен *Psammosteus tchernovi* Obruchev, описанный из разреза, вскрывающегося на побережье Чешской губы в устье руч. Грубого [17]. По данным Л. С. Коссового [6], в этом районе расположены только выходы верхней части устьбемозицкой свиты.

В исследованных обнажениях каменской свиты никаких остатков позвоночных нами не встречено. Согласно данным Л. С. Коссового [6], лишь по р. Рассохе Безмошицы и в скважинах восточного склона Северного Тимана в ее отложениях отмечены редкие, плохой сохранности остатки *Bothriolepis* sp. и *Sarcopterygii* gen. indet.

До недавнего времени комплекс ихтиофауны покаямской свиты включал всего три таксона — *Bothriolepis ornata* Eichw., *Phyllolepis* sp. и *Holoptychius* sp. [16, 37, 39]. Два из них являются зональными формами, что позволяло сопоставлять покаямскую свиту с подзоной *ornata* зоны *Phyllolepis*, соответствующей зонам *marginifera* и, возможно, *trachytera* стандартной конодонтовой



Рис. 7. Остатки позвоночных из разреза покаямской свиты: **A** — *Bothriolepis ornata* Eichw., экз. ИГ КНЦ 465/87, левая заднебоковая брюшная пластина (PVL), вид с вентральной стороны, р. Волонга, лев. берег, 2.2 км выше устья протоки из оз. Нижняя Старица (обн. 12, т.н. 12а-1, сл. 9); **B, C** — *Phyllolepis* sp.: **B** — экз. ИГ КНЦ 465/80, правая спинальная пластина (Sp), вид с вентральной стороны, р. Волонга, пр. берег, 5.5 км ниже устья р. Санарки (обн. 4, т.н. 4-XI, сл. 1, верхняя часть); **C** — экз. ИГ КНЦ 465/78, фрагмент левой переднебоковой брюшной пластины (AVL), дополненный обработанным изображением противоотпечатка недостающей части кости в породе, вид с вентральной стороны, там же; **D** — *Bothriolepis ciecerе* Lyarskaja, экз. ИГ КНЦ 465/24, правая передняя спинно-боковая пластина (ADL), вид с латеральной стороны, р. Волонга, пр. берег, 1.1 км ниже устья протоки из оз. Нижняя Старица (обн. 7, сл. 2); **E, F** — cf. *Dunkleosteus* sp.: **E** — экз. ИГ КНЦ 465/74, правая нижнечелюстная пластина (Ig), вид с лабиальной стороны, р. Волонга, пр. берег, 0.1 км выше устья руч. Каменного (обн. 11, сл. 3); **F** — экз. ИГ КНЦ 465/74, левая нижнечелюстная пластина (Ig), вид с лабиальной стороны, там же; **G, H** — “*Devononchus*” *tenuispinus* Gross: **G** — чешуя, косой вид сбоку, р. Волонга, лев. берег, 0.5 км ниже устья руч. Каменного; **H** — плавниковый шип, поперечный срез через центральную часть, р. Волонга, пр. берег, 0.1 км выше устья руч. Каменного (обн. 11, сл. 3). Шкала для **A, C** и **E, F** — 2 см, для **D** — 1 см, для **G** — 0.1 мм, для **H** — 1 мм

Fig. 7. Vertebrate remains of the Pokayama Formation: **A** — *Bothriolepis ornata* Eichw., specimen IG KSC 465/87, left posterior ventrolateral plate (PVL) in ventral view. Left bank of Volonga River, 2.2 km upstream the mouth of canal of Lower floodplain lake of Volonga River (outcrop #12, observation point #12a-I, layer #9). **B-C** — *Phyllolepis* sp. **B** — Specimen IG KSC 465/80, right spinal plate (Sp) in ventral view. Right bank of Volonga River, 5.5 km downstream the mouth of Sanarka Creek (outcrop #4, observation point #4-XI, layer #1, upper part). **C** — Specimen IG KSC 465/78, a fragment of left anterior ventro-lateral plate (AVL) in ventral view, combined with the reflected image of imprint of missing part of the bone. The same locality. **D** — *Bothriolepis ciecerе* Lyarskaja, specimen IG KSC 465/24, right anterior dorso-lateral plate (ADL) in lateral view. Right bank of Volonga River, 1.1 km downstream the mouth of canal of Lower floodplain lake of Volonga River (outcrop #7, layer #2). **E-F** — cf. *Dunkleosteus* sp. **E** — Specimen IG KSC 465/74, right infragnathal plate (Ig) in labial view. Right bank of Volonga River, 0.1 km upstream the mouth of Kamenny Creek (outcrop #11, layer #3). **F** — specimen IG KSC 465/74, left infragnathal plate (Ig) in labial view. The same locality. **G, H** — “*Devononchus*” *tenuispinus* Gross, **G** — Scale, oblique crown view. Left bank of Volonga River, 0.5 km downstream the mouth of Kamenny Creek. **H** — Fin spine, cross-section through its central part. Right bank of Volonga River, 0.1 km upstream the mouth of Kamenny Creek (outcrop #11, layer #3). Scale bar: **A, C** and **E, F** — 2 cm, **D** — 1 cm, **G** — 0.1 mm, **H** — 1 mm



шкалы [37]. В результате кратковременных полевых работ 2011 г. этот список был значительно дополнен [1, 2], в том числе за счет другого зонального вида — *Bothriolepis cieceri* Lyarskaja. Это позволило расширить объем свиты и, учитывая результаты спорово-пыльцевого анализа, сопоставить верхнюю ее часть с тургеневскими слоями плавского горизонта Центрального девонского поля [35]. Тем не менее повторить находки *B. ornata* и *Phyllolepis* sp. тогда не удалось.

В результате детальных полевых обследований коренных выходов покаямской свиты, проведенных в 2013 и 2016 гг., был собран богатый палеонтологический материал, позволивший расчленить ее разрез на три интервала, охарактеризованных различными сообществами позвоночных. В самых низах свиты остатки ихтиофауны достаточно редки, характеризуются плохой сохранностью и приурочены к пласту биотурбированных доломитистых известняков. Здесь отмечены *Bothriolepis* sp., *Holoptychius* sp., *Dipterus* sp., *Conchodus* sp. и “*Bradyodonti*” gen. indet. Присутствие остатков последних, представленных зубными пластинами, является отличительной чертой данного сообщества. Стратиграфический интервал, с которым оно соотносится, пока точно не установлен.

Несколько выше по разрезу отмечено второе, более богатое сообщество, включающее *B. ornata* (рис. 7, А), “*Devononchus tenuispinus* Gross (шпипы), *Acanthodes* (?) sp. (шпипы), *Phyllolepis* sp. (рис. 7, В—С), *Holoptychius* sp., *Osteolepiformes* gen. indet., *Conchodus* sp., *Dipnoi* gen. indet. *Tetrapoda* gen. et sp. nov., *Tetrapoda* gen. indet. Очевидно, что материал, собранный Н. К. Говорко в 1940 г. и переданный на определение Д. В. Обручеву [16], происходит именно с этого стратиграфического уровня. На Главном девонском поле остатки *B. ornata* распространены в спарненском (бывшем мурском) горизонте современной стратиграфической схемы [42]. Оттуда же известен *Phyllolepis tolli* Vasiliauskas — единственный определяемый вид этого рода с территории ГДП, валидность которого тем не менее недавно была поставлена под сомнение на основании значительного сходства его с *Phyllolepis orvini* Heintz [44]. *Ph. tolli* был описан по нескольким относительно целым экземплярам костей, в числе которых передняя вентрально-боковая (AVL) и спинальная (Sp) пластины [3]. В материале, собранном на р. Волонге, также представлены почти целая спинальная и крупный фрагмент передней вентрально-боковой пластины, принадлежавшие, вероятно, одной особи. Кроме того, в другом месте был обнаружен фрагмент неопределимой пластины очень крупного экземпляра *Phyllolepis*. Максимальная толщина ее составляет 9.5 мм. Судя по морфологическим особенностям спинальной пластины, северотиманский представитель этого рода не принадлежит к виду *Ph. tolli* (*Ph. orvini*), отличаясь от него значительно более крупными размерами, однако недостаточность материала не позволяет как рассматривать его в качестве самостоятельного таксона, так и отнести к уже известным видам.

В целом данное сообщество позвоночных покаямской свиты таксономически существенно беднее одновозрастного комплекса из спарненского горизонта. Тем не менее оно представляет значительный интерес благодаря присутствию в нем наряду с ихтиофауной примитивных тетраподов. Их остатки были обнаруже-

ны только в 2016 г. и принадлежат двум разным особям. Первый экземпляр представлен неполной нижней челюстью (отсутствует задняя ее часть) с реконструированной длиной ок. 22 см. По всей видимости, он принадлежит новому таксону родового уровня. Второй экземпляр представлен сильно деформированным, но относительно полным черепом с обеими ветвями нижней челюсти, а также некоторыми элементами посткраниального скелета. Длина черепа составляет всего 31 мм. Малые размеры и хрупкость костей не позволяют освободить его полностью от вмещающей породы и установить на данном этапе исследований, принадлежит ли он ювенильной особи того же вида, что и первый экземпляр, либо представляет собой другой самостоятельный таксон. В любом случае он является самым маленьким экземпляром со столь полным скелетом среди всех известных девонских тетрапод.

Третье сообщество приурочено примерно к средней части разреза свиты и в наиболее полном виде включает *Bothriolepis cieceri* (рис. 7, D), *B. sp.*, “*Devononchus tenuispinus* (шпипы, рис. 7, H), cf. *Dunkleosteus* sp. (рис. 7, E, F), *Holoptychius* sp., *Dipterus* sp. 1, *Dipterus* sp. 2 и *Chirodipteridae* gen. indet. Его корреляционный потенциал, а также сопутствующий комплекс миоспор подробно рассматривались ранее [35]. Совместно все перечисленные таксоны данного сообщества встречаются в костеносной линзе, расположенной на правом берегу р. Волонги, непосредственно выше устья руч. Каменного. При незначительной мощности, не превышающей 10 см, линза очень богата костными остатками, их доля в составе породы составляет около 30 %. В 2016 г. на данном местонахождении были проведены раскопки, в результате которых удалось собрать представительную коллекцию остатков пахиостеоморфной артродиры, включающую почти все элементы головного, а также некоторые элементы туловищного панциря. Эта форма морфологически близка к роду *Dunkleosteus* (sensu R. K. Carr et W. J. Hlavin [36]), однако имеет ряд отличий, в числе которых и относительно некрупные размеры. Значительная часть материала находится еще на стадии препарирования, поэтому к данному роду северотиманский пахиостеоморф отнесен пока условно.

В разрезах верхней части покаямской свиты остатки позвоночных, как правило, отсутствуют. На этом уровне отмечен пока единственный небольшой прослой глауконитовых алевролитов, содержащий многочисленные, но сильно фрагментированные, окатанные, большей частью мелкие и близко неопределимые остатки. Среди них установлено присутствие “*Devononchus tenuispinus* (шпипы и чешуи, рис. 7, G), *Porolepiformes* gen. indet. и *Dipnoi* gen. indet. Характерно, что остатки ботриолепид здесь не встречаются. Из пород этого слоя выделен также комплекс миоспор, однако данные о его составе пока отсутствуют.

Заключение

Представленные выше новые данные существенно дополняют сведения о литологическом строении, органогенных остатках и стратиграфии верхнефранских и фаменских отложений Северного Тимана. Исследованный интервал разреза характеризуется

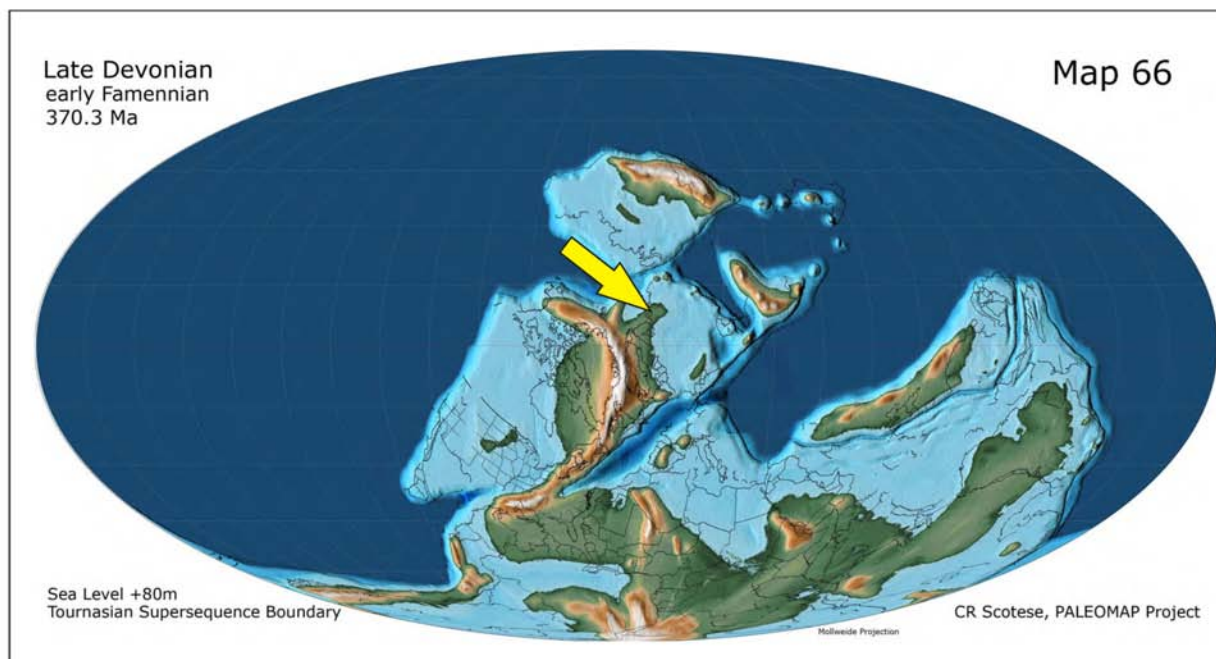


Рис. 8. Палеогеографическая карта позднедевонской эпохи (начало фаменского века, 370.3 млн лет назад), по [49]. Положение Северного Тимана показано желтой стрелкой

Fig. 8. Paleogeographic map of the Late Devonian (Early Famennian, 370,3 Ma) by C. R. Scotese [49]. The position of North Timan is pointed by yellow arrow

преобладанием континентальных обстановок, о чем свидетельствуют многочисленные палеопочвенные профили, корневые системы растений, сохранившиеся *in situ*, трещины усыхания на поверхностях напластования, а также целый ряд погребенных русловых и старичных врезов древних водотоков. Периодически континентальные условия сменялись обстановками мелководной сублиторали, на что указывают редкие остатки морских беспозвоночных, комплексы ихно-фоссилий, породы со следами течений, знаками волновой ряби и пр. Это позволяет рассматривать всю исследованную толщу как часть единого комплекса осадочных пород, сформировавшегося в условиях длительно существовавшей обширной заболоченной приливной дельтовой равнины, периодически подтопляемой паводковыми и морскими водами. Данное утверждение вполне согласуется с современными палеогеографическими реконструкциями. В позднедевонскую эпоху Северный Тиман располагался на северо-восточной оконечности Лавразии (рис. 8). Центральную часть этого палеоконтинента занимал Каледонский складчатый пояс — обширная область денудации, снос с которой в восточном направлении (в современной ориентировке) происходил в сторону Тимано-Печорского осадочного бассейна.

Впервые предположение о дельтовом характере осадков нижней (франской) части надбазальтовой терригенной толщи было высказано ещё А. А. Черновым [29]. Впоследствии же большинством исследователей эти отложения стали рассматриваться в качестве лагунных [18]. Действительно, лагунные и мелководно-морские условия периодически устанавливались на данной территории, что, в частности, подтверждается некоторыми комплексами ихнофоссилий, отмеченными на отдельных уровнях разреза. Однако дельтовые обстановки, очевидно, преобладали, о

чем свидетельствует присутствие в разрезе русловых врезов. Большая мощность (до 800 м, согласно данным Л. С. Коссового [6]) и частое чередование мелководно-морских и прибрежных отложений с палеопочвенными горизонтами указывают на то, что в течение позднего франа и значительной части фамена Северный Тиман, в отличие от Среднего и Южного, испытывал постоянные медленные отрицательные тектонические движения, приводившие к компенсированному осадконакопению.

Таким образом, на Северном Тимане на протяжении нескольких миллионов лет сохранялся единый набор достаточно разнообразных биотопических условий, что благоприятствовало распространению и развитию здесь богатых растительных сообществ. В позднем девоне на берегах рукавов и стариц северотиманской дельты возникли одни из древнейших на планете лесов. Их полог создавал защиту от излишней инсоляции, опад давал укрытие, а интенсивная продукция фитомассы обеспечивала кормовой базой уже освоивших наземную среду членистоногих. Сочетание таких условий с наличием потенциальных пищевых объектов могло служить предпосылкой для выхода позвоночных на сушу [47]. Позднедевонская дельта Северного Тимана полностью отвечала этим требованиям. С учетом недавних находок здесь остатков ранних тетрапод, она может рассматриваться в качестве одного из вероятных центров их терестриализации.

Таким образом, верхнедевонский дельтовый комплекс Северного Тимана является крайне интересным геологическим объектом, требующим дальнейшего досконального изучения. Его разрезы могут служить важнейшим источником информации об особенностях развития органического мира Земли на границе «суша — река — море» в позднем девоне. Общность фациальных условий для всего верхнедевонского раз-



реза ставит, однако, принципиальный вопрос о валидности выделения здесь отдельных свит, литологически почти неотличимых одна от другой. На наш взгляд, названия этих местных стратиграфических подразделений корректней было бы использовать для обозначения региональных слоев с географическим названием и/или фауной либо флорой.

Благодарности

Осуществление полевых исследований в 2011, 2013 и 2016 гг. стало возможным благодаря поддержке со стороны Ненецкого краеведческого музея, Упсальского Университета, Баренц-отделения Всемирного фонда дикой природы WWF России и Института геологии Коми НЦ УрО РАН. За помощь в проведении полевых работ, обработку собранных материалов и обсуждение полученных результатов авторы выражают признательность П. Э. Альбергу (Упсала, Швеция), Г. Стинкулису (Рига, Латвия), Е. О. Малышевой (Москва), Е. Г. Меньшаковой, Н. М. и А. С. Николаевым, В. Е. Остапчуку, И. В. Хозяинову (Нарьян-Мар), А. И. Антошкиной, О. В. Гамолуку, А. В. Журавлеву, А. А. Костину, Д. А. Лютоеву, Р. Р. Миннебаеву, А. С. Плотицкой, Д. В. Пономареву, Е. С. Пономаренко, В. А. Салдину, В. С. Чупрову (Сыктывкар), гостеприимным и отзывчивым жителям д. Волонги и п. Нижняя Пёша, а также лицам, поименованным в сообщении С. М. Снигиревского [26]. Электронно-микроскопическая съемка палеонтологических объектов произведена в ресурсных центрах ИГ Коми НЦ УрО РАН «Геонаука» и СПбГУ «Центр микроскопии и микроанализа».

Работа выполнена по теме НИР ГР № АААА-А17-117121140081-7 и в рамках Проекта Президиума УрО РАН № 18-5-5-50 «Биотические изменения в фанерозе и взаимосвязь длительных экологических кризисов природной среды и эволюции биосферы на Европейском Севере России» (П. А. Безносков), инициативного проекта СПбГУ № 3.52.908.2017 «Изучение девонских флор (ископаемые растения) Северного Тимана: тафономия, палеоэкология, эволюционное значение» (С. М. Снегиревский), а также исследовательских проектов КФУ в целях повышения его конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров (С. В. Наугольных).

Литература

1. Безносков П. А. Ихтиофауна из разреза покаямской свиты верхнего девона по р. Волонга (Северный Тиман) // Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента: Материалы XX научной конференции. Сыктывкар, 2011. С. 19—22.
2. Безносков П. А., Чупров В. С., Лукшевич Э. В. Разрез покаямской свиты по реке Волонга (верхний девон, Северный Тиман) // Палеозой России: региональная стратиграфия, палеонтология, гео- и биособытия: Материалы III Всероссийского совещания. СПб., 2012. С. 40—41.
3. Василяускас В. М. *Phyllolepis tolli* sp. nov. и некоторые вопросы стратиграфии фаненских отложений Прибалтики // Вопросы геологии Литвы / Под. ред. А. А. Григялиса и В. Н. Каратайте-Талимаа. Вильнюс, 1963. С. 407—429.
4. Гамолук О. В., Безносков П. А. Предварительные данные о распространении ихнофоссилий в отложениях фран-

ского яруса Тимана. Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента: Материалы XXIII научной конференции. Сыктывкар, 2014. С. 15—17.

5. Геологическое строение и полезные ископаемые междуречья Волонги и Индиги: отчет Травянской партии о результатах групповой геологической съемки масштаба 1:50 000, проведенной в 1983—1988 гг. на Травянской площади Северного Тимана, листы Q-39-26-B, Г; Q-39-27-B, Г; Q-39-28-B; Q-38-A, Б; Q-39-A, Б; Q-40-A / Архангельский филиал ТФГИ. Исполн.: Антаневич В. Ф., Субботина С. В., Лесков П. В. и др. Архангельск, 1988. 4 т. Инв. № 7256.

6. Геологическое строение Северного Тимана (стратиграфия, магматизм, тектоника и литологическая характеристика осадочных пород палеозоя): отчет НИР / Архангельский филиал ТФГИ. Исполн.: Коссовой Л. С. Т. I. Стратиграфия. Л., 1966. 795 с. Инв. № 837.

7. Коссовой Л. С. Новые данные по стратиграфии Северного Тимана. Информ. бюлл. 5-го геол. управления. Вып. 1. Л., 1958. С. 23—40.

8. Коссовой Л. С. К стратиграфии девона Северного Тимана. Геология и нефтеносность Тимано-Печерской области: Тр. ВНИГРИ, 1959. Вып. 133. С. 121—133.

9. Коссовой Л. С. Объяснительная записка к листу Q-39-VII Тиманской серии Геологической карты СССР масштаба 1:200 000. М., 1960. 68 с.

10. Коссовой Л. С. Девонская система: Северный Тиман. Геология СССР. М., 1963. Т. II. Ч. 1. С. 290—300.

11. Коссовой Л. С. Объяснительная записка к листу Q-38-XII Тиманской серии Геологической карты СССР масштаба 1:200 000. М., 1969. 76 с.

12. Коссовой Л. С. Некоторые вопросы стратиграфии и структурно-фациальная зональность девона Северного Тимана. Геология и полезные ископаемые северо-востока европейской части СССР и севера Урала: Тр. VII геол. Конф. Коми АССР. Сыктывкар, 1971. Т. 1. С. 143—147.

13. Наугольных С. В. Первые почвы и происхождение наземных растений // Наука в России. 2008. № 1. С. 37—43.

14. Наугольных С. В. Девонские палеопочвы Андомской горы. Наука в России, 2014. № 4. С. 13—19.

15. Наугольных С. В. Палеопочвы из девонских отложений Андомской горы: путь к реконструкции ландшафта. Многогранная геология. СПб., 2015. С. 259—265.

16. Обручев Д. В. К биостратиграфии ихтиофаун нижнего и среднего палеозоя СССР // Советская геология. 1958. Вып. 11. С. 40—53.

17. Обручев Д. В., Марк-Курик Э. Ю. Псаммостеиды (Agnatha, Psammosteidae) девона СССР. Таллин, 1965. 304 с.

18. Оловянишников В. Г. Геологическое развитие полуострова Канин и Северного Тимана. Сыктывкар, 2004. 80 с.

19. Отчет о геолого-поисковых и геолого-разведочных работах на уголь по долине реки Волонги 1939—1940 / Архангельский филиал ТФГИ. Исполн.: Говорко Н. К. Архангельск, 1941. 117 с. Инв. № 753.

20. Отчет о работе Волонгской геолого-съемочной партии в 1940 году / Архангельский филиал ТФГИ. Исполн.: Лоот В. А. Л., 1941. 73 с. Инв. № 756.

21. Отчет о результатах поисково-разведочных работ в районе Волонгского месторождения Северного Тимана 1957—1958 гг. / Архангельский филиал ТФГИ. Исполн.: Фирер Г. М. Нарьян-Мар, 1959. 80 с. Инв. № 788.

22. Петросян Н. М. Флора позднего девона Северного Тимана. Становление и эволюция континентальных биот: Тр. XXXI сессии ВПО. Л., 1988. С. 124—133.



23. *Решение* межведомственного регионального стратиграфического совещания по среднему и верхнему палеозою Русской платформы, с региональными стратиграфическими схемами (Ленинград, 1988 г.). *Девонская система* / Под ред. М. А. Ржонсницкой, В. Ф. Куликовой. Л., 1990. 60 с.
24. *Снигиревская Н. С.* Статус плауновидных и некоторые проблемы девонского углеобразования. *Бот. журнал*, 2010. Т. 95. № 6. С. 758—776.
25. *Снигиревский С. М.* Позднедевонская флора Северного Тимана: Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук, СПб, 1997. 16 с.
26. *Снигиревский С.* Вниз по Волонге — к дельте девонской реки // *Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН*, 2016. № 12. С. 45—48.
27. *Стратиграфия СССР*. Девонская система. М., 1973. 520 с. (кн. 1); 376 с. (кн. 2).
28. *Черепанов А. А., Ерюхина Н. А., Затульская Т. Ю.* Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000, серия Тиманская, листы Q-39-VII, VIII. СПб., 2001. 114 с.
29. *Чернов А. А.* Геологическое исследование Северного Тимана в 1937 году. М., 1947. 97 с.
30. *Чернышев Ф. Н.* Тиманские работы, произведенные в 1889 г. (предварительный отчет) // *Изв. Геолкома*, 1890. Т. 9. № 2—3. С. 41—84.
31. *Чернышев Ф. Н.* Орографический очерк Тимана // *Тр. Геолкома*, 1915. Т. XII. № 1. 137 с.
32. *Шренк А.* Путешествие к Северо-Востоку Европейской России через тундры самоедов к северным Уральским горам, предпринятое в 1837 году (перевод на русский язык I части издания 1848 г.). СПб., 1855. 666 с.
33. *Штукенберг А.* Отчет геологического путешествия в Печорский край и Тиманскую тундру: Материалы для геологии России. СПб., 1875. Т. VI. С. 1—125.
34. *Юрина А. Л., Раскатова М. Г.* Верхнефранские миоспоры устьбозмошской свиты на мысе Восточный Лудоватый Нос (Северный Тиман) // *Вестн. МГУ. Сер. 4. Геология*. 2005. № 5. С. 21—29.
35. *Beznosov P., Mantsurova V., Lukševičs E.* Vertebrate and miospore assemblages from the Famennian of North Timan (Upper Devonian, Russia). In: R. Rocha et al. (eds.) *STRATI 2013*. Springer Geology, 2014. Vol. XLV. Pp. 469—473.
36. *Carr R. K., Hlavin W. J.* Two new species of *Dunkleosteus* Lehman, 1956, from the Ohio Shale Formation (USA, Famennian) and the Kettle Point Formation (Canada, Upper Devonian), and a cladistic analysis of the Eubrachythoraci (Placodermi, Arthrodira). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 2010. Vol. 159. Pp. 195—222.
37. *Esin D., Ginter M., Ivanov A., Lebedev O., Lukševičs E., Avkhimovich V., Golubtsov V., Petukhova L.* Vertebrate correlation of the Upper Devonian and Lower Carboniferous on the East European Platform. *Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg*, 2000. Vol. 223. Pp. 341—359.
38. *Gibert J. M. de, Benner J. S.* The trace fossil Gyrochorte: ethology and paleoecology. *Revista Espanola de Paleontologia*, 2002. Vol. 17. № 1. Pp. 1—12.
39. *Ivanov A. O., Lukševičs E.* Late Devonian vertebrates of the Timan. *Daba un Muzejs*, 1996. № 6. Pp. 22—33.
40. *Krusenstern P., Keyserling A.* Wissenschaftliche Beobachtung auf einer Reise in das Petchora-Land, im Jahre 1843. St. Petersburg, 1846. 465 S.
41. *Kühl G., Bergmann A., Dunlop J., Garwood R. J., Rust J.* Redescription and palaeobiology of *Palaeoscorpis devonius* Lehmann, 1944 from the Lower Devonian Hunsrück Slate of Germany. *Palaeontology*, 2012. Vol. 55. № 4. Pp. 775—787.
42. *Lukševičs E., Stinkulis G., Mūrnieks A., Popovs K.* Geological evolution of the Baltic Artesian Basin. Highlights of Groundwater Research in the Baltic Artesian Basin / A. Dēliņa et al. (eds). Riga, 2012. Pp. 7—52.
43. *Miller M. F.* Morphology and environmental distribution of Paleozoic Spirophyton and Zoophycos: Implications for the Zoophycos Ichnofacies. *Palaios*, 1991. Vol. 6. Pp. 410—425.
44. *Olive S., Clément G., Daeschler E. B., Dupret V.* Characterization of the placoderm (Gnathostomata) assemblage from the tetrapod-bearing locality of Strud (Belgium, upper Famennian). *Palaeontology*, 2015. Vol. 58 (6). Pp. 981—1002.
45. *Orlova O. A., Jurina A. L., Snigirevsky S. M.* Late Devonian plant communities of North Russia. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 2016. Vol. 224. Pp. 94—107.
46. *Retallack G. J.* Scoyenia burrows from Ordovician palaeosols of the Juniata Formation in Pennsylvania. *Palaeontology*, 2001. Vol. 44. Part 2. Pp. 209—235.
47. *Retallack G. J.* Woodland Hypothesis for Devonian Tetrapod Evolution. *The Journal of Geology*, 2011. Vol. 119. Pp. 235—258.
48. *Schweitzer H.-J.* Pflanzen erobern das Land. *Kleine Senckenberg-Reihe*, 1990. № 18. 75 S.
49. *Scotese C. R.* Atlas of Devonian Paleogeographic Maps. *PALEOMAP Atlas for ArcGIS*, Vol. 4, The Late Paleozoic. Evanstone, 2014. Maps 65—72.
50. *Snigirevskaya N. S., Snigirevsky S. M.* New locality of Callixylon (Archaeopteridaceae) in the Late Devonian of Andoma Mountain (Vologda Region, north-west Russia) and its importance for the reconstruction of archaeopterids distribution. *Acta Palaeobotanica*, 2001. Vol. 41(2). Pp. 97—105.
51. *Song Daofu, Simoneit B. R. T., He Dengfa.* Abundant tetracyclic terpenoids in a Middle Devonian foliated cuticular lip-tobiolite coal from northwestern China. *Organic Geochemistry*, 2017. Vol. 107. Pp. 9—20.
52. *Wellman C. H.* New evidence for the nature of earliest land plants. *Polen (antes an. Asoc. Palinol. Leng. Esp.)*, 2004. V. 14. Pp. 135—136.
53. *Wellman C. H., Osterloff P. L., Mohiuddin U.* Fragments of the earliest land plants. *Nature*, 2003. V. 425. Pp. 282—285.

References

1. Beznosov P. A. *Ihtiofauna iz razreza pokayamskoi svity verhnego devona po r. Volonga (Severnii Timan)*. (Ichthyofauna from the Volonga River section of the Upper Devonian Pokayama Formation (North Timan)). The Structure, Composition, History of Lithosphere of the Timan—North Urals Segment: Proceedings of The XX scientific conference. Syktyvkar, 2011, pp. 19—22.
2. Beznosov P. A., Chuprov V. S., Lukševičs E. V. *Razrez pokayamskoi svity po reke Volonga (verhnii devon, Severnyi Timan)*. *Paleozoi Rossii: regional'naya stratigrafiya, paleontologiya, geo- i biosobytiya: Materialy III Vserossiiskogo soveschaniya*. (The Volonga River section of the Pokayama Formation (Upper Devonian, North Timan). Upper Paleozoic of Russia: regional stratigraphy, paleontology, geological and biological events: Proceedings of The 3rd All-Russian Meeting). Saint Petersburg, 2012, pp. 40—41.
3. Vasiliauskas V. *Phyllolepis tolli sp. nov. i nekotorye voprosy stratigrafii famenskikh otlozhenii Pribaltiki*. *Voprosy geologii Litvy* (Phyllolepis tolli sp. nov. and some problems concerning the stratigraphy of the Famennian deposits in the Baltic area. *Geology*



of Lithuania). Grigelis A. A. and Karatajute-Talimaa V. N. (eds). Vilnius, 1963, pp. 407–429.

4. Gamolyuk O. V., Beznosov P. A. *Predvaritel'nye dannye o rasprostraneniі ihnofossilii v otlozheniyah franskogo yarusa Timana. Struktura, veschestvo, istoriya litosfery Timano-Severoural'skogo segmenta: Materialy XXIII nauchnoi konferentsii* (Preliminary data on the distribution of trace fossils in the Frasnian sections of Timan. The Structure, Composition, History of Lithosphere of the Timan–North Urals Segment: Proceedings of The XXIII scientific conference). Syktyvkar, 2014, pp. 15–17.

5. Antanovich V. F., Subbotina S. V., Leskov P. V. et al. *Geologicheskoe stroenie i poleznye iskopaemye mezhdurech'ya Volongi i Indigi* (Geological structure and mineral resources of Volonga and Indiga Rivers interfluves). The report on joint geological survey of a scale 1:50 000, provided by Travyanka geological field party in 1983–1988 on the Travyanka area of North Timan, map sheets Q-39-26-V, G; Q-39-27-V, G; Q-39-28-V; Q-38-A, B; Q-39-A, B; Q-40-A. Vol. 4. 1988. (kept in the Arkhangelsk branch of TFGI, inventory number 7256).

6. Kossovoy L. S. *Geologicheskoe stroenie Severnogo Timana (stratigrafiya, magmatizm, tektonika i litologicheskaya karakteristika osadochnykh porod paleozoya)*. The geological structure of North Timan (stratigraphy, magmatism, tectonics and lithological characteristics of the Paleozoic sedimentary rocks). V. 1., Stratigraphy, Leningrad, 1966, 795 p.

7. Kossovoy L. S. *Novye dannye po stratigrafii Severnogo Timana* (New data on the stratigraphy of North Timan). Newsletters of the 5th Geological Department. V. 1. Leningrad, 1958, pp. 23–40.

8. Kossovoy L. S. *K stratigrafii devona Severnogo Timana. Geologiya i neftenosnost' Timano-Pecherskoi oblasti* (On the Devonian stratigraphy of North Timan. Geology and oil bearing capacity of Timan-Pechora Region: Proceedings of VNIGRI), 1959, V. 133, pp. 121–133.

9. Kossovoy L. S. *Obyasnitel'naya zapiska k listu Q-39-VII Timanskoi serii Geologicheskoi karty SSSR masshtaba 1:200 000* (Explanation notes on the sheet Q-39-VII of Timan series of Geological map of the USSR of a scale 1:200 000). Moscow, 1960, 68 pp.

10. Kossovoy L. S. *Devonskaya sistema: Severnyi Timan. Geologiya SSSR* (The Devonian System: North Timan. Geology of the USSR). Moscow, 1963, V. 2, Part 1, pp. 290–300.

11. Kossovoy L. S. *Obyasnitel'naya zapiska k listu Q-38-XII Timanskoi serii Geologicheskoi karty SSSR masshtaba 1:200 000* (Explanation notes on the sheet Q-38-XII of Timan series of Geological map of the USSR of a scale 1:200 000). Moscow, 1969, 76 p.

12. Kossovoy L. S. *Nekotorye voprosy stratigrafii i strukturalno-fatsial'naya zonal'nost' devona Severnogo Timana. Geologiya i poleznye iskopaemye severo-vostoka Evropeiskoi chasti SSSR i severa Urala: Tr. VII geol. Konf. Komi ASSR*. (Some issues on stratigraphy and structural-facial zonality of the Devonian of North Timan. Geology and mineral resources of the north-east of European part of the USSR: Proceedings of The VII Geological conference of Komi ASSR). Syktyvkar, 1971, V. 1, pp. 143–147.

13. Naugolnykh S. V. *Pervye pochvy i proishozhdenie nazemnykh rastenii. Nauka v Rossii* (Ancient paleosoils and the origin of terrestrial plants. Science in Russia), 2008, No. 1, pp. 37–43.

14. Naugolnykh S. V. *Devonskie paleopochvy Andomskoi gory. Nauka v Rossii* (Devonian paleosoils of the Andoma mountain. Science in Russia), 2014, No. 4, pp. 12–18.

15. Naugolnykh S. V. *Paleopochvy iz devonskikh otlozhenii Andomskoi gory: put' k rekonstruktsii landshafta. Mnogogrannaya geologiya*. (Paleosoils in the Devonian deposits of the Andoma

Hill: a way to the reconstruction of landscape. Polyhedral geology). Saint Petersburg, 2015, No. 4, pp. 259–265.

16. Obruchev D. V. *K biostratigrafii ihtiofaun nizhnego i srednego paleozoya SSSR. Sovetskaya geologiya* (On the biostratigraphy of the Lower and Middle Paleozoic ichthyofauna of the USSR. Soviet Geology) 1958, V. 11, pp. 40–53.

17. Obruchev D. V., Mark_Kurik E. Yu. *Psammosteidy (Agnatha, Psammosteidae) devona SSSR* (Psammosteids (Agnatha, Psammosteidae) from the Devonian of the USSR). Tallinn, 1965, 304 p.

18. Olovyanishnikov V. G. *Geologicheskoe razvitiye poluostrova Kanin i Severnogo Timana* (Geological development of Kanin Peninsula and North Timan). Syktyvkar, 2004, 80 pp.

19. Govorko N. K. *Otchet o geologo-poiskovykh i geologo-razvedochnykh rabotah na ugl' po doline reki Volongi 1939–1940* (The report on geological prospecting and geological exploration works on lignite provided in the valley of Volonga River in 1939–1940). Arkhangelsk, 1941. 117 p. (kept in the Arkhangelsk branch of TFGI, inventory number 837).

20. Loot V. A. *Otchet o rabote Volongskoi geologo-s'emochnoi partii v 1940 godu* (Report on the field works by the Volonga geological survey party provided in 1940). Leningrad, 1941. 73 pp.

21. Firer G. M. *Otchet o rezul'tatah poiskovo-razvedochnykh rabot v raione Volongskogo mestorozhdeniya Severnogo Timana 1957–1958 gg* (Report on the results of exploration on the Volonga coal field area of North Timan in 1957–1958). Naryan-Mar, 1959, 80 pp.

22. Petrosyan N. M. *Flora pozdnego devona Severnogo Timana. Stanovlenie i evolyutsiya kontinental'nykh biot: Tr. XXXI sessii VPO* (Late Devonian flora of North Timan. Formation and evolution of continental biotas: Proc. XXXI session of All-Union Paleontol. Soc). Leningrad, 1988, pp. 124–133.

23. *Reshenie mezhdvdomstvennogo regional'nogo stratigraficheskogo soveschaniya po srednemu i verhnemu paleozoyu Russkoi platformy, s regional'nymi stratigraficheskimi shemami (Leningrad, 1988 g.)*. *Devonskaya sistema* (Decision of the interdepartmental regional stratigraphic Meeting on the middle and upper Paleozoic of the Russian platform (Leningrad, 1988). Devonian system) Rzhonsnitskaya M. A. and Kulikova V. F. (Eds.) Leningrad, 1990, 60 pp.

24. Snigirevskaya N. S. *Status plaunovidnykh i nekotorye problemy devonskogo ugleobrazovaniya* (Status of Lycopsids and some Devonian coal-formation problems). Bot. Journ., 2010, V. 95, No. 6. pp. 758–776.

25. Snigirevsky S. M. *Pozdnedevonskaya flora Severnogo Timana*. (Late Devonian flora of Northern Timan). PhD. Theses. St. Petersburg, 1997 16 pp.

26. Snigirevsky S. *Vniz po Volonge — k del'te devonskoi reki* (Rafting the Volonga River down to the Devonian delta). Vestnik IG Komi SC UB RAS, 2016, No. 12, pp. 45–48.

27. *Stratigrafiya SSSR. Devonskaya sistema* (Stratigraphy of the USSR. Devonian System). Moscow, 1973, 520 pp. (Book 1); 376 pp. (Book 2)

28. Cherepanov A. A., Eryukhina N. A., Zatul'skaya T. Yu. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii masshtaba 1:200 000, seriya Timanskaya, listy Q-39-VII, VIII*. (The State Geological map of Russian Federation of a scale 1:200 000, Timan series, sheets Q-39-VII, VIII). Saint Petersburg, 200., 114 pp.

29. Tchernov A. A. *Geologicheskoe issledovanie Severnogo Timana v 1937 godu* (Geological studies of North Timan provided in 1937). Moscow, 1947, 97 pp.

30. Tchernychev Th. N. *Timanskie raboty, proizvedennye v 1889 g. (predvaritel'nyi otchet)* (Timan fieldworks provided



ed in 1889 (preliminary report)). Letters of Geolkom, 1890, V. 9, No. 2–3, pp. 41–84.

31. Tchernychev Th. N. *Orograficheskii ocherk Timana* (Esquisse orographique du Timan). Mém. du Com. Géol., 1915, V. XII, No. 1, 137 pp.

32. Schrenk. A. G. Reise nach dem Nordosten des europäischen Russlands, durch die Tundren der Samojuden, zum arktischen Uralgebirge, auf allerhöchsten Befehl für den Kaiserlichen botanischen Garten zu St. Petersburg im Jahre 1837 ausgeführt. Dorpat, 1848. 788 s.

33. Schtunkenberg A. *Otchet geologicheskogo puteshestviya v Pechorskii kraj i Timanskuyu tundru. Materialy dlya geologii Rossii.* (Report on geological trip to the Pechora region and Timan tundra. Proceedings on geology of Russia). Saint Petersburg, 1875, V. 6, pp. 1–125.

34. Jurina A. L., Raskatova M. G. *Verhnefranskiye miospory ust'bezmoshitskoi svity na myse Vostochnyi Ludovatyi Nos (Severnyi Timan).* (Upper Frasnian miospores of Ust'-Bezmoshitsa Formation on the Eastern Ludovatyj Nos Cape] (North Timan)). Vestnik Moscow State Univ. Ser. 4. Geology. 2005, No. 5, pp. 21–29.

35. Beznosov P., Mantsurova V., Lukševičs E. *Vertebrate and miospore assemblages from the Famennian of North Timan (Upper Devonian, Russia).* In: R. Rocha et al. (eds.) STRATI 2013. Springer Geology, 2014. Vol. XLV. Pp. 469–473.

36. Carr R. K., Hlavin W. J. *Two new species of Dunkleosteus Lehman, 1956, from the Ohio Shale Formation (USA, Famennian) and the Kettle Point Formation (Canada, Upper Devonian), and a cladistic analysis of the Eubrachythoraci (Placodermi, Arthrodira).* Zoological Journal of the Linnean Society, 2010. Vol. 159. Pp. 195–222.

37. Esin D., Ginter M., Ivanov A., Lebedev O., Lukševičs E., Avkhimovich V., Golubtsov V., Petukhova L. *Vertebrate correlation of the Upper Devonian and Lower Carboniferous on the East European Platform.* Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg, 2000. Vol. 223. Pp. 341–359.

38. Gibert J. M. de, Benner. J. S.. The trace fossil Gyrochorte: ethology and paleoecology. Revista Espanola de Paleontologia, 2002. Vol. 17. № 1. Pp. 1–12.

39. Ivanov A. O., Lukševičs E. *Late Devonian vertebrates of the Timan.* Daba un Muzejs, 1996. № 6. Pp. 22–33.

40. Krusenstern P., Keyserling A. *Wissenschaftliche Beobachtungen auf einer Reise in das Petchora-Land, im Jahre 1843.* St. Petersburg, 1846. 465 S.

41. Kühl G., Bergmann A., Dunlop J., Garwood R. J., Rust J. *Redescription and palaeobiology of Palaeoscorpiscus devonicus Lehmann, 1944 from the Lower Devonian Hunsrück Slate of Germany.* Palaeontology, 2012. Vol. 55. № 4. Pp. 775–787.

42. Lukševičs E., Stinkulis G., Mūrnieks A., Popovs K. *Geological evolution of the Baltic Artesian Basin.* Highlights of Groundwater Research in the Baltic Artesian Basin / A. Dēliņa et al. (eds). Riga, 2012. Pp. 7–52.

43. Miller, M. F. *Morphology and environmental distribution of Paleozoic Spirophyton and Zoophycos: Implications for the Zoophycos Ichnofacies.* Palaios, 1991. Vol. 6. Pp. 410–425.

44. Olive S., Clément G., Daeschler E. B., Dupret V. *Characterization of the placoderm (Gnathostomata) assemblage from the tetrapod-bearing locality of Strud (Belgium, upper Famennian).* Palaeontology, 2015. Vol. 58 (6). Pp. 981–1002.

45. Orlova O. A., Jurina A. L., Snigirevsky S. M. *Late Devonian plant communities of North Russia.* Rev. Palaeobot. Palynol., 2016. Vol. 224. Pp. 94–107.

46. Retallack G. J. *Scoyenia burrows from Ordovician palaeosols of the Juniata Formation in Pennsylvania.* Palaeontology, 2001. Vol. 44. Part 2. Pp. 209–235.

47. Retallack G. J. *Woodland Hypothesis for Devonian Tetrapod Evolution.* The Journal of Geology, 2011 Vol. 119. Pp. 235–258.

48. Schweitzer H.-J. *Pflanzen erobern das Land.* Kleine Senckenberg-Reihe, 1990. № 18. 75 S.

49. Scotese C. R. *Atlas of Devonian Paleogeographic Maps.* PALEOMAP Atlas for ArcGIS, Vol. 4, The Late Paleozoic. Evanstone, 2014. Maps 65–72.

50. Snigirevskaya N. S., Snigirevsky S. M. *New locality of Callixylon (Archaeopteridaceae) in the Late Devonian of Andoma Mountain (Vologda Region, north-west Russia) and its importance for the reconstruction of archaeopterids distribution.* Acta Palaeobotanica, 2001. Vol. 41(2). Pp. 97–105.

51. Song Daofu, Simoneit B. R. T., He Dengfa. *Abundant tetracyclic terpenoids in a Middle Devonian foliated cuticular liptobiolite coal from northwestern China.* Organic Geochemistry, 2017. Vol. 107. Pp. 9–20.

52. Wellman C. H. *New evidence for the nature of earliest land plants.* Polen (antes an. Asoc. Palinol. Leng. Esp.), 2004. V. 14. Pp. 135–136.

53. Wellman C. H., Osterloff P. L., Mohiuddin U. *Fragments of the earliest land plants.* Nature, 2003. V. 425. Pp. 282–285.