

УДК 551.736.3 (470.12)

## КОМПЛЕКСНАЯ ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКАЯ, СЕДИМЕНТОЛОГИЧЕСКАЯ И ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРМИНАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПЕРМСКОЙ СИСТЕМЫ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО БОРТА МОСКОВСКОЙ СИНЕКЛИЗЫ. СТАТЬЯ 1. БАССЕЙН РЕКИ МАЛАЯ СЕВЕРНАЯ ДВИНА

*М.П. Арефьев<sup>1,5,8</sup>, В.К. Голубев<sup>2,5</sup>, В.Н. Кулешов<sup>1</sup>, Д.А. Кухтинов<sup>3</sup>, А.В. Миних<sup>4</sup>, Б.Г. Покровский<sup>1</sup>, В.В. Силантьев<sup>5</sup>, М.Н. Уразаева<sup>5</sup>, Б.Б. Шкурский<sup>6</sup>, О.П. Ярошенко<sup>1</sup>, А.В. Григорьева<sup>7</sup>, М.А. Наумчева<sup>2,6</sup>*

<sup>1</sup> Геологический институт РАН, Москва

<sup>2</sup> Палеонтологический институт им. А.А. Борисяка РАН, Москва

<sup>3</sup> Нижневолжский научно-исследовательский институт геологии и геофизики, Саратов

<sup>4</sup> Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского

<sup>5</sup> Казанский (Приволжский) федеральный университет

<sup>6</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

<sup>7</sup> Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, Москва

<sup>8</sup> Музей естественной истории Свято-Алексиевской Пустыни, Ярославская обл.

Поступила в редакцию 25.12.15

Рассмотрены вопросы стратиграфии верхней перми бассейна р. Малая Северная Двина. Биостратиграфически обосновано присутствие в геологическом разрезе района терминальных пермских отложений — слоев с вязниковской биотой. Представлены результаты детальных исследований изотопного состава углерода и кислорода ( $\delta^{13}\text{C}$  и  $\delta^{18}\text{O}$ ) осадочных и педогенных карбонатов и состава акцессорных минералов терригенных отложений комарицкой пачки саларевской свиты.

*Ключевые слова:* верхняя пермь, нижний триас, Московская синеклиза, стратиграфия, изотопная геохимия, минералогия, палеогеография.

*Arefiev M.P., Golubev V.K., Kuleshov V.N., Kukhtinov D.A., Minikh A.V., Pokrovsky B.G., Silantiev V.V., Urazaeva M.N., Shkursky B.B., Yaroshenko O.P., Grigorieva A.V., Naumcheva M.A.* Paleontology, sedimentology and geochemistry of the terminal Permian in northeastern part of Moscow Syncline. 1. Malaya Severnaya Dvina River basin. Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Geological Series. 2016. Volume 91, part 1. P. 24–49.

The problems of stratigraphy of the Upper Permian of Malaya Severnaya Dvina River Basin are considered. Occurrence of terminal Permian beds with Vyazniki biota is substantiated. Detailed studies of the isotope composition of carbon and oxygen ( $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{18}\text{O}$ ) in sedimentary and pedogenic carbonates from the Komaritsa Member of Salaryovo Formation are provided.

*Key words:* Upper Permian, Lower Triassic, Moscow Syncline, stratigraphy, isotope geochemistry, mineralogy, paleogeography.

Отложения пермской системы в бассейне рек Сухона и Малая Северная Двина являются эталонным татарского отдела общей стратиграфической шкалы России (Комиссия..., 2006). Они были неоднократно детально описаны, расчленены на ряд региональных и местных стратонов, содержат многочисленные ископаемые остатки организмов (Верзилин и др., 1993; Голубев, 1998, 2000; Опорный разрез..., 1981; Пахтусова, 1966; Татарские отложения..., 2001; Arefiev et al., 2015). Сегодня эти образования представляют одну из наиболее полных в мире осадочных серий, сформировавшихся на рубеже перми и триаса в континентальных условиях. При повышенном в настоящее время интересе к позднепермскому вымиранию они представляют собой великолепный полигон для исследования биотических и абиотических событий, сопровождавших позднепермский экосистемный кризис.

Самая верхняя часть пермской системы, вскрытая на р. Малая Северная Двина и в нижнем течении р. Юг, до последнего времени оставалась плохо изученной. Слабое внимание к этому интервалу легко объяснить непрезентабельностью обнажений по сравнению с великолепными разрезами на р. Сухона. Все выходы наиболее молодых пермских отложений в районе были исследованы еще во время геологической съемки в 1970-х гг., но их детальное описание почти не публиковалось, литологическая особенность описана в единичных работах, палеонтологическая характеристика исчерпывалась данными по остракодам.

В последние годы на р. Мал. Сев. Двина и в нижнем течении р. Юг (рис. 1) был открыт ряд новых местонахождений остатков растений и животных (Арефьев, Кухтинов, 2011; Арефьев и др., 2014). Их анализ показал присутствие пермской фауны и

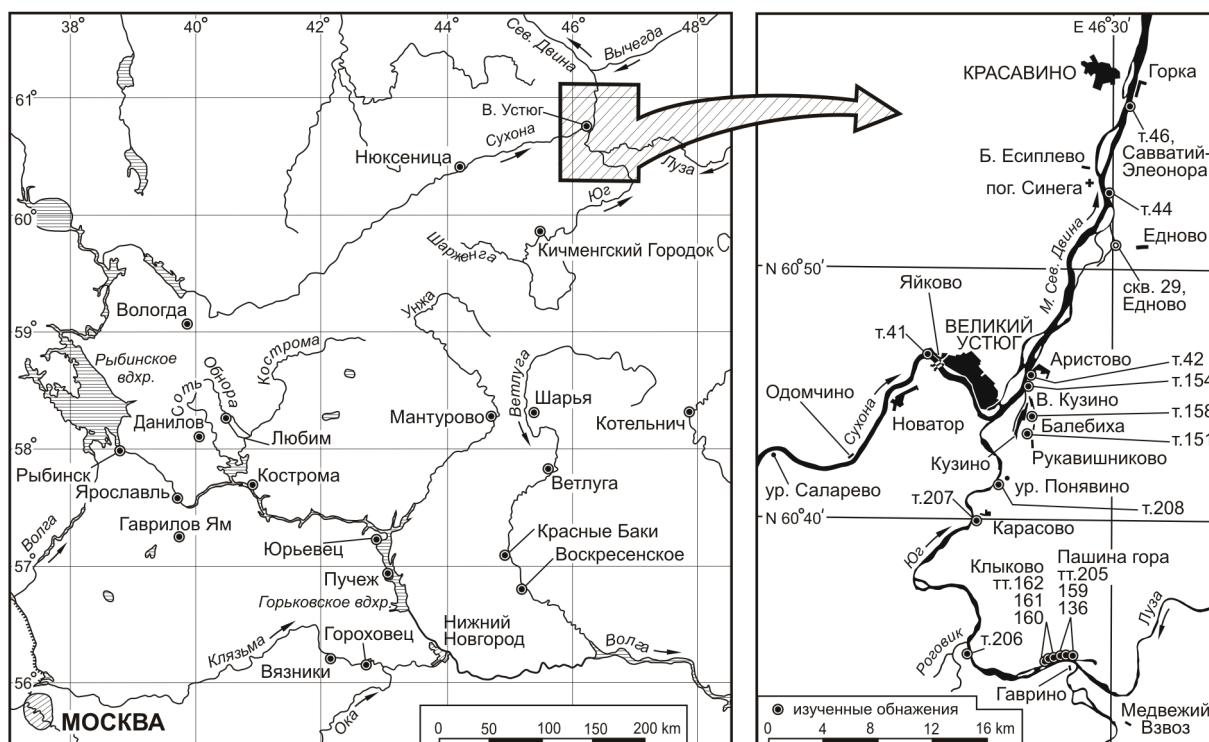


Рис. 1. Расположение изученных обнажений в бассейне рек Юг и Мал. Сев. Двина

флоры, более поздней, чем было известно раньше в Сухонско-Северодвинском бассейне. Были обнаружены компоненты, встречающиеся в терминальных отложениях перми в Жуковом овраге под г. Гороховец Владимирской области, в районе Окского съезда в Нижнем Новгороде, в местонахождении Недуброво в бассейне среднего течения р. Юг в Вологодской области. Таким образом, в районе был установлен переходный интервал от пермской системы (вятский ярус) к триасовой (вохминский горизонт индского яруса), соответствующий слоям с вязниковской биотой (Sennikov, Golubev, 2006), что заставляет обратиться к детальному описанию соответствующих разрезов и их палеонтологической и литологической характеристике.

### Описание обнажений

На р. Мал. Сев. Двина наиболее древние из верхнепермских (татарских) отложений выходят у южного окончания длинного обрыва, протянувшегося на несколько десятков километров по правому берегу в среднем течении реки. У южного завершения обрыва слои образуют пологую антиклиналь, в ядре которой обнажены самые нижние слои. Выход расположен к юго-востоку от д. Б. Есиплево и от каменного храма на погосте Синега (левый берег), в 4 км к северо-западу от д. Едново (рис. 1, т. 44, Есиплево, по дневникам М.П. Арефьева). Здесь и далее описание разрезов приведено снизу вверх.

Слой 44/1. От уреза воды (август 2012 г.) вскрываются пестроцветные, преимущественно красные алевропелиты видимой мощности 6,2 м.

Выше залегает светло-серая карбонатная пачка. Слой 44/2. Мергель светло-серый, бледно-голубоватый, с мелкими белыми точечными вкраплениями. Мощность 0,5 м.

Слой 44/3. Глина красная, красновато-коричневая, с мелкими красными и голубоватыми точечными вкраплениями, карбонатная. Нижняя и верхняя границы неотчетливые, ныряющие, неровные. Мощность 0,5 м.

Слой 44/4. Мергель светло-серый, голубоватый, на выветрелой поверхности мелкооскольчатый. Мощность 0,7 м.

Слой 44/5. Известняк белый, светло-серый, голубовато-серый, с корнями растений в виде удлиненных зеленоватых глинистых включений. Слой хорошо прослеживается вдоль обнажения. Мощность меняется от 0,15 м до полного выклинивания.

Слой 44/6. Глина светло-серая, карбонатная, переходит в светло-серый мергель. Мощность 0,2 м.

Слой 44/7. Глина розовая, алевролитовая, с удлиненными темно-коричневыми и темно-вишневыми глинистыми примазками на плоскостях напластования (аллохтонные корни). Мощность 0,5 м.

Слой 44/8. Глина светло-серая, голубовато-серая, алевролитовая, карбонатная. Мощность 0,2 м.

Слой 44/9. Известняк светло-серый, с корнями в виде удлиненных зеленоватых глинистых включений. Образует хорошо заметный вертикальный уступ. Мощность непостоянная, до 0,5 м.

Слой 44/10. Глина светло-серая, карбонатная, алевролитовая. Подобна слою 44/8. Мощность 0,4 м.

Слой 44/11. Глина розовая, алевролитовая, карбонатная, с мелкими точечными белыми вкраплениями.

ями и с крупными голубоватыми пятнами-разводами. Мощность 0,5 м.

Слой 44/12. Глина светло-серая, голубовато-серая, с бледно-зеленоватыми глинистыми включениями-примазками, карбонатная, с расплывчатыми пятнами розоватого оттенка. Мощность непостоянная, до 0,3 м.

Слой 44/13. Глина преимущественно розовая, с многочисленными коричневыми и голубоватыми корнями *Radicites* sp., по которым развиваются пятна оглеения. Из-за многочисленных голубоватых пятен пятнистая, в кровле голубоватая, карбонатная. Мощность 0,3 м.

Слой 44/14. Известняк светло-серый с остатками корней в виде изометричных и удлиненных включений зеленоватой глины. Мощность 0,2 м.

Слой 44/15. Глина светло-серая, голубовато-серая, карбонатная, с красноцветными корнями *Radicites erraticus* без закономерной ориентации. Мощность до 0,7 м. Слой завершает сероцветную пачку.

Слой 44/16. Глина преимущественно красная, коричневатая-красная, красновато-коричневая, с редкими мелкими голубоватыми пятнами, алевролитовая, карбонатная, с мелкими голубоватыми и коричневыми автохтонными корнями *Radicites erraticus*. Мощность 1,6 м.

Слой 44/17. Глина светло-серая, голубоватая. Слой хорошо заметен в обнажении. Мощность 0,4 м.

Слой 44/18. Глина красная, алевролитовая. Мощность 1 м.

Слой 44/19. Песок коричневый, мелко-тонкозернистый, сильно обводненный, влажный уровень, отвечающий выходу этого слоя, хорошо заметен в обнажении. Мощность около 0,4 м.

Выше залегает пестроцветная преимущественно коричневатая-красная алевро-глинистая пачка около 10 м суммарной мощности. В ее средней части проходит второй обводненный песчаный уровень.

Слои 44/2–44/15 относятся к хорошо читающейся в районе светло-серой карбонатной нижнефедосовской пачке саларевской свиты, вскрытой в разрезах Верхнее Федосово, Саларево, Яйково на р. Сухоне (Голубев, 2000; Татарские отложения..., 2001). Данное сопоставление вытекает из описания скважины № 29 (Едино) Ленинградской комплексной геологической экспедиции (Саммет и др., 1972). Скважина была пробурена вблизи поймы р. Мал. Сев. Двина примерно в 3 км к югу от обнажения Есиплево, ее устье располагалось на абсолютной отметке 50 м, примерно на 2 м выше уреза воды. По смене сероцветных пород полдарсской свиты на преобладающие красноцветные на глубине 67,3 м фиксируется подошва саларевской свиты. При этом мощность вскрытых саларевских отложений составила 53,6 м. На р. Сухоне такая мощность соответствует нижней части саларевской свиты ниже подошвы нижнефедосовской пачки. Поскольку

обнажение Есиплево надстраивает разрез скважины вверх, то описанная сероцветная карбонатная пачка должна отвечать нижнефедосовским отложениям.

Вышележащие отложения выходят ниже по течению р. Мал. Сев. Двина в 1–2 км выше д. Горка приблизительно напротив южной окраины г. Красавино в районе известного местонахождения остатков тетрапод Савватий (Голубев, 2000; Ефремов, Вьюшков, 1955). На участке от линзы Савватий до нового местонахождения Элеонора на протяжении 0,8 км обнажены следующие породы (рис. 2, 3).

Слой 46/1. У уреза воды выходит нижнефедосовская сероцветная карбонатная пачка. Глины светло-серые алевролитовые, карбонатные, переходящие в мергели и известняки. Мергели с удлиненными коричневыми глинистыми примазками на плоскостях напластования (аллохтонные корни). Известняки белые, серые до черных, часто представлены линзами до 0,2 м мощности, с остракодами. Присутствуют отдельные прослои глин розовых, розовато-белесых, красных, алевролитовых, карбонатных со скоплениями неокатанных алевроглинистых осколков дресвяной размерности (субаэральные брекчии). Границы между сероцветными и красноцветными породами нечеткие, постепенные, волнистые. В слое встречены остатки остракод, двустворчатых моллюсков и гастропод. Детальное описание слоя приведено в (Голубев, 2000). Кровля пачки падает на север, спускаясь к урезу воды. Видимая мощность 3 м.

Слой 46/2. Глина темно-серая, темно-коричневая, комковатая, неотчетливо горизонтально слоистая, обогащена  $C_{орп}$ , алевролитовая, в отдельных прослоях обогащена углями. Простирается до северной окраины д. Горка, где в июне 2011 г. Е.В. Карасев (ПИН РАН) нашел остатки листьев растений. Слой завершает нижнефедосовские сероцветные бассейновые отложения. Мощность 0,5 м.

Слой 46/3. Глина преимущественно красновато-коричневая с несколькими уровнями голубоватых глеевых пятен, с редкими автохтонными корнями *Radicites erraticus*, по которым развиваются голубоватые зоны оглеения, указывающие на педогенную трансформацию материнской породы (Иноземцев, Таргульян, 2010). Глина алевролитовая, в нижней части слоя и в кровле присутствуют два уровня маломощных песчаных линз до 0,4 м мощности. Пески коричневые, тонкозернистые, в подошве и в кровле голубоватые, обводненные, плохо выдержаны по простиранию. У д. Горка мощность линз увеличивается примерно до 2 м. Мощность 3,5 м.

Слой 46/4. Глина пестроцветная, преимущественно красная, с уровнями, обогащенными голубоватыми глеевыми пятнами, с редкими темно-серыми пятнами, алевролитовая, карбонатная, с карбонатными нодулями, с автохтонными корнями *Radicites erraticus*, часть из которых связана с голубоватыми

Рис. 2. Сводный разрез терминальных отложений пермской системы в долине р. Мал. Сев. Двина: 1 — система; 2 — ярус; 3 — горизонт; 4 — свита; 5 — пачка. Условные обозначения см. рис. 3

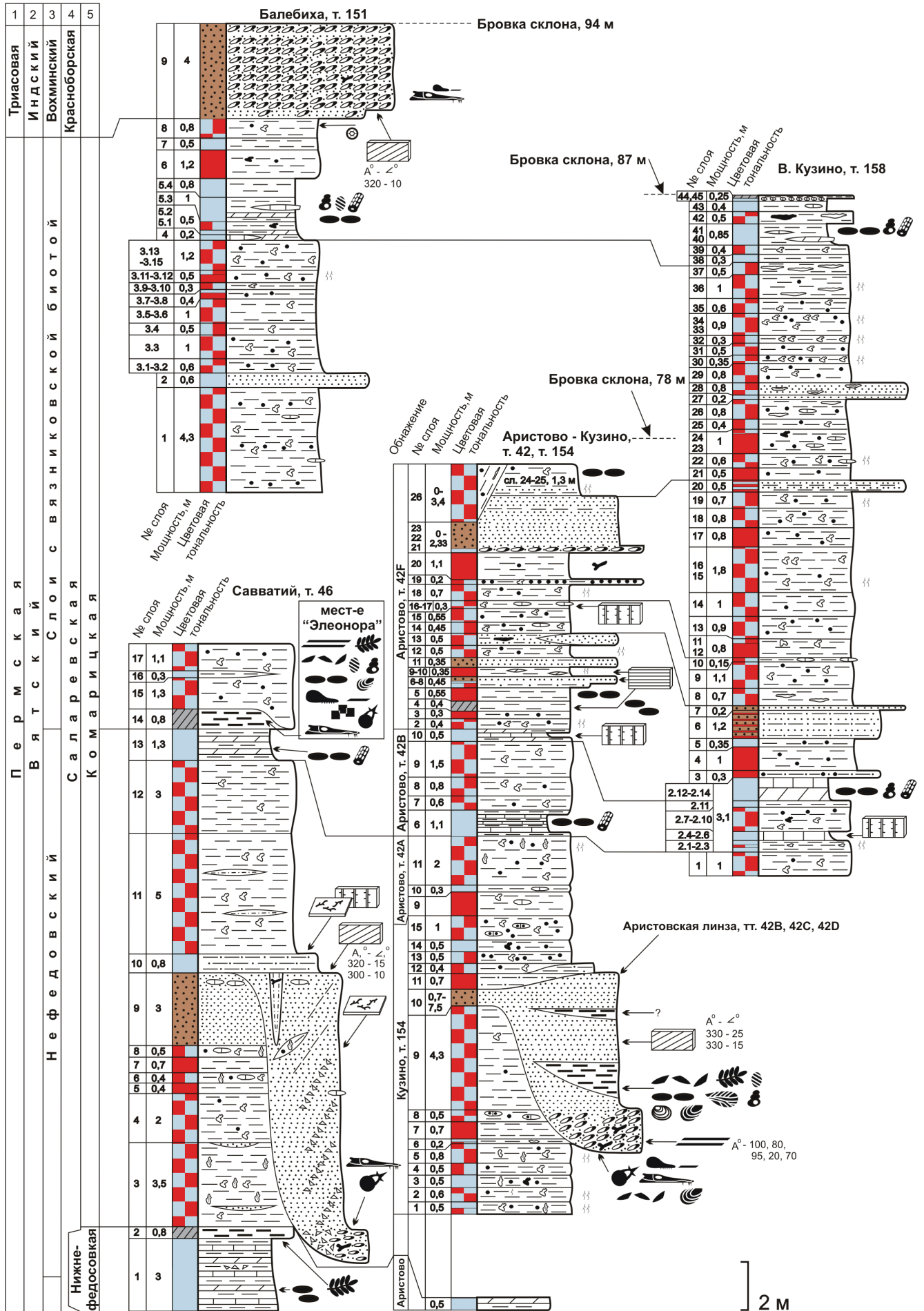




Рис. 3. Условные обозначения: 1 — гравелит и конгломерат, в том числе с галькой карбонатных пород; 2 — песок и песчаник; 3 — алеврит и алевролит; 4 — глина и глинистый алеврит; 5 — глина и глинистый алеврит, обогащенные  $C_{орп}$ ; 6 — известняк; 7 — мергель; 8 — конкреции песчаника; 9 — алевро-глинистые окатыши; 10 — почвенные карбонатные стяжения (нодули); 11 — почвенные конкреции, в том числе состоящие из нодулей; 12 — алевроглинистый дресвяник; 13 — железистые микросферы космического (?) происхождения; 14 — мелкокристаллический пирит; 15 — горизонтальная слоистость; 16 — диагонально-слоистые аллювиальные серии; 17 — азимут и угол наклона слоев в аллювиальных диагональных песчаных сериях; 18 — сизые бледно-голубоватые пятна оглеения и красноцветные остаточные пятна; 19 — зоны оглеения по корням растений; 20 — мелкие автохтонные корни *Radicitis erraticus* в алевроглинистых породах; 21 — крупные автохтонные корни в карбонатных породах (*Radicitis sukhonensis* и др.); 22 — аллохтонные корни; 23 — следы волочения; 24 — горизонтально ориентированные ходы; 25 — вертикально ориентированные ходы; 26 — гирогониты харофитов; 27 — предположительно обезвествленные талломы харовых; 28 — побеги растений и азимуты их простираия; 29 — листо-стебельная флора; 30 — растительный детрит; 31 — кости тетрапод; 32 — тетраподы водных сообществ; 33 — тетраподы наземных сообществ; 34 — рыбы; 35 — остракоды; 36 — конхостраки; 37 — гастроподы; 38 — двусторчатые моллюски; 39–43 — окраска пород: 39 — монотонная красноцветная; 40 — пестроцветная; преимущественно красноцветная с голубоватыми пятнами; 41 — светло-серая; 42 — темно-серая; 43 — коричневые русловые пески

пятнами. В породе ясно видны следы древнего почвообразования. Мощность 2 м.

Слой 46/5. Глина красная, монотонная, алевритовая, слабо карбонатная. Мощность 0,4 м.

Слой 46/6. Глина пестроцветная, преимущественно красная, с многочисленными субвертикальными голубоватыми пятнами оглеения, алевритовая, карбонатная, с многочисленными карбонатными стяжениями и конкрециями до 0,3 м в диаметре, с автохтонными корнями *Radicitis erraticus*, к которым приурочены голубоватые зоны. Интерпретируется как палеопочва. Мощность 0,4 м

Слой 46/7. Глина красная, алевритовая. Мощность 0,7 м

Слой 46/8. Глина пестроцветная, в основной массе красная, с большим количеством голубоватых глеевых пятен, алевритовая, карбонатная, с карбонатными нодулями и крупными конкрециями до 0,4 м в диаметре, с автохтонными корнями *Radicitis erraticus*. На сколах конкреций встречаются белые пленки палыгорскита. Интерпретируется как палеопочва. Мощность 0,5 м.

Слой 46/9. Песок коричневый, монотонный, тонкозернистый, глинистый. Мощность 3 м.

Кровля слоя 46/9 совпадает с кровлей крупной аллювиальной песчаной линзы Савватий, врезанной в подстилающие отложения (Голубев, 2000). В поперечном сечении линза трогообразной формы с горизонтальной подошвой, со слабо поднимающимся северным бортом под углом 15–20° (южный борт не обнажается), с ровной горизонтальной, возможно, эродированной кровлей.

В основании линзы залегают гравелиты и брекчии из неокатанных глинистых осколков щебнистой размерности, до 1,4 м мощности. Брекчии и гравелиты перекрыты песками. В южной полови-

не видимого фрагмента пески формируют протяженные наклонные прослои, переслаивающиеся с красноцветными алевропелитами толщиной порядка 1 см. Прослои падают на север с азимутом 350° под углом 20°, образуя единственную крупную диагонально-слоистую серию около 10 м общей мощности, содержат аллохтонные корни *Radicitis* sp. (Арефьев, Наугольных, 1998), по простираию переходят в глинистый дресвяник и щебень. Глинистые прослои интерпретируются как прослои заиления, осаждавшиеся в сухие сезоны на речном мелководье (Твердохлебов, 2011) и переотлагавшиеся при новых паводках в виде брекчий. В северной половине видимого фрагмента линзы в песках встречается аллювиальная диагональная слоистость, слойки падают на северо-запад с азимутом 300–320° под углом 10–15°.

Северный борт эрозионного вреза осложнен двумя дополнительными линзами. Более древняя линза сложена пестроцветной глиной, в основном красной с многочисленными пятнами оглеения, с карбонатными нодулями, с автохтонными корнями *Radicitis erraticus*, до 1,2 м мощности. Интерпретируется как сильно размытая палеопочва. Вторая линза (малая линза Савватий) сложена красным глинистым алевритом до 3 м мощности и около 20 м по протяженности, заполняющим вогнутый руслообразный врез.

Мощность основной линзы 12 м, видимая протяженность около 300 м. Ее происхождение реконструируется как заполнение слабо извилистого русла анастомозирующей речной системы с относительно невысокой пиковой энергией паводков.

Слой 46/10. Алеврит светло-серый, бледно-голубоватый, бледно-зеленоватый, карбонатный, с автохтонными и аллохтонными корнями растений

в виде глинистых включений зеленого цвета. Хорошо виден в обнажении, прослеживается почти до д. Горка, где соответствует уровню из линз голубоватого алевролита приблизительно такой же мощности. Мощность 0,8 м.

Слой 46/11. Глина преимущественно красная, с редкими голубоватыми глеевыми пятнами, алевролитовая, с несколькими плохо выдержанными линзовидными прослоями голубоватого карбонатного алевролита, из которых верхнему прослою соответствует второй уровень с линзами голубоватого алевролита под д. Горка. Мощность 5 м.

Слой 46/12. Глина в основном красная, коричневатая-красная, с голубоватыми пятнами, алевролитовая, без карбонатных нодулей. Мощность 3 м.

Слой 46/13. Глина светло-серая, сильно карбонатная, переходит в мергель, на отдельных уровнях переслаивается с прослоями мергеля. Содержит раковины остракод, гастропод и известковые остатки неясной систематической принадлежности (описание см. ниже). Мощность 1,3 м.

Слой 46/14. В северной точке описываемого отрезка выше выходит пласт темно-серой и черной глины (местонахождение Элеонора) с очень высокой концентрацией органических остатков (см. ниже). Мощность 0,8 м. Через 50 м на юг слой выклинивается. В северном направлении он простирается до д. Горка, где залегает под бровкой обнажения, но органических остатков там не встречено. Слой разделен на следующие прослои.

Прослой 46/14.1. Глина темно-серая, пластичная, мелко-комковатая, алевролитовая, с ядрами двустворчатых моллюсков с хорошо сохранившейся скульптурой, с раковинами остракод до 2 мм в длину, с растительным детритом, с мелкими карбонатными включениями до 2 мм в диаметре. Мощность 0,2 м

Прослой 46/14.2. Глина темно-серая до черной, горизонтально-слоистая, хорошо раслаивается на тонкие пластинки. Обогащена органическим веществом растительного происхождения, в том числе мелкими растительными фитолеймами. Мощность 0,01 м.

Прослой 46/14.3. Глина темно-серая, мелко-комковатая, пластичная, алевролитовая, с мелкими карбонатными зернами. С большим количеством ядер двустворчатых моллюсков с хорошо сохранившейся скульптурой, с редкими ядрами мелких гастропод, с многочисленными раковинами остракод до 2,2 мм в длину. Содержит сильно окатанные чешуи, редкие зубы и еще более редкие покровные кости чепа рыб. Мощность 0,2 м.

Прослой 46/14.4. Чередувание прослоев глин темно-серых, мелко-комковатых, пластичных (во многом аналогичных глинам из прослоев 44/14.1 и 44/14.3) и глин от темно-серых до черных, обогащенных растительным детритом и углефицированными остатками. Черные прослои значительно обогащены  $C_{орг}$ , часто тонкоплитчатые, подобны прослою 44/14.2. Уровень содержит многочислен-

ные обугленные остатки листовой флоры плохой сохранности и фрагменты древесины до 0,8 м в длину и до 8 см в ширину (единственный замер простираения показал ориентацию ствола по азимуту 140°). Встречены остатки остракод, рыб, относительно крупные кости тетрапод черного цвета до 20 см по длинной оси. Прослой содержит большое количество мелкокристаллического пирита, который заметен невооруженным глазом на древесине и костях тетрапод. Мощность 0,4 м.

Слой 46/15. Глина преимущественно красная, кирпично-красная, алевролитовая, карбонатная, с карбонатными нодулями до 3 см в диаметре. Интерпретируется как нижние горизонты размытого почвенного профиля. Мощность 1,3 м.

Слой 46/16. Глина светло-серая, голубоватая, алевролитовая. Возможно, линза, южнее через 50 м слой не фиксируется. Мощность 0,3 м.

Слой 46/17. Глина пестроцветная, в основном красная, с горизонтами глеевых голубоватых пятен, карбонатная, с большим количеством карбонатных нодулей. Интерпретируется как комплекс, состоящий из нижних горизонтов нескольких размытых почвенных профилей. Видимая мощность 1,1 м. При полной мощности обнажения 27,6 м интервал между кровлей слоя 46/2 и подошвой слоя 46/14 составляет около 19,3 м.

Разрез на участке Есиплево—Савватий сопоставляется со вторым крупным сводным разрезом на правом берегу р. Мал. Сев. Двина между с. Аристово и деревнями Рукавишниково—Балебиха, напротив г. Великий Устюг. В последние годы эта серия обнажений была значительно детализирована. Нижняя часть разреза выходит в береговом обрыве между с. Аристово и пос. Кузино, сильно дислоцирована оползнями. Непрерывная последовательность слоев в одном месте в настоящее время здесь не обнажается, но породы, вскрытые на разных участках, дополняют друг друга, что позволяет составить сводный разрез (рис. 2).

Около южного окончания обнажения вблизи пос. Кузино (т. 154, Кузино) от уреза воды (середина июня 2011 г.) обнажаются следующие слои.

Слой 154/1. Глина пестроцветная, преимущественно коричневая, красновато-коричневая, с многочисленными голубоватыми глеевыми пятнами до 0,5 м в диаметре (которые к кровле постепенно сливаются в общий глеевый горизонт), алевролитовая, карбонатная, с многочисленными карбонатными нодулями до 5 см в диаметре, с мелкими автохтонными корнями *Radicites erraticus*, которые окаймлены мелкими глеевыми пятнами. Слой интерпретируется как верхняя часть почвенного профиля. Видимая мощность 0,5 м.

Слой 154/2. Глина пестроцветная, преимущественно красная, коричневатая-красная, с редкими мелкими голубоватыми глеевыми пятнами, алевролитовая, карбонатная, с карбонатными нодулями до 5 см в диаметре, с редкими автохтонными корнями *Radicites erraticus*, количество которых увеличивается

ется к кровле. Нижняя граница ясная, отчетливая. Интерпретируется как нижняя часть почвенного профиля. Мощность до 0,6 м.

Слой 154/3. Глина бледно-голубоватая, с коричневыми пятнами, по простираению переходящими в неясно выраженные пестроцветные уровни, алевроитовая, карбонатная, с известковыми нодулями до 7 см в диаметре. В коричневых зонах с многочисленными автохтонными корнями *Radicites erraticus* с голубой оторочкой. Нижняя граница постепенная. Интерпретируется как верхняя часть почвенного профиля. Мощность 0,5 м.

Слой 154/4. Глина пестроцветная, в нижней части красная, коричнево-красная, почти монотонная, выше с редкими глеевыми пятнами, которые концентрируются около кровли, алевроитовая, карбонатная, около кровли с карбонатными нодулями до 2 см в диаметре. Нижняя и верхняя границы слоя ясные, отчетливые. Интерпретируется как самостоятельный почвенный профиль. Мощность 0,5 м.

Слой 154/5. Глина пестроцветная, преимущественно коричневая, грязно-желтовато-коричневая, с желтовато-коричневыми и редкими глеевыми пятнами. С автохтонными корнями *Radicites erraticus*, отороченными мелкими глеевыми зонами. Алевроитовая, карбонатная, с мелкими известковыми нодулями. Нижняя граница слоя отчетливая, резкая. Интерпретируется как нижняя часть почвенного профиля. Мощность 0,8 м.

Слой 154/6. Глина пестроцветная, преимущественно коричнево-желтая, с многочисленными голубоватыми пятнами, сливающимися около кровли в глеевый горизонт. Алевроитовая, нижняя граница слоя постепенная. Вместе со слоем 154/5 интерпретируется как единый почвенный профиль. Мощность 0,2 м.

Слой 154/7. Глина красная, коричнево-красная, почти монотонная, с очень редкими глеевыми пятнами до 5 см в диаметре, алевроитовая. Мощность 0,7 м.

Слой 154/8. Глина пестроцветная, преимущественно красновато-коричневая, с многочисленными глеевыми пятнами. Алевроитовая, карбонатная, с карбонатными нодулями, которые формируют сложные агрегаты до 10 см в диаметре. Нижняя граница постепенная. Вместе со слоем 154/7 интерпретируется как почвенный профиль. Мощность 0,5 м.

Слой 154/9. Глина преимущественно красная, почти монотонная, с очень редкими голубоватыми пятнами-разводами до 3 см в диаметре. В середине слоя голубоватые пятна формируют плохо выраженный уровень, где расстояние между пятнами сокращается до 5 м и меньше. Алевроитовая, карбонатная, с редкими карбонатными нодулями, с крупной кубической отдельностью (длина сторон субкубических блоков порядка первых дециметров), хорошо держит вертикальную стенку. Подобная кубическая отдельность встречается в вятском ярусе на разных стратиграфических уровнях в разрезах

Климово (р. Сухона), Горка (р. Мал. Сев. Двина), Клыково (р. Юг). Мощность 4,3 м.

Слой 154/10. Песок светло-серый, с зеленоватым оттенком, тонкозернистый, к кровле переходит в алевроит, с прослоями, обогащенными коричневой глиной. Нижняя граница слоя отчетливая, ясная. Мощность 0,7 м.

Слой 154/11. Алевроит коричнево-красный, с неясно выраженными «размытыми» голубоватыми зонами, сильно глинистый. Нижняя и верхняя границы слоя постепенные, но верхняя более отчетливая. Мощность 0,7 м.

На уровне слоев 154/10–154/11 непосредственно у южного окончания коренной стенки коричневые тонкозернистые пески с многочисленными глинистыми прослоями слагают самостоятельную песчаную линзу аллювиального генезиса. Уровень вреза линзы коррелирует с кровлей слоя 154/11. Мощность линзы 4 м, протяженность 80 м.

Слой 154/12. Глина в основном красная, с мелкими глеевыми пятнами. Алевроитовая, карбонатная, с редкими карбонатными нодулями. Мощность 0,4 м.

Слой 154/13. Глина пестроцветная, в основном красная, с малиновым оттенком, с редкими неправильной формы глеевыми пятнами. Алевроитовая, карбонатная, участками с многочисленными карбонатными нодулями, которые могут образовывать массовые скопления, занимая до 30% площади стенки. Мощность 0,5 м.

Слой 154/14. Глина преимущественно голубоватая, с остаточными пятнами коричневого тона. С автохтонными корнями *Radicites erraticus* и карбонатными нодулями, алевроитовая. Мощность 0,5 м.

Слои 154/12–154/14 интерпретируются как единый почвенный профиль.

Слой 154/15. Глина преимущественно красная с малиновым оттенком, с глеевыми пятнами, с многочисленными карбонатными нодулями, которые формируют уплощенные агрегаты до 10 см в диаметре, алевроитовая. По большому количеству карбонатных нодулей и их агрегатов слой прослеживается вдоль обнажения до пристани Аристово, где сопоставляется со слоем 42А/8. Мощность 1 м.

Слой 154/16. Глина красная, с малиновым оттенком, с грязно-серыми пятнами-разводами до 15 см в диаметре. Мощность 1,2 м.

Слой 154/17. Глина преимущественно серая, оттенка простого карандаша, с желтоватыми, желтовато-коричневыми и красноватыми плохо выраженными уровнями и пятнами без отчетливой слоистости. Глина алевроитовая, на выветрелой поверхности мелкооскольчатая. Переменной мощности, максимально до 1,8 м. На север (вниз по течению) мощность сокращается до 0,8 м. В южном направлении в слой вклинивается линза пестроцветной глины преимущественно коричневой, красновато-коричневой, алевроитовой, с большим количеством светло-розовых карбонатных конкреций. Мощность вклинивающейся линзы до 0,8 м.

Слои, описанные в т. 154, прослеживаются на протяжении 1 км вниз по реке до северного окончания обрыва у пристани Аристово под южной окраиной одноименного села (т. 42А, Аристово). Между тт. 154 и 42А коренные породы полого падают на юг и непосредственно у пристани Аристово в урзе воды залегают наиболее древние слои. После сильного половодья 2013 г. здесь на бечевнике были вскрыты светло-серые мергели около 0,5 м мощности. По всей вероятности, они отвечают светло-серой карбонатной нижнефедосовской пачке. В 150 м к югу от бетонного двухколейного полотна, проложенного для спуска автомобилей к пристани, над осыпью в 9,5 м выше уреза воды в реке (июнь 2011 г.) описаны следующие слои.

Слой 42А/1. Глина красная, алевроитовая, карбонатная, с большим количеством карбонатных конкреций. Видимая мощность 0,3 м.

Слой 42А/2. Алевроит голубоватый, монотонный, плохо сцементированный, вверх по разрезу переходит в тонкозернистый песок. Мощность 0,6 м.

Слой 42А/3. Песок светло-коричневый, желтоватый, тонкозернистый. Мощность 0,4 м.

Слой 42А/4. Песок голубоватый, светло-серый, тонкозернистый, к кровле переходит в алевроит. Мощность 0,5 м.

Слой 42А/2–42А/4 соответствуют слоям 154/10–154/11 и отвечают уровню вреза Аристовской линзы.

Слой 42А/5. Глина пестроцветная, преимущественно красная, с многочисленными голубоватыми глеевыми пятнами. Алевроитовая, карбонатная, с карбонатными нодулями. Мощность 0,5 м.

Слой 42А/6. Глина голубоватая, алевроитовая, с карбонатными нодулями до 5 см в диаметре. Мощность 0,4 м.

Слой 42А/5–42А/6 интерпретируются как палеопочва.

Слой 42А/7. Глина пестроцветная, в основном красная, с многочисленными светло-розовыми карбонатными конкрециями, видимо, педогенного генезиса, хорошо заметными на выветрелой стенке, алевроитовая. Мощность 0,4 м.

Слой 42А/8. Глина пестроцветная, преимущественно красная, с голубоватыми пятнами, обогащенными алевроитовой фракцией. На отдельных участках голубоватые пятна сложены глинистым алевроитом. С многочисленными карбонатными нодулями и конкрециями, хорошо выделяющимися на выветрелой поверхности. Мощность 0,3 м.

Слой 42А/7–42А/8 интерпретируются как единая палеопочва. Слой 42А/8 соответствует слою 154/15.

Слой 42А/9. Глина красная, в целом монотонная, алевроитовая, с карбонатными конкрециями до 8 см в диаметре. Мощность 1 м.

Слой 42А/10. Глина голубоватая, алевроитовая, с многочисленными часто уплощенными карбонатными конкрециями до 0,2 м вдоль по длинной оси, ориентированными субгоризонтально. Мощность 0,3 м.

Слой 42А/9–42А/10 интерпретируются как единая палеопочва.

Слой 42А/11. Глина пестроцветная, в нижней части красная с отдельными голубоватыми глеевыми пятнами, в верхней части с многочисленными глеевыми пятнами. Алевроитовая, карбонатная, с многочисленными карбонатными нодулями до 4 см в диаметре. Мощность около 2 м.

Выше в бровке склона выходят светло-серые карбонатные породы, прослеживающиеся в средней части обнажения Аристово. Мощность терригенных отложений между двумя карбонатными пачками в аристовском разрезе составляет около 19 м, что соответствует мощности терригенных пород между двумя карбонатными пачками в разрезе Саватий, свидетельствуя в пользу нижнефедосовского возраста карбонатных отложений, вскрытых на урзе воды у пристани Аристово.

В 120 м выше по течению от выхода 42А непосредственно над пристанью Аристово вблизи устья небольшого оврага выходят породы Аристовской линзы и подстилающие и перекрывающие ее отложения (т. 42В).

Слой 42В/1. Пестроцветные алевропелиты со следами педогенной переработки материнской породы. Наблюдаются в отдельных выходах на бечевнике и в основании сильно заросшего склона. Видимая мощность около 3,5 м (июнь 2011 г.).

Слой 42В/2. Гравелиты и пески Аристовской линзы. В течение последних 25 лет наилучшая обнаженность пород линзы наблюдалась в конце 1980-х — начале 1990-х гг., когда в основании берега была вскрыта мощная линза грубозернистых пород, переходящая в тонкие линзы гравелитов и пески, не обнажающиеся в настоящее время. Судя по многолетним наблюдениям, гравелиты сложены окатанными обломками красноцветных и сероцветных карбонатных пород, аналогичных тем, что слагают пестроцветную алевро-глинистую толщу с палеопочвами, подстилающую линзу. Содержат многочисленные раковины двустворчатых моллюсков, угли, удлиненные фрагменты обугленной древесины (азимуты простираения 20°, 70°, 80°, 95° и 100°), остатки рыб и тетрапод. Мощность гравелитов 1,8 м.

Над гравелитами залегают пески коричневые, темно-серые, зеленовато-серые, полимиктовые, от крупно- до мелкозернистых, с прослоями, обогащенными гравием, углями, местами переходящие в песчаник с многочисленными раковинами и ядрами двустворчатых моллюсков, с диагональной аллювиальной слоистостью (азимут падения слоев 330°, угол падения 15–25°). В 2011 г. в 60 м выше по течению от выхода 42В (выход 42С) в нижней части песков палеоэнтомологическим отрядом ПИН РАН была вскрыта линза темно-серой глины, обогащенной  $C_{opr}$ . Ее нижнюю часть слагает глина темно-серая, во влажном состоянии черная, тонкослоистая, тонкоплитчатая с отдельными прослоями миллиметровой толщины, обога-



щенными алевритом, с многочисленными крупными фитолеймами, мелким растительным детритом, гиригонитами харовых водрослей, остракодами, конхостраками, насекомыми, скорпионами, ядрами раковин гастропод и двустворчатых моллюсков. Верхняя часть сложена глиной в основном светло-серой, алевритовой, массивной, бесструктурной. Общая мощность глинистой линзы 1,5 м. До 1990-х гг. в верхней части комплекса Аристовской линзы выходила вторая линза темно-серой глины, откуда, по-видимому, происходили многочисленные остатки растений татариновой флоры (Гоманьков, Мейен, 1986).

Максимальная мощность Аристовской линзы оценивается в 7,5 м, ее протяженность достигает 200 м. Литологическая характеристика описана в монографии Н.Н. Верзилина и др. (1993).

Выше Аристовской линзы залегают следующие породы.

Слой 42В/3. Глина коричневая до темно-серой, с темно-серыми крупными пятнами-разводами очень неотчетливой субгоризонтальной формы до 2 м по длинной оси. Сильно алевритовая, с редкими красными карбонатными конкрециями до 4 см в диаметре. Нижняя граница постепенная, неотчетливая. Мощность 0,9 м.

Слой 42В/4. Глина красная, коричневатая-красная. В основном закрыта задернованной осыпью, по уровню простирается соответствует слоям 42А/6–42А/11. Мощность 3,2 м.

Слой 42В/5. Глина пестроцветная, преимущественно красная, коричневатая-красная, в верхней части с желтоватыми, буроватыми, голубоватыми пятнами, с многочисленными автохтонными корнями *Radicles erraticus*, приуроченными к голубоватым зонам. Алевритовая, карбонатная, с многочисленными карбонатными нодулями. В кровле голубоватые пятна сливаются в общий глеевый горизонт. Интерпретируется как почвенный профиль. Соответствует слою 42А/11. Мощность 0,6 м.

Слой 42В/6. Глина светло-серая, алевритовая, карбонатная, переходящая в мергель. В средней части с тремя прослоями белого кавернозного известняка, разделенного тонкими прослоями светло-серой глины по 5 см мощности. Наиболее толстый нижний прослой известняка имеет мощность 0,3 м. Суммарная мощность уровня с известняками 0,6 м. Слой содержит многочисленные раковины остракод, гастроподы и «талломы харовых». Полная мощность слоя 1,1 м.

Слой 42В/7. Глина пестроцветная, преимущественно красная, с удлиненными голубоватыми пятнами до 0,4 м по длинной оси. Алевритовая, карбонатная, с мелкими карбонатными нодулями до 2 см в диаметре. Мощность 0,6 м.

Слой 42В/8. Глина пестроцветная, с красными, голубоватыми, розоватыми и желтоватыми пятнами. Алевритовая, карбонатная, с мелкими карбонатными нодулями. Нижняя граница неотчетливая, постепенная. Мощность 0,8 м.

Слой 42В/9. Глина пестроцветная, преимущественно красная, с редкими голубыми пятнами. Мощность 1,5 м.

Слой 42В/10. Глина светло-серая, алевритовая, карбонатная, переходящая в мергель и известняк. Известняк белый, кавернозный, с крупными автохтонными корнями *Radicles sukhonensis*. Блоки аналогичного известняка с отпечатками корней, вымытые, видимо, с этого уровня, часто встречаются на бечевнике в 100–150 м выше по течению. Мощность 0,5 м.

Слои 42В/6–42В/10 объединяются в общую светло-серую карбонатную пачку с пестроцветными породами в средней части. Судя по пестроцветным глинистым прослоям в ее средней части, эта пачка прослеживается южнее у д. В. Кузино (т. 158) и на р. Юг.

Слой 42В/11. Глина красная, монотонная, алевритовая. Видимая мощность до задернованной части склона 0,5 м.

Более высокие отложения описаны в 150 м южнее под последними двумя домами на южной окраине с. Аристово (обнажение 42Е) и в 300 м южнее выхода 42Е в стенке крупного оползневого цирка (обнажение 42F). Обнажение 42F более представительное и полностью дублирует выход 42Е.

Слой 42F/1. Глина розовая, светло-розовая, алевритовая, карбонатная, с многочисленными конкрециями светло-серого мергеля до 10 см в диаметре. По простирается переходит в светло-серый мергель, вскрытый в северной части оползневого цирка. Сопоставляется со слоем 42В/10. Видимая мощность 0,2 м.

Слой 42F/2. Глина пестроцветная, преимущественно коричневая, с голубоватыми пятнами, алевритовая, мелкокомковатая, карбонатная, с многочисленными карбонатными стяжениями около 1 см в диаметре, с автохтонными корнями *Radicles erraticus* в виде голубоватых и красноцветных прожилков. С ясными признаками педогенной трансформации. Мощность 0,4 м.

Слой 42F/3. Глина преимущественно розовая, с многочисленными желтоватыми охристыми пятнами, алевритовая, мелкокомковатая, карбонатная, с карбонатными стяжениями порядка 1–2 см в диаметре. С признаками педогенной трансформации. Мощность 0,3 м.

Слой 42F/4. Глина коричневатая-серая, серовато-коричневая, хорошо отличается от других слоев темно-серым тоном. Местами пятнистая, с пятнами более коричневой и более серой тональности, которые осложнены дополнительными желтоватыми пятнами, местами переходит в пестроцветную. Алевритовая, карбонатная, в верхней части преимущественно светло-серая, местами тонко-горизонтально-слоистая, видимо, незначительно обогащена  $S_{орг}$ . В верхней части с раковинами остракод. Мощность 0,35–0,4 м.

Слой 42F/5. Глина коричневая, алевритовая, карбонатная, оскольчатая, с остракодами. Мощность 0,55 м.

Слой 42F/6. Светло-коричневато-серая пачка ритмично переслаивающихся прослоев светло-серых алевритов и коричневых алевритовых глин. Слоистость субгоризонтальная, мощности алевритовых прослоев до 4 см, прослоев глин до 1 см. Все породы карбонатные. Мощность 0,1 м.

Слой 42F/7. Песок светло-зеленоватый, голубоватый, полимиктовый, тонкозернистый, карбонатный. Мощность 0,1 м.

Слой 42F/8. Песок коричневатый, полимиктовый, тонкозернистый, глинистый, горизонтально-слоистый, с миллиметровыми прослоями, обогащенными глиной. Мощность 0,25 м.

Слой 42F/9. Глина коричневая, алевритовая, карбонатная, субгоризонтально-слоистая, с прерывистыми тонкими линзами розового мергеля до 2 см мощности. Линзы переходят в уровни из мелких мергелистых стяжений. В верхней части с автохтонными корнями *Radicitis erraticus* в виде светло-коричневых прожилок. Мощность 0,1 м.

Слой 42F/10. Глина коричневая, алевритовая, карбонатная, с многочисленными стяжениями мергеля, формирующими субгоризонтальные уровни до 1 см мощности. Слоистость горизонтальная, отчетливая. В верхней части с невыдержанным светло-голубоватым прослоем, обогащенным алевритом, до 5 см мощности. Сопоставляется со слоем 42E/1. Мощность 0,25 м.

Слой 42F/11. Песок коричневый, тонкозернистый, полимиктовый. В подошве и в кровле с голубоватыми прослоями: внизу до 2 см, сверху до 10 см. Верхняя часть обогащена глиной, особенно в той части, которая залегает под верхним голубоватым прослоем. Карбонатный, в верхней половине с тонким плохо выдержанным прослоем коричневого мергеля. К северу от центральной оси цирка в слое наблюдается взброс с вертикальной амплитудой около 15 см. Сопоставляется со слоем 42E/2. Мощность 0,35 м.

Слой 42F/12. Глина пестроцветная, в основной массе красновато-коричневая, коричневато-красная, с двумя субгоризонтальными голубоватыми прослоями порядка 1 см мощности, обогащенными алевритом. Прослои не выдержаны, переходят по простиранию в уровни из голубоватых пятен. Порода алевритовая, карбонатная, с многочисленными красными и светло-серыми карбонатными стяжениями до 4 см в диаметре. С редкими автохтонными корнями *Radicitis erraticus* в виде тонких коричневых прожилок. Около кровли комковатая. Интерпретируется как часть палеопочвенного профиля; соответствует слою 42E/3. Мощность 0,4–0,5 м.

Слой 42F/13. Глинисто-песчаная пестроцветная пачка. Сложена преимущественно песком голубоватым, глинистым, тонкозернистым, с различными пятнами. Красновато-коричневые пятна удлиненные, субгоризонтальные, сложены песчаной глиной. Желтоватые пятна неясных очертаний, сложены в большей степени песчаной породой. В целом пятна неопределенных форм, их границы неровные, извилистые, волнистые, но контрастные по цвету.

Слоистость неясно выраженная, субгоризонтальная. Нижняя граница слоя относительно ясная, отчетливая, верхняя постепенная. Порода карбонатная, с уплощенными карбонатными конкрециями до 10 см по простиранию и до 3 см толщиной, возможно, педогенного генезиса. К югу слой переходит в линзу зеленовато-коричневого песка. Мощность 0,5 м.

Слой 42F/14. Глина пестроцветная, в основной массе коричневато-красная, с голубоватыми пятнами субокруглых и субовальных очертаний субгоризонтальной ориентации. Алевритовая, карбонатная, с многочисленными красными карбонатными нодулями порядка 2–4 см в диаметре, встречаются крупные светло-серые карбонатные конкреции до 15 см в диаметре. В наиболее крупных пятнах прослеживается остаточная субгоризонтальная слоистость в виде прослоев красной глины. Верхняя и нижняя границы условные, постепенные, пятнистые. Интерпретируется как нижние горизонты частично размытого почвенного профиля. Соответствует слою 42E/4. Мощность 0,45 м.

Слой 42F/15. Глина преимущественно коричневато-красная, почти монотонная, с очень редкими отдельными глеевыми пятнами порядка 1–4 см в диаметре. Алевритовая, карбонатная, с коричневыми карбонатными нодулями около 2–3 см в диаметре. Нижняя граница неотчетливая, пятнистая, неправильно-волнистая. Интерпретируется как нижние горизонты частично размытого почвенного профиля. Соответствует слою 42E/5. Мощность 0,55 м.

Слой 42F/16. Глина пестроцветная, преимущественно светло-коричневато-красная, с многочисленными округлыми голубоватыми пятнами до 5 см в диаметре. Алевритовая, оскольчатая, карбонатная. Нижняя граница относительно ясная, горизонтальная, выдержанная, верхняя граница постепенная. Слой хорошо выделяется в обнажении общей пестроцветной тональностью. Соответствует слою 42E/6. Мощность 0,2 м.

Слой 42F/17. Глина пестроцветная, преимущественно голубоватая, светло-голубоватая, светло-зеленоватая, с красноватыми пятнами, с многочисленными уплощенными светло-серыми карбонатными конкрециями до 20 см по длинной оси, хорошо заметными в стенке обнажения. Присутствуют конкреции с включениями зеленоватых глин в виде неотчетливых удлиненных образований, которые могут интерпретироваться как автохтонные корни *Radicitis* sp. Вместе со слоем 42F/16 этот слой формирует в обнажении выдержанный пестроцветный уровень. Хорошо сопоставляется со слоем 42E/7. Интерпретируются как мелководные озерные отложения. Мощность 0,1 м.

Слой 42F/18. Глина пестроцветная, преимущественно светло-коричневато-красная, с редкими глеевыми пятнами до 5 см в диаметре. Алевритовая, карбонатная, с округлыми карбонатными стяжениями до 5 см в диаметре, формирующими по простиранию субгоризонтальный уровень. Интерпретируется как частично размытый почвенный

профиль. Содержит раковины остракод. Соответствует слоям 42E/8 и 42E/9. Мощность 0,7 м.

Слой 42F/19. Конгломерат пестроцветный, преимущественно светло-серый, с красноцветными пятнистыми областями, сложен многочисленными известковыми субокруглыми стяжениями. Карбонатные зерна мелкогалечной размерности до 3 см в диаметре залегают в светло-серой с красноватыми пятнами алевритовой карбонатной глине. Концентрация карбонатных зерен по простиранию сильно меняется, слой может переходить в светло-серую глину с относительно немногочисленными карбонатными стяжениями. Интерпретируется как результат размыва почвенного профиля. Мощность 0,2 м.

Слой 42F/20. Глина темно-коричневая с красноватым оттенком, с неотчетливыми темно-бурыми и красноватыми пятнами, без следов оглеения. Глина алевритовая, карбонатная, с единичными красными карбонатными стяжениями до 5 см в диаметре. Интерпретируется как нижние горизонты частично размывтого почвенного профиля. Встречена кость небольшого размера. Сопоставляется со слоем 42E/10. Мощность 1,1 м.

Слой 42F/21. Гравелит светло-зеленоватый, светло-голубоватый, сложен хорошо окатанным глинисто-карбонатным голубоватым гравием, залегающим в светло-голубоватом крупнозернистом песчаном матриксе. Маркирует основание новой аллювиальной линзы. Мощность 0,03 м.

Слой 42F/22. Песок светло-зеленоватый, мелкозернистый, полимиктовый, карбонатный. Мощность 0,1 м.

Слой 42F/23. Песок коричневатый, зеленовато-коричневый, мелкозернистый, полимиктовый, горизонтально-слоистый, с отдельными глинистыми прослоями до 2 см мощности. Мощность 2,2 м.

Слой 42F/24. Пестроцветная пачка ритмичного переслаивания бледно-голубоватых песков и коричневатых-красных глин порядка первых сантиметров мощности. Прослой субгоризонтальные, субволнистые, не выдержаны по простиранию, непостоянной мощности, с неотчетливыми пятнистыми границами, с автохтонными корнями *Radicitis erraticus* в виде глинистых прожилок коричневого цвета. Встречаются уплощенные карбонатные конкреции до 45 см по длинной оси. Мощность 0,3 м.

Слой 42F/25. Глина пестроцветная, преимущественно коричневатая-красная, с редкими мелкими голубоватыми глеевыми пятнами субвертикальной и субгоризонтальной ориентации. Глина алевритовая, карбонатная, с карбонатными нодулями и крупными карбонатными конкрециями до 10 см в диаметре, с автохтонными корнями *Radicitis erraticus* в виде коричневых и голубоватых прожилок. Видимая мощность 1 м.

В северной части оползневого цирка слой 42F/21–42F/25 размывты, возможно, в вятское время. Поверхность размыва косо падает на север под углом 10°, срезая эти слои. Однако примерно через

150 м к северу слой 42F/23 выходит снова в стенке оползневого цирка 2013 г.

Слой 42F/26. Глина пестроцветная, в основном красная, с редкими удлиненными голубоватыми пятнами, алевритовая, карбонатная, с карбонатными нодулями, с остракодами (см. ниже). Залегает в северной части выхода с несогласием на слоях 42F/21–42F/25, заполняя размывтую часть. Контакт между слоями 42F/24–42F/25 и 42F/26 прослеживается в виде косой диагональной линейной зоны, обогащенной голубоватым материалом. Удлиненные голубоватые пятна в слое 42F/25 также ориентированы субпараллельно линии размыва. Видимая мощность до 3,4 м.

Выше до бровки склона залегают четвертичные флювиогляциальные песчаные отложения с валунами кристаллических пород и современная почва.

Более молодые слои обнажены в двух выходах, расположенных южнее в правом борту долины р. Мал. Сев. Двина над пос. Кузино. В крутом залесенном склоне между деревьями Верхнее Кузино и Балебиха, в 3,4 км по прямой на юг от т. 42С, находится узкий овраг-промоина (т. 158, Верхнее Кузино). Он начинается на окраине поля на абсолютной отметке около 87 м (на 10 м выше бровки склона вблизи с. Аристово) и вскрывает две реперных светло-серых карбонатных пачки в нижней и в верхней частях разреза (рис. 2).

Слой 158/1. Глина пестроцветная, преимущественно красная, с голубоватыми пятнами, алевритовая. Видимая мощность 1 м.

Слой 158/2. Первая сероцветная глинисто-карбонатная пачка с пестроцветными породами в средней части. Разделена на следующие прослои.

Прослой 158/2.1. Глина светло-серая, светло-зеленоватая, алевритовая, карбонатная, с редкими желтоватыми пятнами без закономерной ориентации около 10 см в диаметре. Пятна проникают из нижележащего и вышележащего слоя. Мощность 0,1 м.

Прослой 158/2.2. Глина пестроцветная, преимущественно желтоватая, грязно-желтоватая, с красновато-коричневыми и голубоватыми удлиненными субгоризонтальными пятнами до 20 см по протяженности. Глина алевритовая, карбонатная, с многочисленными автохтонными корнями *Radicitis erraticus* в виде субвертикальных голубоватых прожилок. Границы слоя неотчетливые, пятнистые. Мощность 0,15 м.

Прослой 158/2.3. Глина бледно-зеленоватая, бледно-голубоватая, монотонная, алевритовая, карбонатная, переходит в плотные мергелистые зоны, сосредоточенные в нижней части слоя. Мощность 0,2 м.

Прослой 158/2.4. Известняк светло-серый, бледно-зеленовато-серый, с многочисленными темно-серыми пятнами, неотчетливо субгоризонтально-слоистый, в нижней части слоя сланцеватый. Мощность 0,1 м.

Прослой 158/2.5. Известняк светло-зеленовато-серый, с редкими темно-серыми пятнами, с включениями темно-зеленой глины в виде локальных

зон и примазок на плоскостях напластования. Содержит каналы-отпечатки автохтонных корней *Radicitis ex gr. sukhonensis* до 8 мм в диаметре, заполненные зеленоватой глиной. Мощность 0,2 м.

Прослой 158/2.6. Известняк общего темно-серого тона, окрашен многочисленными темно-серыми и серыми пятнами, битуминозный, с легким запахом сероводорода при раскалывании. Пронизан отпечатками вертикальных автохтонных корней *Radicitis ex gr. sukhonensis*, заполненных бледно-серой и светло-серой глиной. Не выдержан по простиранию, переходит в субгоризонтальную сланцеватую породу, описанную в прослое 158/2.5. Мощность изменчивая, максимально до 0,1 м. При уменьшении мощности увеличивается толщина прослоя 158/2.5, поэтому суммарная толщина прослоев 158/2.5–158/2.6 остается равной 0,3 м.

Прослой 158/2.7. Глина преимущественно светло-серая, с многочисленными субокруглыми желтоватыми пятнами до 20 см в диаметре с неясными расплывчатыми границами, алевроитовая, карбонатная. Мощность 0,3 м.

Прослой 158/2.8. Глина преимущественно бледно-зеленовато-желтоватая, с многочисленными желтоватыми пятнами, доминирующими в общей тональности породы, и бледно-голубоватыми зонами. Алевроитовая, местами песчаная, карбонатная, с мелкими уплотненными зонами светло-желтого мергеля, с автохтонными корнями *Radicitis erraticus*. Мощность 0,25 м.

Прослой 158/2.9. Глина пестроцветная, преимущественно коричневато-розовая, светло-коричневая, состоит из многочисленных коричневых и бледно-голубоватых пятен. Алевроитовая, карбонатная, с автохтонными корнями *Radicitis erraticus*. Мощность 0,2 м.

Прослой 158/2.10. Глина коричневато-розовая, почти монотонная, алевроитовая, карбонатная, с редкими розовыми и светло-розовыми мергелистыми стяжениями до 1 см в диаметре. Мощность 0,25 м.

Прослой 158/2.11. Глина светло-серая, сильно карбонатная, переходит в мергель. Мощность 0,3 м.

Прослой 158/2.12. Мергель светло-серый, во влажном состоянии слабо-зеленовато-серый, относительно плотный по сравнению с соседними слоями. Подошва слоя соответствует подошве второго карбонатного прослоя 46В/10 над линзой Аристово. Мощность 0,5 м.

Прослой 158/2.13. Глина серая, местами зеленоватая, алевроитовая, карбонатная, со светло-серыми мергелистыми уплощенными субгоризонтальными включениями до 2 см толщиной. Мощность 0,03 м.

Прослой 158/2.14. Известняк светло-серый, слабо-зеленовато-серый, неоднородный, участками плотный или рыхлый, переходит в мергель. Более плотные участки характеризуются многочисленными хорошо сцементированными зонами. Мощность 0,4 м. Прослой завершает карбонатную сероцветную пачку (полная мощность 3,08 м), которая сопоставляется со слоями 42В/6–42В/10 Аристовского разреза.

Породы на уровне прослоев 158/2.11–158/2.14 содержат раковины остракод, гастропод и «таломы харовых водорослей».

Слой 158/3. Алевролит розовый, мелкооскольчатый, карбонатный, с многочисленными карбонатными стяжениями до 6 см в диаметре. Мощность 0,6 м.

Слой 158/4. Глина вишнево-красная, в целом монотонная, алевроитовая, карбонатная, с карбонатными нодулями. В нижней части на контакте с подстилающим слоем с темно- и грязно-серыми пятнами. Нижняя граница постепенная. Мощность 1 м.

Слой 158/5. Глина голубоватая, с карбонатными нодулями. Вместе со слоем 158/4 интерпретируется как единый палеопочвенный профиль. Мощность 0,35 м.

Слой 158/6. Красноцветная пачка переслаивания прослоев красновато-коричневых алевролитов и коричневых тонкозернистых глинистых песков до 5 см толщиной. Мощность 1,2 м.

Слой 158/7. Песок коричневый, тонкозернистый, глинистый, с прослоем красной глины. Завершает глинисто-песчаную пачку, сопоставляемую со слоями 42F/7–42F/13. Мощность 0,2 м.

Слой 158/8. Пестроцветная алевро-глинистая пачка. Сложена глиной красной, алевроитовой с голубоватыми прослоями. Прослой субгоризонтальные, не выдержаны по простиранию, выклиниваются, обогащены алевроитом (могут быть линзами). На контакте с подстилающими отложениями в нижней части слоя голубоватого материала немного больше, чем сверху. Мощность 0,7 м.

Слой 158/9. Глина пестроцветная, преимущественно красная, с редкими глеевыми пятнами до 10 см в диаметре, алевроитовая, карбонатная, с многочисленными карбонатными нодулями. Интерпретируется как часть размытого почвенного профиля. Мощность 1,1 м.

Слой 158/10. Глина пестроцветная, в подошве и кровле голубоватая, бледно-серая, в средней части бледно-красная. Порода алевроитовая, сильно карбонатная, с крупными конкрециями и линзами известняка, повторяющими цвет вмещающей породы, заметно выступающими из стенки обнажения. На отдельных участках полностью переходит в известняк. Сопоставляется со слоями 42F/16 и 42F/17. Мощность 0,15 м.

Слой 158/11. Глина красная алевроитовая. Мощность 0,6 м.

Слой 158/12. Глина пестроцветная, преимущественно голубоватая, сложена многочисленными голубоватыми пятнами до 0,2 м в диаметре, разделенными красноцветными зонами, алевроитовая. Плохо выдержана в обнажении, интерпретируется как часть почвенного профиля. Мощность 0,2 м.

Слой 158/13. Глина пестроцветная, преимущественно красная, с редкими глеевыми пятнами, алевроитовая, карбонатная, с карбонатными нодулями. Мощность 0,9 м.

Слой 158/14. Глина пестроцветная, в целом красновато-коричневая, бурая, с плохо выдержанными голубоватыми уровнями в подошве и в кровле, на выветрелой поверхности желтоватая, мелкооскольчатая, песчаная, с карбонатными нодулями. Вместе со слоем 158/13 интерпретируется как часть общего почвенного профиля. Мощность 1 м.

Слой 158/15. Глина пестроцветная, преимущественно красная, с редкими субвертикальными голубоватыми пятнами, образующими два невыдержанных уровня. С автохтонными корнями *Radicites erraticus* в голубоватых пятнах, алевритовая, с карбонатными нодулями. Мощность 1,7 м.

Слой 158/16. Глина пестроцветная, преимущественно голубоватая, с многочисленными голубоватыми пятнами, которые заключены в красноцветный матрикс, алевритовая. Вместе со слоем 158/15 интерпретируется как общий почвенный профиль. Мощность 0,2 м.

Слой 158/17. Глина красная, почти монотонная, с очень редкими голубоватыми пятнами до 4 см в диаметре. Алевритовая, карбонатная, с карбонатными нодулями. Мощность 0,8 м.

Слой 158/18. Глина пестроцветная, в основном красная, коричневатая-красная, с большим количеством голубоватых пятен. Концентрация голубоватого материала увеличивается к кровле, и в верхних 0,25 м слоя голубоватого материала становится больше, чем красного. Порода алевритовая, карбонатная, с карбонатными нодулями. Вместе со слоем 158/17 интерпретируется как общий почвенный профиль. Мощность 0,8 м.

Слой 158/19. Глина пестроцветная, преимущественно красная, с большим количеством мелких удлиненных субвертикальных голубоватых пятен. Содержит мелкие корни *Radicites erraticus*, карбонатная, с редкими карбонатными стяжениями до 5 см в диаметре. Интерпретируется как часть размытого почвенного профиля. Мощность 0,7 м.

Слой 158/20. Песчано-глинистая пестроцветная пачка, переходящая по простиранию в глинисто-песчаную. Сложена чередующимися неясно выдержанными прослоями красной, красновато-коричневой сильно песчаной глины и голубоватого песка. Мощности прослоев до 0,1 м, границы неясные, пятнистые, карманообразные, песчаная фракция тонкозернистая. В левом борту оврага пачка становится преимущественно песчаной и водоносной. Видимо, соответствует песчаной линзе 42F/21–42F/23 в верхней части Аристовского разреза. Мощность 0,5 м.

Слой 158/21. Глина коричневатая-красная, монотонная, алевритовая, карбонатная, с мелкими карбонатными нодулями. Мощность 0,5 м.

Слой 158/22. Глина пестроцветная, преимущественно ярко-красная, с многочисленными голубыми, бурыми, желтоватыми пятнами. Глина алевритовая, карбонатная, с карбонатными стяжениями и крупными конкрециями до 20 см в диаметре, с мелкими автохтонными корнями *Radicites erraticus*.

Вместе со слоем 158/21 интерпретируется как частично размытая палеопочва. Мощность 0,6 м. Слой выходит под корнями деревьев в правом борту оврага. Вышележащие отложения описаны в левом борту вблизи истока оврага.

Слой 158/23. Глина коричневая, красновато-коричневая, в целом монотонная, карбонатная, с карбонатными конкрециями и стяжениями до 7 см в диаметре. Мощность 0,8 м.

Слой 158/24. Глина пестроцветная, в значительной степени голубоватая с красными пятнами, алевритовая. Вместе со слоем 158/23 интерпретируется как единая палеопочва. Мощность 0,2 м.

Слой 158/25. Глина пестроцветная, преимущественно красная, с мелкими голубоватыми пятнами, алевритовая, карбонатная, с мелкими карбонатными стяжениями порядка 1–2 см в диаметре. Интерпретируется как нижние горизонты размытой палеопочвы. Мощность 0,4 м.

Слой 158/26. Глина пестроцветная, преимущественно красная, с голубоватыми пятнами и с алевритовыми и песчаными голубоватыми субгоризонтальными линзовидными зонами. Алевритовые и песчаные области выражены слабо, прослеживаются плохо, по простиранию переходят в пятнистые уровни или в коричневый полимиктовый песок, хорошо заметный в средней и верхней частях слоя. Порода карбонатная, с многочисленными карбонатными стяжениями и уплощенными конкрециями до 7 см в диаметре. Мощность 0,8 м.

Слой 158/27. Песок голубоватый, тонкозернистый, полимиктовый, с неровной нижней и верхней границами. Мощность 0,2 м.

Слой 158/28. Песок пестроцветный, преимущественно коричневый, с красноватыми глинистыми пятнами неопределенной формы около 0,1 м в диаметре с расплывчатыми границами. Красноватые пятна включают мелкие голубоватые зоны порядка 1–2 см в диаметре. Песок тонкозернистый, полимиктовый, карбонатный. Верхняя граница постепенная. Мощность 0,8 м.

Слой 158/29. Глина пестроцветная, преимущественно коричневая, коричневатая-красная, с многочисленными удлиненными бледно-голубоватыми пятнами порядка 0,2 м по длинной оси сложных расплывчатых очертаний, но с резкими цветовыми границами. Пятна обогащены алевритом. Порода в целом алевритовая, карбонатная, с красноватыми и светло-серыми карбонатными стяжениями до 5 см в диаметре. Мощность 0,8 м.

Слой 158/30. Глина пестроцветная, преимущественно коричневатая-красная, с многочисленными голубоватыми пятнами сложных очертаний с резкими цветовыми границами. Степень концентрации голубоватых пятен сильно меняется по простиранию слоя. Порода алевритовая, карбонатная, с многочисленными светло-серыми карбонатными стяжениями около 2–4 см в диаметре. Содержит многочисленные автохтонные корни *Radicites erraticus* в виде бледно-голубоватых и светло-серых

прожилков. Нижняя граница постепенная, условная, выделяется по степени концентрации голубоватых пятен. Вместе со слоем 158/29 интерпретируется как единая палеопочва. Мощность 0,35 м.

Слой 158/31. Глина пестроцветная, преимущественно коричневато-красная, с небольшими голубоватыми глеевыми пятнами порядка 4 см по длинной оси. Порода алевритовая, карбонатная, с красноватыми и светло-серыми карбонатными стяжениями в среднем 2–4 см в диаметре, максимально до 6 см. Мощность 0,5 м.

Слой 158/32. Глина пестроцветная, преимущественно голубоватая, с многочисленными бледно-голубоватыми и красными субокруглыми пятнами. Голубоватые пятна на отдельных участках сливаются в плохо выдержанный голубоватый горизонт. Порода алевритовая, бескарбонатная, с многочисленными автохтонными корнями *Radicites erraticus* в виде бледно-голубоватых и светло-коричневых прожилок. Вместе со слоем 158/31 интерпретируется как единая палеопочва. Мощность 0,3 м.

Слой 158/33. Глина пестроцветная, преимущественно коричневато-красная, с редкими голубоватыми пятнами округлой и удлиненной формы субвертикальной ориентации до 15 см по длинной оси, алевритовая, карбонатная. Мощность 0,6 м.

Слой 158/34. Глина пестроцветная, с многочисленными голубоватыми и красными пятнами, алевритовая, карбонатная, с многочисленными карбонатными стяжениями, с мелкими автохтонными корнями. Хорошо выделяется общей пестроцветностью. Вместе со слоем 158/33 интерпретируется как единая палеопочва. Мощность 0,3 м.

Слой 158/35. Глина пестроцветная, в основном красновато-коричневая, с редкими мелкими глеевыми и светло-коричневыми пятнами. Алевритовая, карбонатная, с редкими светло-коричневыми рыхлыми карбонатными стяжениями до 2 см в диаметре. Интерпретируется как нижние горизонты почвенного профиля. Мощность 0,6 м.

Слой 158/36. Глинистая пестроцветная пачка общего красновато-коричневого тона. Сложена глиной красновато-коричневой с бледно-голубоватыми и светло-коричневыми пятнами-разводами, в нижней части со светло-серыми пятнами субгоризонтальной ориентации до 65 см по простиранию и до 25 см по мощности. Порода алевритовая, карбонатная, с редкими светло-коричневыми карбонатными стяжениями, в целом неслоистая, но в наиболее плотных невыветрелых участках с тонкими горизонтальными прослоями, обогащенными алевритом. С редкими автохтонными корнями *Radicites erraticus*. В правом борту оврага на уровне этого слоя вскрыт карман светло-серой карбонатной глины с конкрециями плотных темно-серых известняков. В породе отмечаются слабые признаки педогенной трансформации материнской породы, однако пятнистость слоя, возможно, не педогенного происхождения. Мощность 1 м.

Слой 158/37. Глинистая пестроцветная пачка, подобная слою 158/36. Сложена глиной красновато-коричневой с многочисленными светло-серыми удлиненными субовальными субгоризонтальными линзовидными пятнами порядка 0,5–1 м по простиранию и 0,1–0,3 м мощности. Пятна неотчетливые, с неопределенными границами, участками с более плотным карбонатным материалом. Порода в целом алевритовая, карбонатная, возможно, бассейнового генезиса. Нижняя граница условная, постепенная. Мощность 0,5 м.

Выше залегает вторая светло-серая карбонатно-глинистая пачка.

Слой 158/38. Глина светло-серая, алевритовая, карбонатная, с плотными участками, обогащенными карбонатом, переходит в мергель. Подобна породе, слагающей крупные светло-серые пятна-разводы в подстилающем слое, не выдержана по простиранию, возможно, образует линзовидное тело, аналогичное описанному в слое 158/37. Мощность 0,3 м.

Слой 158/39. Глина пестроцветная, преимущественно коричневато-розовая, с редкими голубоватыми пятнами двух разновидностей: (1) в нижней части слоя с некрупными пятнами неопределенной формы; (2) в верхней части с удлиненными субвертикальными зонами, проникающими из перекрывающего слоя на глубину 10–15 см. Порода алевритовая, карбонатная, с более плотными и более карбонатными участками. Не выдержана по простиранию, через 8 м вверх по тальвегу переходит в сероцветную породу, аналогичную слою 158/40. Мощность 0,4 м.

Слой 158/40. Глина светло-серая, темно-серая, рыхлая, при естественной увлажненности ломается руками, в значительной степени карбонатная, с плотными прослоями и линзами мергеля, которые высыпаются из стенки тонкими плитками. Содержит многочисленные остатки остракод, моллюсков (гастропод) и «талломы харовых водорослей». Мощность 0,4 м.

Слой 158/41. Глина светло-серая, менее карбонатная, чем слой 158/40, при естественной увлажненности рыхлая. С плотными темно-серыми битуминозными конкреционными известняками. С многочисленными остракодами и моллюсками. Мощность 0,45 м.

Слой 158/42. Глина пестроцветная, с крупными светло-коричневыми и светло-серыми удлиненными пятнами субгоризонтальной ориентации, достигающими 0,5 м по простиранию. Светло-серые участки включают еще преимущественно светло-серые и более плотные зоны с повышенным содержанием карбоната. Мощность 0,5 м.

Слой 158/43. Глина светло-серая, карбонатная, мелкооскольчатая, переходит в мергель, с конкрециями светло-серого плотного известняка порядка 5–10 см в диаметре. Порода в значительной степени изменена современными почвенными процессами. Слой соответствует элювию современного горизонта современной почвы. Мощность 0,4 м.

Слой 158/44. Щебень светло-серый, сложен обломками светло-серых мергелей и известняков, видимо, пермского возраста. Известняки светло-серые, с зеленоватыми глинистыми примазками, характерными для вятских отложений района. Порода сильно элювирована, подстилает гумусовый горизонт современной почвы, видимо, образовалась при разрушении коренного слоя или нескольких слоев, залегающих выше слоя 158/44. Мощность 0,1 м. Полная мощность обнажения 27,7 м. Выше залегает темно-серый и черный гумусовый горизонт современной почвы.

Завершает сводный разрез напротив Великого Устюга выход коренных пород между деревнями Балебиха и Рукавишниково, расположенный в 350–400 м юго-западнее юго-западной окраины д. Балебиха, в 1,25 км на юг от т. 158, под бровкой склона (т. 151, Балебиха). Обнажение известно в литературе как Рукавишниковая Гора (Голубев, 1998; Олферьев, 1974). Выход почти полностью закрыт оползнями и задернованной осыпью, его изучению мешает вода, сочащаяся из верхнего водоносного горизонта. В наиболее обнаженном участке в 2010–2012 гг. были выделены следующие слои (рис. 2).

Слой 151/1. Глина пестроцветная, преимущественно красная, с голубоватыми глеевыми пятнами. Порода алевроитовая, карбонатная, с карбонатными нодулями и конкрециями от 0,5 см в диаметре до 10 см по длинной оси. Видимая мощность 4,3 м.

Слой 151/2. Песок голубоватый, мелкозернистый. Сопоставляется со слоями 158/27 и 158/28. Мощность 0,4–0,6 м.

Выше залегает пестроцветная глинистая пачка (слой 151/3) с признаками педогенной трансформации материнской породы. Подразделена на ряд прослоев, отличающихся более красной и более пестроцветной (голубоватой) тональностью.

Прослой 151/3.1. Глина пестроцветная, преимущественно красная, с редкими голубоватыми глеевыми пятнами, алевроитовая, карбонатная, с карбонатными нодулями. Мощность 0,5 м.

Прослой 151/3.2. Глина пестроцветная, в основном красная, с многочисленными голубоватыми глеевыми пятнами, алевроитовая, с карбонатными нодулями до 7 см в диаметре в голубоватых зонах. В обнажении выделяется общим пестроцветным тоном. Мощность 0,1 м.

Прослой 151/3.3. Глина пестроцветная, в общей массе красная, с редкими голубоватыми пятнами. Алевроитовая, с многочисленными карбонатными нодулями и конкрециями до 4 см в диаметре. Мощность 1 м.

Прослой 151/3.4. Глина пестроцветная, преимущественно красноватая, бледно-буроватая, с многочисленными голубоватыми пятнами, алевроитовая. Слой выделяется общей пестроцветной окраской. Мощность 0,5 м.

Прослой 151/3.5. Глина пестроцветная, в основном красная, с редкими голубоватыми пятнами, алевроитовая. Мощность 0,4 м.

Прослой 151/3.6. Глина пестроцветная, преимущественно красная, с относительно крупными голубоватыми пятнами, алевроитовая. Выделяется общим пестроцветным тоном. Мощность 0,6 м.

Прослой 151/3.7. Глина красная, алевроитовая, с мелкими карбонатными нодулями. Мощность 0,3 м.

Прослой 151/3.8. Глина светло-серая, цвета глеевых пятен, алевроитовая, переменной мощности от 0,1 до 0,2 м.

Прослой 151/3.9. Глина пестроцветная, преимущественно красная, с неясно оформленными голубоватыми пятнами, алевроитовая, переменной мощности от 0,1 до 0,2 м.

Прослой 151/3.10. Глина пестроцветная, преимущественно светло-серая, голубоватая, с красноцветными пятнами, алевроитовая, переменной мощности 0,2–0,3 м.

Прослой 151/3.11. Глина красная, алевроитовая, с неотчетливыми нижней и верхней границами, с мелкими карбонатными нодулями и мелкими автохтонными корнями *Radicites erraticus* в виде коричневых прожилок без следов оглеения. Мощность 0,2 м.

Прослой 151/3.12. Глина пестроцветная, преимущественно светло-серая, с красноватыми пятнами субвертикальной ориентации, алевроитовая, карбонатная. Мощность 0,3 м.

Прослой 151/3.13. Глина пестроцветная, преимущественно красная, с голубоватыми глеевыми пятнами, с мелкими карбонатными нодулями. Мощность 0,5 м.

Прослой 151/3.14. Глина пестроцветная, окрашена крупными «размытыми» голубоватыми, красными, желтоватыми, буроватыми пятнами неопределенной формы, алевроитовая, карбонатная, с карбонатными нодулями. Мощность 0,6 м.

Прослой 151/3.15. Глина пестроцветная, преимущественно красная, с голубоватыми пятнами, алевроитовая. Голубоватые глеевые пятна «проникают» из подстилающего слоя. Мощность 0,1 м. Полная мощность слоя 151/3 — 5,5 м.

Слой 151/4. Мергель светло-серый, глинистый, алевроитовый, с линзами (конкрециями) серых, темно-серых кавернозных известняков, переходит в светло-серую карбонатную глину, содержит раковины остракод и моллюсков. Мощность 0,2 м.

Вышележащая светло-серая глинисто-карбонатная пачка (слой 151/5) подразделена на следующие прослои.

Прослой 151/5.1. Глина преимущественно светло-серая с неясно оформленными коричневыми пятнами, карбонатная, переходит в мергель, с остракодами и моллюсками. Мощность 0,2 м.

Прослой 151/5.2. Глина пестроцветная, общего розового тона, с серыми пятнами, карбонатная. Мощность 0,3 м.

Прослой 151/5.3. Глина преимущественно светло-серая с многочисленными красными удлиненными глинистыми примазками, которые интерпретиру-

ются как аллохтонные корни. Порода карбонатная, переходит в мергель, с линзами светло-серого известняка, с остракодами, моллюсками, «талломами харовых». Мощность около 1 м.

Прослой 151/5.4. Глина светло-серая, карбонатная, в кровле держит вертикальную стенку. Мощность 0,8 м. Полная мощность слоя 151/3 — 2,3 м.

Слои 151/4—151/5 образуют светло-серую карбонатную пачку, которая сопоставляется со второй светло-серой глинисто-карбонатной пачкой в обнажении Верхнее Кузино (слои 158/38—158/45).

Слой 151/6.1. Глина красная, монотонная, алевроитовая, с очень мелкими карбонатными нодулями в первые миллиметры диаметром. Мощность 0,7 м.

Слой 151/6.2. Глина красная, алевроитовая, более бледная, чем в подстилающем слое, с желтоватыми бурыми пятнами. Мощность 0,5 м.

Слой 151/7. Глина светло-серая, бледная, плотная, карбонатная, с мелкими белыми вкраплениями, видимо, с маломощными линзами светло-серого мергеля. Мощность 0,5 м.

Слой 151/8. Глина преимущественно красная, менее яркая, чем слои 151/1 и 151/3, с очень редкими глеевыми пятнами, с мелкими карбонатными нодулями, которые были обнаружены в породе, отобранной на микрофауну. Верхняя половина слоя содержит высокотитанистые железистые сферулы порядка первых десятков микрон в диаметре (Арефьев, Шкурский, 2012). Предполагается, что сферические объекты космического метеоритного происхождения. Мощность 0,8 м.

Слой 151/9. Конгломерат и песок. В основании слоя песок коричневатый, зеленовато-коричневый, среднезернистый, полимиктовый с многочисленной глинисто-карбонатной галькой и гравием, на контакте со слоем 151/8 с линзами голубоватого гравелита до 0,2 м мощности. В 0,5 м от подошвы слоя песок переходит в конгломерат и гравелит общего красного тона с многочисленными хорошо окатанными черными кремнями до 2 см в диаметре. Прослой конгломератов (гравелитов) переслаиваются с песками с однонаправленной диагональной слоистостью (азимут падения слоев 320°, угол падения 10—15°). Видимая мощность конгломерата превышает 2 м.

Суммарная мощность интервала от подошвы слоя 151/9 до бровки склона составляет 4 м и предполагается, что он полностью отвечает этому слою. Однако в верхней части коренные отложения закрыты мощной лесной подстилкой и только в закопушках вскрывается песок с зернами гравия. Из слоя 151/9 известны позвоночные, характерные для индского яруса ОСШ (список см. ниже).

Таким образом, в сводном разрезе Кузино-Аристово-Балебиха представлена полная последовательность отложений от кровли нижефедосовской пачки саларевской свиты верхней перми до красноборской свиты нижнего триаса. Интервал отвечает комарицкой пачке саларевской свиты, включает две реперных светло-серых карбонатных

пачки. Чередование пестроцветных алевропелитовых отложений и маломощных светло-серых карбонатных пачек задает очевидную ритмичность в изученном интервале, как и во всей саларевской свите. При этом интервал, залегающий между двумя карбонатными пачками комарицкой пачки, в значительной степени обогащен песками, что принципиально отделяет его от пестроцветных алевропелитовых пород, подстилающих нижефедосовскую пачку.

#### Палеонтологическая характеристика изученных разрезов

До недавнего времени в пермских отложениях на р. Мал. Сев. Двина ископаемые остатки организмов были известны только из нижней части комарицкой пачки саларевской свиты: из линзы Савватий и из обнажения Аристово, расположенного непосредственно под одноименной деревней. При отсутствии дополнительных сведений из более высоких стратиграфических уровней эти палеонтологические данные были экстраполированы на весь разрез верхнепермских отложений данного района, вплоть до подошвы линзы Балебиха-Рукавшиково в основании красноборской свиты. Однако последние исследования позволили получить принципиально новую характеристику отложений.

В Аристовском обнажении, по данным И.И. Молоствовской, обнаружено около 15 видов остракод, среди которых присутствуют *Wjatkellina fragiloides* (Zek.) и *Suchonella typica* Spizh. (полный список см. Татарские отложения..., 2001; Arefiev et al., 2015). В частности, в Аристовской линзе обнаружены остракоды *Gerdalia noinskyi* Bel., *G. palenovi* Bel., *Placidea lutkevichi* (Spizh.), *Sinusuella* aff. *vjatkensis* Posn. in Schn., *Suchonella mishinae* Mol., *S. typica* Spizh., *Suchonellina* ex gr. *parallela* Spizh., *S. parvaeformis* (Kash.), *S. perelubica* (Star.), *S. trapezoides* (Sharap. in Schn.), *S. sp.*, *Wjatkellina fragiloides* (Zek.), *W. ignatjevi* (Zek. et Jan.), *W. sp.* (рис. 4). Комплекс отвечает зоне *Wjatkellina fragiloides* — *Suchonella typica*, которая соответствует нефедовскому горизонту вятского яруса (Постановления..., 2010).

Непосредственно в линзе Аристово исследовано два уровня с двусторчатными моллюсками. Ассоциация нижнего уровня включает *Opokiella ignatjewi* Gusev, 1990 и несколько видов рода *Palaeomutela* Amalitzky, 1892: *P. fischeri* (Amalitzky), *P. aff. fischeri* (Amalitzky), *P. keyserlingi* Amalitzky. В верхней части линзы установлены *P. fischeri* (Amalitzky), *P. sp.* и *Palaeonodonta* ex gr. *verneuili* Amalitzky.

В ихтиокомплексе Аристовской линзы отмечены покровные кости черепа, зубы и чешуйные ихтиолиты *Toyemia blumentalis* A. Minich, *Toyemia* sp., *Isadia aristoviensis* A. Minich, окатанные обломки покровных костей рыб сем. *Discordichthyidae* gen. ind., неопределимые чешуи рыб подкласса *Actinopterygii* (Татарские отложения..., 2001). Комплекс отвечает



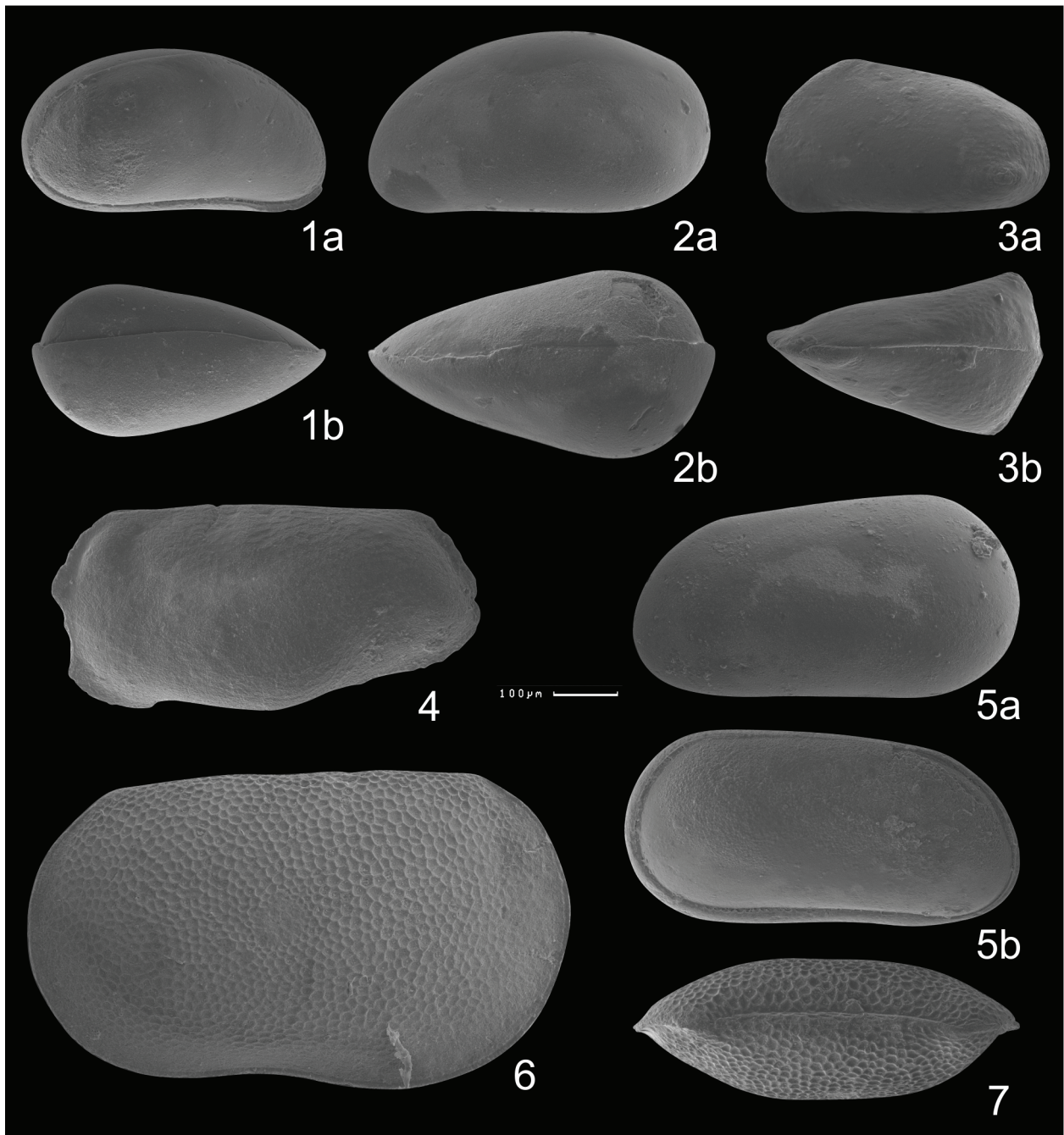


Рис. 4. Остракоды из Аристовской линзы (т. 42С); вятский ярус, верхний подъярус, нефедовский горизонт, саларевская свита, комарицкая пачка. Фиг. 1, 2. *Suchonella mishinae* Molostovskaya, 2001: 1 — экз. ПИН, № 5519/4222-85: 1a — раковина со стороны левой створки, 1b — раковина со спинной стороны; 2 — экз. ПИН, № 5519/4222-111: 2a — раковина со стороны правой створки, 2b — раковина с брюшной стороны. Фиг. 3. *Suchonella typica* Spizharskyi, 1937; экз. ПИН, № 5519/4222-91: 3a — раковина со стороны левой створки, 3b — раковина со спинной стороны. Фиг. 4. *Sinusuella* aff. *vjatkensis* Posner in Schneider, 1948; экз. ПИН, № 5519/4222-57; левая створка. Фиг. 5. *Suchonellina trapezoides* (Sharapova in Schneider, 1948): 5a — экз. ПИН, № 5519/4222-55; раковина со стороны правой створки; 5b — экз. ПИН, № 5519/4222-51; раковина со стороны левой створки. Фиг. 6, 7. *Placidea lutkevichi* (Spizharskyi, 1939): 6 — экз. ПИН, № 5519/4222-65; раковина со спинной стороны; 7 — экз. ПИН, № 5519/4222-59; левая створка

зоне *Toyemia blumentalis* — *Isadia aristoviensis*, которая соотносится с остракодовой зоной *Wjatkellina fragiloides* — *Suchonella typica*.

Из линзы Аристово известны тетраподы водных и наземных сообществ *Dvinosaurus primus* Amal., *Karpinskiosauridae* gen. indet., *Scutosaurus* cf. *tuberculatus* (Amal.), *Chroniosuchus licharevi* (Riab.), *Inostranzevia* cf. *latifrons* Prav., *Annatherapsidus* cf. *petri* (Amal.), *Dicynodontidae* gen. indet. (Голубев, 2000;

Ивахненко и др., 1997; Татарские отложения..., 2001). Близкий комплекс происходит из местонахождения Савватий, в котором в разное время были собраны *Dvinosaurus primus* Amal., *Scutosaurus* cf. *tuberculatus* (Amal.), *Chroniosuchus licharevi* (Riab.), *Annatherapsidus* cf. *petri* (Amal.), *Dicynodon* cf. *trautscholdi* Amal. (Голубев, 2000; Ивахненко и др., 1997). В обеих линзах присутствуют тетраподы соколковского субкомплекса соколковского комплекса,

свидетельствующие, что рассматриваемые отложения относятся к подзоне *Chroniosuchus paradoxus* зоны *Scutosaurus karpinskii* (Голубев, 2000), которая характеризует среднюю часть вятского яруса (Arefiev et al., 2015).

Принципиально новые ассоциации ископаемых были встречены выше в местонахождении Элеонора. Палиноспектр 46/14-2 отличается доминирующей ролью спор *Kraeuselisporites* sp. и *Reticuloidosporites* cf. *warchianus* Balme, составляющих 80% от всего состава миоспор (рис. 5), с незначительным участием спор *Punctatisporites*, *Calamospora* и *Osmundacidites*. Среди пыльцы следует отметить *Protohaploxypinus latissimus* (Luber) Samoil., *P. perfectus* (Naumova) Samoil., *Weylandites tataricus* Gomanov, представителей *Lueckisporites*, *Scutasporites* и *Ventralvittatina*.

Спектр характеризуется низким разнообразием, а его состав существенно отличается от более древнего палинокомплекса из линзы Аристово (Гоманьков, Ярошенко, 1998; Татарские отложения..., 2001). Ранее споры *Kraeuselisporites*, предположительно относящиеся к плауновидным *Suchonodendron* или *Takhtajanodoxa*, были найдены в отложениях вятского горизонта у пристани Аристово (Гоманьков, 2002).

Абсолютное большинство *Kraeuselisporites* и *Reticuloidosporites* косвенно свидетельствует о формировании отложений в сильно обводненных обстановках.

Среди остракод встречены многочисленные *Volganella*: *V. concava* Mish. (доминируют), *V. ex gr. truncata* Mish., *V. recta* Mish., *V. magna* Spizh. in Mand., *Volganella* sp., и *Suchonellina*: *S. inornata* Spizh., *S. trapezoides* (Sharap. in Schn.), *S. fragilis* Schn., *S. spizharskyi* Posn., *S. parallela* Spizh., *S. futschiki* Kash., *S. dubia* (Star.), *S. lacrima* (Star.), *S. ex gr. perelubica* (Star.). Реже встречаются *Suchonella posttypica* (Star.), *S. rykovi* (Star.), *S. circula* Star., единично *Wjatcellina fragilina* (Bel.), *W. fragiloides* (Zek.), *Whipplella?* sp. В комплексе присутствуют виды, характерные для основной части вятского яруса (*Wjatcellina fragilina* (Bel.), *W. fragiloides* (Zek.), *Suchonellina trapezoides* (Sharap. in Schn.)) и для терминальной перми (*Suchonella posttypica* (Star.), *S. ex gr. rykovi* (Star.), *Suchonellina dubia* (Star.)), что указывает на терминальные пермские отложения, соответствующие остракододовой зоне *Suchonellina perelubica* — *Suchonella rykovi* — *Suchonella posttypica* (Кухтинов, Воронкова, 2012; Кухтинов и др., 2012), или слоям с вязниковской биотой.

Остатки двустворчатых моллюсков из местонахождения Элеонора представлены деформированными композитными ядрами и отпечатками отдельных створок униовидных раковин, рассредоточенных в породе под разными углами к плоскостям наложения. Вещество раковин преобразовано в тонкую глиноподобную пленку буровато-коричневого цвета. Установлено два морфологических типа: морфотип с удлинненными раковинами отне-

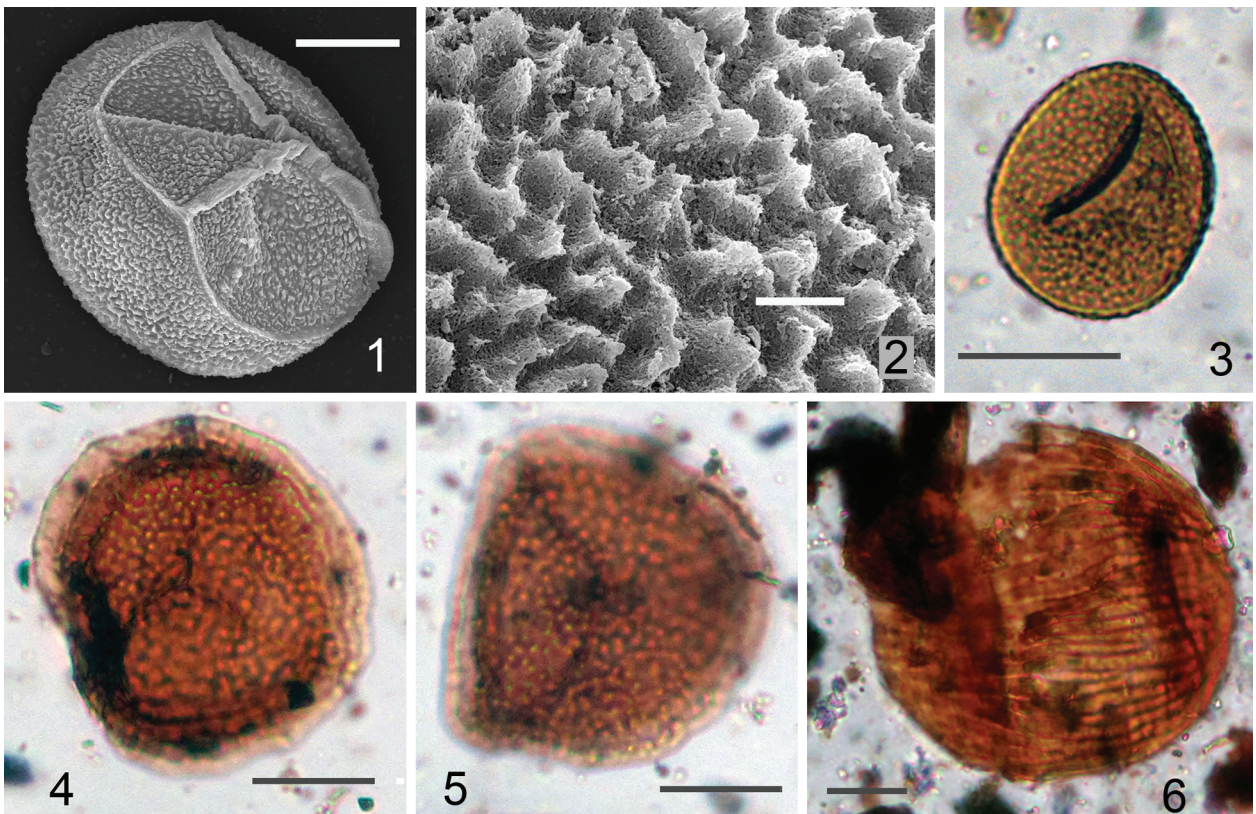


Рис. 5. Споры и пыльца из местонахождения Элеонора; правый берег р. Мал. Сев. Двина; вятский ярус, верхний подъярус, нефедовский горизонт, саларевская свита, комарицкая пачка. Фиг. 1, 2. Мегаспоры плауновидных *Erlansonisporites* ? sp. Фиг. 3. *Reticuloidosporites* sp. cf. *R. warchianus* Balme, 1970. Фиг. 4, 5. *Kraeuselisporites* sp. Фиг. 6. *Weylandites tataricus* Gomanov, 1996. Длина масштабной линейки: 1 — 200 мкм, 2 — 30 мкм, 3–5 — 20 мкм

сен к виду *Palaeomutela curiosa* Amalitzky, морфотип с укороченными субтреугольными раковинами отнесен к *P. golubevi* Silantiev. На ядрах и отпечатках створок *P. golubevi* наблюдается характерная для этого вида ребристость. На некоторых ядрах субтреугольных очертаний наблюдается резкий перегиб по линии килевого возвышения, что делает их похожими на представителей рода *Opokiella* Plotnikov, 1949. Вид *P. golubevi* распространен в верхней части вятского яруса Волго-Уральского и Двинско-Мезенского бассейнов, в том числе встречен в Жуковом овраге в отложениях, подстилающих слои с тетраподами вязниковского комплекса, или тетраподную зону *Archosaurus rossicus* (обн. 1027А, сл. 1, Голубев и др., 2012), является видом-индексом зоны *Palaeomutela golubevi*, отвечающей уровню слоев с вязниковской биотой (Силантьев, 2014).

Среди остатков рыб определены зубы продвинутых *Isadia aristoviensis* A. Minich, *Isadia arefjevi* A. Minich (рис. 6), чешуи и членики лепидотрихий *Toyemia blumentalis* A. Minich, полуокатанные фрагменты чешуи *Strelnia* sp., покровные кости черепа *Mutovinia sennikovi* A. Minich. Состав ассоциации указывает на ее принадлежность ихтиокомплексу

*Gnathorhiza otschevi* — *Mutovinia sennikovi*. Данный комплекс характеризует терминальные пермские отложения (слои с вязниковской биотой), выделенные в ихтиозону *Gnathorhiza otschevi* — *Mutovinia sennikovi* (Миних и др., 2015).

Остатки тетрапод включают предчелюстную кость *Dicynodontidae* gen. indet., интерцентр *Chroniosuchidae* gen. indet., две остеодермы и малую берцовую кость *Scutosaurus* sp. Дицинодонтиды и хронизухиды — типичные элементы большинства ориктоценозов териодонтовой фауны (Голубев, 2000; Иващенко и др., 1997); их присутствие свидетельствует только о позднесеверодвинско-вятском возрасте местонахождения. Наличие остатков скутозавров указывает на довязниковский возраст местонахождения, так как в вязниковской фауне крупные водные парейзавры не выявлены — их отсутствие одна из главных отличительных черт вязниковского комплекса. Таким образом, фауна местонахождения Элеонора принадлежит соколковскому субкомплексу соколковского комплекса, а само местонахождение располагается скорее в подзоне *Chroniosuchus paradoxus*, а не в зоне *Archosaurus rossicus*.

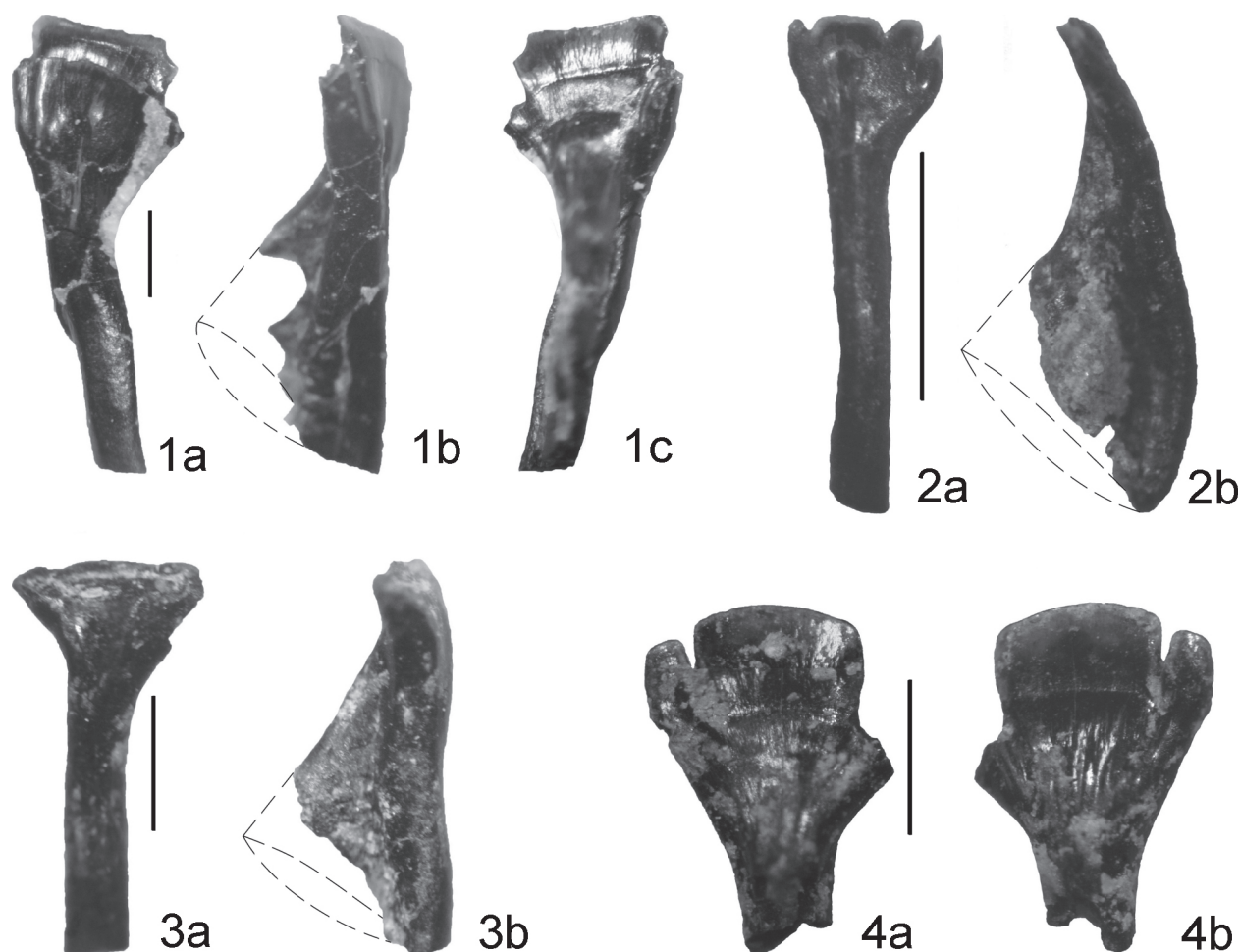


Рис. 6. Зубы рыб *Isadia arefjevi* A. Minich; правый берег р. Мал. Сев. Двина, местонахождение Элеонора; вятский ярус, верхний подъярус, нефедовский горизонт, саларевская свита, комарицкая пачка. Длина масштабной линейки 1 мм. Фиг. 1. Голотип СГУ, № 104-Б/3319-1: 1а — лабиально, 1б — сбоку, 1с — лингвально. Фиг. 2. Экз. СГУ, № 104-Б/3318-1: 2а — лабиально, 2б — сбоку. Фиг. 3. Экз. СГУ, № 104-Б/3303: 3а — лабиально, 3б — сбоку. Фиг. 4. Экз. СГУ, № 104-Б/3319-2, коронка зуба: 4а — лабиально, 4б — лингвально

Комплекс органических остатков (за исключением тетрапод) указывает на «вязниковский» возраст местонахождения Элеонора, что позволяет считать новое местонахождение ключевым для бассейна р. Мал. Сев. Двина.

Помимо перечисленных находок на данном уровне интересны органические микроостатки, обнаруженные в слое 46/13 (рис. 7). Они представлены удлиненными субцилиндрическими образованиями, инкрустированными зернами кальцита (Арефьев, Кухтинов, 2011). Зерна изометричные или слегка удлиненные, упакованы в ряды, ориентированные параллельно главным осям остатков, напоминая упаковку зерен в початке кукурузы. Наиболее крупные зерна достигают 200 мкм вдоль удлиненной оси. В поперечном сечении данные остатки округлые, иногда осложнены боковыми выростами, отходящими перпендикулярно главной оси, видимо, указывающими на ветвление. Внутри проходит тонкий канал, параллельный главной оси, не разделенный на камеры. Остатки встречаются в виде фрагментов до 2 мм в длину и до 700 мкм в диаметре. Их систематическое положение остается неясным. Возможно, что это части обызвествленных талломов харовых водорослей, но характерно, что впервые они появляются на уровне слоя 46/13 и широко распространены только в этом и во втором карбонатном многослое комарицкой пачки саларевской свиты.

Данные по стратиграфическому уровню Элеонора в целом подтверждаются новыми исследованиями Аристовского разреза, где в самых верхних слоях был обнаружен богатый комплекс остракод с принципиально новыми элементами, чем раньше указывала И.И. Молостовская. В образце 42F/26-2 (около 1 м над подошвой слоя) были определены *Suchonella typica* Spizh. (16 экз.), *Suchonellina ignatjevi* Zek. (9 экз.), *S. inornata* Spizh. (> 60 экз.), *S. trapezoides* (Sharap. in Schn.) (3 экз.), *S. futschiki* (Kash.) (19 экз.), *S. parallela* Spizh. (7 экз.), *Wjatkellina* ex gr. *vladimirina* (Bel.) (15 экз.), *W. fragiloides* Zek. (3 экз.), *Volganella magna* (Spizh.) (> 50 экз.), *Volganella* sp. В образце 42F/26-5 (около кровли слоя) обнаружены *Suchonella typica* Spizh. (3 экз.), *Suchonella* sp. (1 экз.), *Suchonellina futschiki* (Kash.) (5 экз.), *S. trapezoides* (Sharap. in Schn.) (5 экз.), *S. inornata* Spizh. (> 50 экз.), *S. parallela* Spizh. (3 экз.), *S. ignatjevi* Zek. (2 экз.), *S. perlonga* (Scharap.) (2 экз.), *Volganella magna* (Spizh.) (17 экз.), *Volganella* sp. (1 экз.). Обращает на себя внимание то, что значительную роль в комплексе играют многочисленные волганеллы, характерные в целом для терминальных пермских отложений (Кухтинов и др., 2012; Кухтинов, Воронкова, 2012). Эти данные указывают на близость комплекса из слоя 42F/26 к «вязниковскому» уровню, хотя для надежных выводов еще требуются дополнительные исследования.

В вышележащих отложениях руководящие виды позвоночных известны в линзе Балебиха-Рукавишниково, где из слоя 151/9 происходят остатки

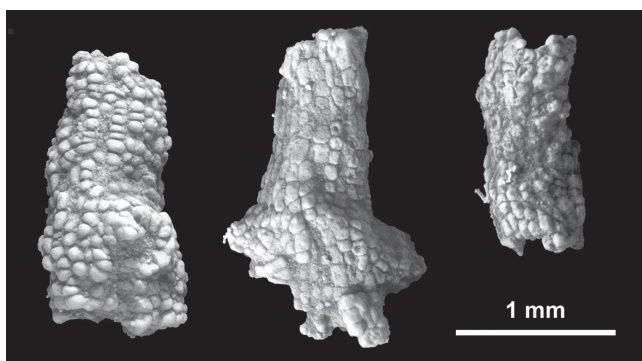


Рис. 7. Проблематичные ископаемые остатки организмов неясной систематической принадлежности, которые предположительно интерпретируются как «талломы харовых водорослей»; правый берег р. Мал. Сев. Двина напротив ур. Старое Бабаево, саларевская свита, комарицкая пачка, сероцветные карбонатные отложения, стратиграфически эквивалентные сл. 46/13

хрящевого ганоида *Saurichthys* sp. (Голубев, 1998; Олферьев, 1974) и позвонки *Tupilakosaurus* sp. На основании этих находок слой относится к вохминскому горизонту индского яруса.

Таким образом, отложения описанного разреза, подстилающие первый карбонатный многослой комарицкой пачки, относятся к тетраподной подзоне *Chroniosuchus paradoxus*, остракодовой зоне *Wjatkellina fragiloides* — *Suchonella typica* и рыбной зоне *Toyemia blumentalis* — *Isadia aristoviensis*, в совокупности характеризующим нижнюю часть верхнеявского подъяруса (нефедовский горизонт). Вышележащие породы начиная минимум с уровня местонахождения Элеонора до песчаной линзы Балебиха-Рукавишниково отвечают слоям с вязниковской биотой и могут являться стратиграфическими аналогами терминальных пермских отложений бассейна рек Клязьма и Ока. Линза Балебиха-Рукавишниково отвечает вохминскому горизонту. Но следует учитывать, что при отсутствии дополнительных палеомагнитных, минералогических и изотопно-геохимических данных отнесение ее к индскому ярусу условно. Если она отвечает нижним циклитам вохминского горизонта, то, согласно современным представлениям, может соответствовать наиболее молодым отложениям чансинского яруса (Арефьев и др., 2015; Лозовский, 2013).

#### Изотопно-геохимические данные

Для выяснения условий накопления изученных отложений был исследован изотопный состав углерода и кислорода различных генетических типов карбонатов. Для анализа отбирались как педогенные, так и осадочные карбонаты, представленные светло-серыми известняками и мергелями, которые на основании фауны беспозвоночных интерпретируются как отложения предельно мелководных пресных или солоноватоводных озер.

Почвенные карбонатные нодулы были отобраны из полных или частично эродированных почв кам-

бисолей. Почвенные профили диагностировались по макроморфологическим признакам, таким, как закономерная смена почвенных горизонтов в почвенном профиле, присутствие автохтонных корней, развитие пятен оглеения или самостоятельных глеевых горизонтов (Иноземцев, Таргульян, 2010). Отбор производился из каждого профиля, часто из нескольких горизонтов, с высокой степенью представительности отобранного материала из каждого слоя.

При подготовке проб для изотопного анализа предварительно просматривались шлифы, под бинокляром отбирались образцы с наиболее однородной глинисто-карбонатной массой без включений крупнокристаллического вторичного кальцита. Анализы проводились на комплексе аппаратуры корпорации Thermoelectron, включающем масс-спектрометр Delta V Advantage, установку Gas-Bench-II, термо-химический анализатор TC/EA, элементный анализатор Flash EA и хроматограф Trace GC Ultra. Результаты контролировались комплектом стандартов и сверочных проб, распространяемых МАГАТЭ, для привязки к международным эталонам. Точность определения составила  $\delta^{13}\text{C} \pm 0,1\%$ ,  $\delta^{18}\text{O} \pm 0,2\%$ .

В результате проведенных исследований в сводном разрезе Кузино-Аристово-Балебиха в педогенных карбонатах был выявлен негативный экскурс  $\delta^{13}\text{C}$  в слое 42A/9, расположенный на несколько метров ниже уровня местонахождения Элеонора (рис. 8). По-видимому, экскурс может быть связан с началом глобального экологического кризиса в конце пермского периода.

Значения  $\delta^{18}\text{O}$  в педогенных карбонатах в нижней части разреза находятся около 25‰ SMOW. На уровне вреза Аристовской линзы происходит значительное облегчение до 21,3‰. Выше наблюдается прогрессирующее утяжеление в Аристовском разрезе до 25,8 и до 26,6‰ в обнажении Верхнее Кузино, при этом максимальные значения по кислороду на данном уровне соответствуют первой карбонатной пачке комарицкой пачки.

В вышележащих терригенных отложениях происходит новое снижение величин  $\delta^{18}\text{O}$ , почти все значения здесь меньше 25‰. График кривой вариаций  $\delta^{18}\text{O}$  в интервале между двумя карбонатными пачками демонстрирует несколько негативных экскурсов второго порядка. Первый эпизод отмечен в образце 42F/3 (до 22,3‰), который примерно соответствует образцу 158/4 в обнажении Верхнее Кузино (23,1‰). Второй экскурс вы-

явлен в образце 158/15-4 (20,8‰, минимальное значение по кислороду в сводном разрезе). Следующий — в кровле Аристовского обнажения в слое 42F/26-3 (23‰), в обнажении Верхнее Кузино на данном уровне также наблюдается прогрессирующее облегчение изотопного состава кислорода до 22,4‰ (обр. 158/23-2). Четвертый экскурс до 22,5‰ установлен в слое 158/26-1.

Негативные экскурсы второго порядка примерно соответствуют уровням с песчаными слоями или линзами. Единственное снижение величин  $\delta^{18}\text{O}$  в слое 158/15-4 не коррелирует с песками, но соответствует слою 42F/19, обогащенному карбонатным гравием, который рассматривается как результат интенсивной эрозии почв.

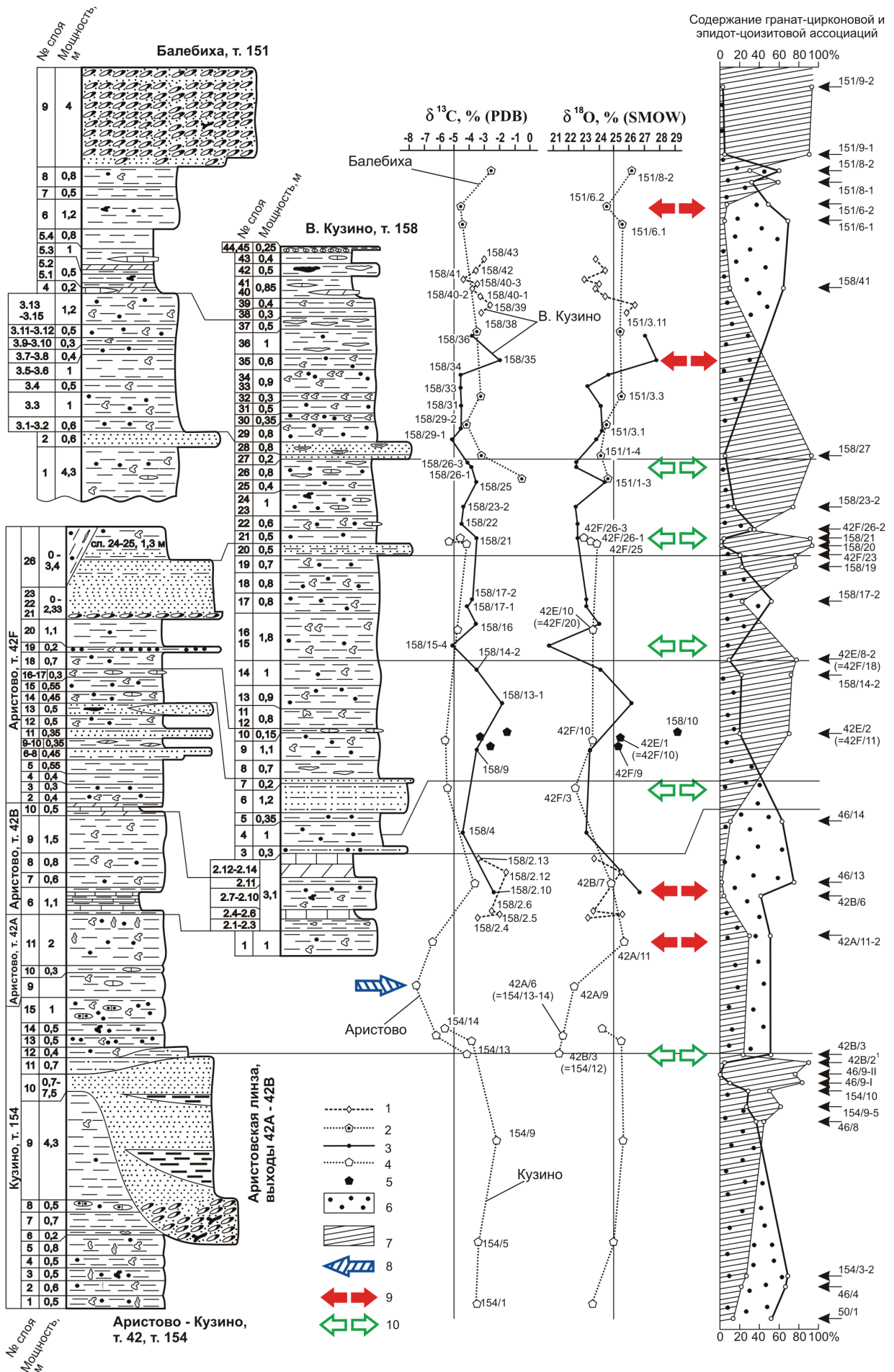
На уровне, приближающемся ко второй карбонатной пачке комарицкой пачки, наблюдается системное утяжеление изотопного состава кислорода до максимального значения 27,8‰. Можно отметить, что максимальные величины  $\delta^{18}\text{O}$  коррелируют со второй карбонатной пачкой, аналогично тому как наиболее высокие значения  $\delta^{18}\text{O}$  в педогенных карбонатах в нижней части разреза ассоциируют с уровнем первой карбонатной пачки. В вышележащих пестроцветных алевро-глинистых отложениях, слагающих наиболее верхнюю часть разреза, вновь происходит облегчение изотопного состава кислорода до 24,4‰.

В осадочных карбонатах из обеих карбонатных пачек изотопный состав кислорода оказался в целом легче, чем в педогенных карбонатах, полученных из почв, подстилающих или перекрывающих мергели и известняки. В нижней карбонатной пачке колебания  $\delta^{18}\text{O}$  происходят в пределах 23,2–25,6‰. Здесь наблюдается плохо выраженный тренд к уменьшению этих величин от 25,6 до 23,2% (исключая наиболее нижний образец 158/2.4). В верхней карбонатной пачке снизу вверх фиксируется прогрессирующее облегчение изотопного состава кислорода от 26,5 до 23,1‰.

Полученные изотопные данные демонстрируют отчетливую закономерность. В педогенных карбонатах на уровнях, отвечающих карбонатным пачкам, фиксируется значительное увеличение значений  $\delta^{18}\text{O}$ . На уровнях, обогащенных песками, происходит существенное облегчение изотопного состава кислорода.

Поскольку похолодание вызывает обеднение атмосферных вод и, соответственно, континентальных карбонатов  $^{18}\text{O}$  (Leng, Marshall, 2004), снижение значений  $\delta^{18}\text{O}$  в почвенных карбонатных

Рис. 8. Изменение изотопного состава углерода и кислорода педогенных и осадочных карбонатов и характеристик тяжелой фракции в отложениях вятского яруса на р. Мал. Сев. Двина. Сводный разрез Аристово–Балебиха с дополнительными данными Н.Н. Верзилина и др. (1993) по разрезу Савватий: 1 — осадочные карбонаты, Верхнее Кузино, т. 158; 2 — педогенные карбонаты, Балебиха, т. 151; 3 — педогенные карбонаты, Верхнее Кузино, т. 158; 4 — педогенные карбонаты, Кузино, т. 154 и Аристово, т. 46; 5 — карбонатные конкреции и линзы предположительно осадочного генезиса; 6 — содержание гранат-цирконовой ассоциации в прозрачной части тяжелой фракции; 7 — содержание эпидот-цоизитовой ассоциации в прозрачной части тяжелой фракции; 8 — минимальное значение  $\delta^{13}\text{C}$ ; 9 — увеличение значений  $\delta^{18}\text{O}$  в педогенных карбонатах и процентного содержания гранат-цирконовой ассоциации в тяжелой фракции; 10 — падение значений  $\delta^{18}\text{O}$  в педогенных карбонатах и увеличение содержания эпидот-цоизитовой ассоциации в тяжелой фракции. Другие условные обозначения см. рис. 3



новообразованиях может указывать на эпизоды похолодания. В итоге, основываясь только на имеющихся данных, можно предполагать, что похолодание сопровождалось гумидизацией климата, усилением дебита речной системы и, как следствие, накоплением песчаных прослоев. Увеличение значений  $\delta^{18}\text{O}$  на уровнях, соответствующих карбонатным отложениям, может свидетельствовать о потеплении, следовательно, карбонатные пачки могли накапливаться во время максимально теплых эпизодов. Температурные колебания выступают, таким образом, основной причиной ритмичности комарицкой пачки. Экстраполируя вывод на более широкий стратиграфический интервал, можно предполагать, что температурные колебания были основной причиной ритмичного осадконакопления всей саларевской свиты.

### Распределение акцессорных минералов

Для анализа влияния питающих провинций были исследованы акцессорные минералы тяжелой фракции, выделенные из терригенных и карбонатно-терригенных отложений: песков, алевро-глинистых пород и, в отдельных случаях, мергелей. Образцы при необходимости обрабатывались в 10%-ной уксусной кислоте, отмывались от глинистой фракции, крупный остаток разделялся в бромформе на легкую и тяжелую ( $> 2,9 \text{ г/см}^3$ ) фракции. По аналогии с материалами Н.Н. Верзилина и соавторов (1993), минералы диагностировались под бинокулярным микроскопом МБС-9 в классе 0,1–0,125 мм. При необходимости просматривалась более крупная фракция до 0,16 мм. Выборочный контроль диагностики зерен осуществлялся с использованием сканирующего электронного микроскопа TeScan MV 2300 с рентгенолюминесцентным электронно-зондовым микроанализатором Oxford Instruments INCA-200. При статистическом подсчете применялась методика ГУЦР (Строк, Трофимова, 1976). Сумма числа зерен прозрачных минералов принималась за 100%, и содержание минеральных ассоциаций вычислялось исходя из этого количества.

В прозрачной части тяжелой фракции были встречены эпидот, клиноцоизит и алланит (ортит), пиральспитовые гранаты, циркон, темные слюды и хлориты, минералы надгруппы турмалина, амфиболы, титанит, апатит, монацит, рутил, кианит, силлиманит, ставролит. Среди непрозрачных доминировали рудные (ильменит, магнетит, титаномагнетит и лейкоксен), встречались аутигенные сульфаты (барит) и сульфиды (пирит и марказит), которые в расчет также не принимались.

Данные по распределению акцессорных минералов тоже выявили системную закономерность (рис. 8). В нижней части разрезов Аристово-Балебиха и Савватий в прозрачной части тяжелой

фракции установлено доминирование гранат-цирконовой ассоциации. Суммарное содержание альмандина (до 10,7%) и циркона (до 59,2%) значительно превышает содержание эпидота-цоизита (до 24,3% в образце 154/3-2).

На уровне вреза большой песчаной линзы Савватий и Аристовской линзы резко увеличивается содержание эпидота-цоизита, что полностью согласуется с прежними данными (до 88% по Верзилу и др., 1993).

Выше увеличивается содержание альмандина (до 19,5%, образец 42В/3), циркона (до 78,8%, образец 46/13), заметно усиливается роль кианита (до 38,5%, образец 42В/6) и резко падает содержание эпидота-цоизита ( $< 1\%$ , слой 46/14, Элеонора). Максимальное содержание гранат-цирконовой (вместе с кианитом) и минимальное эпидот-цоизитовой ассоциаций наблюдается на уровне первой карбонатной пачки.

В интервале между двумя карбонатными пачками в большинстве образцов доминирует эпидот-цоизитовая ассоциация (максимально почти до 100%, образец 158/20). Только в одном образце (42F/26-2) отмечено примерно равное содержание эпидота-цоизита и граната-циркона. И в единственном слое (158/17-2) встречено высокое содержание граната (11,1%), циркона (44,4%) и кианита (11,1%) при пониженной концентрации эпидота-цоизита (22,2%). Эти уровни позволяют говорить о незначительных флуктуациях в распределении гранат-цирконовой и эпидот-цоизитовой ассоциаций в данном интервале.

При приближении ко второй карбонатной пачке и на ее уровне фиксируется повторное закономерное увеличение содержания граната (до 7,7%, образец 151/6-2), циркона (до 62,8%, образец 151/6-1) и кианита (до 15,3%, там же). Выше второй карбонатной пачки содержание этих минералов снижается при одновременном увеличении роли эпидота-цоизита. Наконец, в линзе Балебиха-Рукавишниково содержание эпидота-цоизита превышает 90%.

Таким образом, в разрезе фиксируется ритмичное чередование преобладающих гранат-цирконовой и эпидот-цоизитовой ассоциаций. В песчаных прослоях и линзах наблюдается резкое преобладание эпидота-цоизита. На уровнях, ассоциирующихся с карбонатными пачками, доминирует гранат-цирконо-кианитовая ассоциация. Выявленное распределение тяжелых минералов должно отражать непрямую конкуренцию двух питающих провинций за область разгрузки своих речных систем в конце пермского периода. Ассоциация граната и циркона в масштабе пестроцветной пермо-триасовой формации Московской синеклизы тяготеет к более нижним стратиграфическим уровням и к более западным районам (Строк, Трофимова, 1976). Ассоциация эпидота-цоизита отчетливо доминирует в более молодых триасовых отложениях, а ее доля

в прозрачной части тяжелой фракции усиливается в восточном направлении. На основании этих наблюдений при проведении среднемасштабной геологической съемки был сделан вывод, что преобладание гранат-цирконовой ассоциации указывает на Фенноскандинавскую питающую провинцию (Строк, Трофимова, 1976), в пределах которой широко распространены гранитоиды, сланцы и гнейсы, отвечающие породам от средних до кислых, а также метабазиты и метапелиты высокой степени метаморфизма — гранулиты. Отмеченные породы бедны эпидотом и относительно обогащены альмандином, кианитом, силлиманитом, а также цирконом по отношению к базитам и метабазитам. Данные минералы регулярно встречаются в высоких концентрациях в осадочных породах юго-восточного обрамления Балтийского щита (Калмыкова, 1986). Средние концентрации гранат-цирконовой ассоциации для гранулитов Кольского полуострова достигают 104707 г/т, в то время как эпидот в таких породах не содержится (Ляхович, 1979).

Содержания эпидота в типичных габбро по отношению к таковым в гранитах составляют (в г/т) 259 к 148, а для сумм граната и циркона в сравниваемых породах — 39 к 181 (в г/т) (Ляхович, 1979). В составе Уральского орогена зеленокаменный пояс, представленный породами от метаультрабазитов до метабазитов с участием палеотипных базальтоидов и интрузивных габброидов, слагает в эрозионном срезе докембрийских пород центральный домен, составляющий от 20 до 30% всей площади орогена. В начальной же стадии герцинского орогенеза Урала доля подобных пород, включая базальтоиды и метабазиты преимущественно низкой степени метаморфизма, впоследствии существенно эродированных, должна была быть значительно выше (Пучков, 2010). Даже учитывая широтные колебания относительного вклада основных пород в петрофонд Уральской питающей провинции, можно предположить, что интрузивные гранитоиды в пределах Урала на рубеже перми и триаса еще не были существенно экспонированы и не давали значительного вклада в терригенный материал, сносимый на запад. Таким образом, доля интрузивных гранитоидов в позднепермском — раннетриасовом эродируемом петрофонде Уральской питающей провинции вряд ли превышала среднюю долю интрузивных гранитоидов, экспонированных в пределах восточной части Балтийского щита, где они занимают от 20 до 50% дочетвертичного эрозионного среза (Геология Карелии, 1987; Ранний докембрий..., 2005). Преобладание эпидот-цоизитовой ассоциации, особенно в сочетании с амфиболами, над гранат-цирконовой с большой долей вероятности свидетельствует о доминирующем влиянии Уральской питающей провинции (Гроссгейм и др., 1984; Строк, Трофимова, 1976).

Выводы предыдущих исследователей в целом подтверждаются свежей статистикой и согласуются с новыми данными, хотя циркон достаточно широко распространен и на Урале. Содержание циркона в проанализированных образцах в целом возрастает вместе с повышением содержания альмандина и обратно пропорционально содержанию эпидот-цоизита. Поэтому повышенное содержание циркона в изученных образцах при одновременном увеличении роли граната скорее указывает на Фенноскандинавский источник сноса. Также при высоких концентрациях альмандина и циркона часто возрастает содержание кианита, который отчетливо указывает на Фенноскандинавскую питающую провинцию (Гроссгейм и др., 1984). Высокобарический метаморфизм кианитовой субфации глубинности является характерной чертой значительной части пород Беломорско-Балтийского подвижного пояса и Кейвской структуры Кольского полуострова (Ранний докембрий..., 2005).

Таким образом, ритмичное чередование в разрезе гранат-цирконовой и эпидот-цоизитовой преобладающих ассоциаций было вызвано ритмичным попеременным усилением влияния Фенноскандинавской и Уральской питающих провинций. Повышенный сток со стороны Фенноскандии (или падение стока со стороны Урала) был характерен для времени накопления карбонатных пачек и алевропелитовых отложений, ассоциирующих с карбонатными прослоями. Усиление речного стока с Урала приводило к возобновлению терригенного осадконакопления и к накоплению песчаных отложений.

### Заключение

Полученные данные свидетельствуют о присутствии на р. Мал. Сев. Двина терминальных слоев вятского яруса пермской системы. Уникальный комплекс нового местонахождения Элеонора позволяет рассматривать его на уровне как минимум подошвы слоев с вязниковской биотой, переходных от перми к триасу.

Сопоставление графика изменения изотопного состава кислорода в педогенных карбонатах и графика, отражающего характер тяжелой фракции, иллюстрирует системную корреляцию между этими параметрами (рис. 8). Увеличение значений  $\delta^{18}\text{O}$  в педогенных карбонатах коррелирует с увеличением роли Фенноскандинавской питающей провинции, а облегчение по кислороду — с активизацией рек, питавшихся на Урале.

Поскольку облегчение по кислороду в педогенных карбонатах интерпретируется как следствие похолодания, можно предположить, что понижение температуры в нефедовское и «вязниковское» время (в средней части разреза Аристово отмечено



минимальное значение  $\delta^{18}\text{O}$ , что может указывать на наиболее низкие температуры) могло сопровождаться гумидизацией. По всей видимости, истоки уральских рек Московской синеклизы должны были в это время находиться в районе относительно высокогорного Северного Урала, где в силу общей высотной зональности должны были существовать более гумидные обстановки, чем на территории Фенноскандии. Отсюда представляется, что при глобальном (региональном?) похолодании гумидизация должна была вызывать значительную активизацию рек Уральской питающей провинции, приводила к активной эрозии, повышенному накоплению полимиктовых песков уральского происхождения, что и было выявлено в результате проведенных исследований. Собранные сведения позволяют говорить, что активизация уральских рек стала характерной чертой «вязниковского» времени для северо-востока Московской синеклизы.

Потепление, отражавшееся на утяжелении изотопного состава кислорода в педогенных карбонатах, должно было вызывать значительное снижение дебита рек Уральской провинции. Видимо, их активность при этом падала настолько сильно, что терригенный снос со стороны Урала становился минимальным, замещался терригенным сносом со стороны Фенноскандии, а во время температурных максимумов периодически возобновлялось медленное карбонатное осадконакопление.

Авторы признательны О.В. Васину и В.А. Коровкину (Санкт-Петербургская Комплексная геологическая экспедиция) за предоставленные дополнительные материалы.

Данная работа выполнена в рамках темы госзадания № 0135-2014-0028 Геологического института РАН (Ю.О. Гаврилов) и частично поддержана грантами РФФИ №№ 13-05-00592, 16-05-00706, 14-04-00185, 14-04-00115, 16-04-01062.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Арефьев М.П., Голубев В.К., Кухтинов Д.А.* и др. Новое местонахождение остатков позднепермских животных и растений на Малой Северной Двине: вязниковский уровень? // Палеострат-2014. Годичное собрание (научная конференция) секции палеонтологии МОИП и Моск. отд. Палеонтологического об-ва при РАН. Москва, 27–29 января 2014 г. Тез. докл. М.: ПИН РАН, 2014. С. 8–9.
- Арефьев М.П., Кулешов В.Н., Покровский Б.Г.* Изотопный состав углерода и кислорода в континентальных карбонатах поздней перми и раннего триаса Русской плиты: глобальный экологический кризис на фоне меняющегося климата // Докл. АН. 2015. Т. 460, № 2. С. 193–197.
- Арефьев М.П., Кухтинов Д.А.* Новые данные о стратиграфии вятского яруса в северо-восточной части Московской синеклизы (бассейны рек Сухоны, Юга, Лузы и М. Сев. Двины) // Пермская система: стратиграфия, палеонтология, палеогеография, геодинамика и минеральные ресурсы. Сб. мат-лов Междунар. науч. конф., посвященной 170-летию со дня открытия пермской системы. Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 2011. С. 31–37.
- Арефьев М.П., Наугольных С.В.* Изолированные корни из татарского яруса бассейна рек Сухоны и Малой Северной Двины // Палеонтол. журн. 1998. № 1. С. 86–99.
- Арефьев М.П., Шкурский Б.Б.* Высокотитанистые железные сферулы из пограничных пермо-триасовых отложений Московской синеклизы // Ленинградская школа литологии. Мат-лы Всерос. литологического совещания, посвященного 100-летию со дня рождения Л.Б. Рухина. Т. II. СПб.: СПбГУ, 2012. С. 3–5.
- Верзилин Н.Н., Калмыкова Н.А., Сулов Г.А.* Крупные песчаные линзы в верхнепермских отложениях севера Московской синеклизы // Тр. СПб. об-ва естествоиспытателей. 1993. Т. 83, вып. 2. 112 с.
- Геология Карелии / Отв. ред. В.А. Соколов. Л.: Наука, 1987. 231 с.
- Голубев В.К.* Опорные разрезы пограничных континентальных отложений перми и триаса Восточной Европы. Бассейны рек Сухона, Малая Северная Двина и Северная Двина // Граница перми и триаса в континентальных сериях Восточной Европы / Отв. ред. В.Р. Лозовский, Н.К. Есаулова. М.: ГЕОС, 1998. С. 19–28.
- Голубев В.К.* Пермские и триасовые хронизузии и биостратиграфия верхнетатарских отложений Восточной Европы по тетраподам // Тр. Палеонтол. ин-та РАН. Т. 276. М.: Наука, 2000. 174 с.
- Голубев В.К., Миних А.В., Балабанов Ю.П.* и др. Опорный разрез перми и триаса в Жуковом овраге у г. Гороховец, Владимирская область // Бюл. Региональной межведомственной стратиграфической комиссии по центру и югу Русской платформы. Вып. 5. М., 2012. С. 49–82.
- Гоманьков А.В., Мейен С.В.* Татаринская флора // Тр. Геол. ин-та АН СССР. Вып. 401. М.: Наука, 1986. 174 с.
- Гоманьков А.В., Ярошенко О.П.* Смена континентальной биоты на рубеже палеозоя и мезозоя в Восточной Европе. Споры и пыльца // Граница перми и триаса в континентальных сериях Восточной Европы / Отв. ред. В.Р. Лозовский, Н.К. Есаулова. М.: ГЕОС, 1998. С. 113–126.
- Гроссгейм В.А., Бескровная О.В., Герашенко И.Л.* и др. Методы палеогеографических реконструкций (при поисках залежей нефти и газа). Л.: Недра, 1984. 271 с.
- Ефремов И.А., Вьюшков Б.П.* Каталог местонахождений пермских и триасовых наземных позвоночных на территории СССР // Тр. Палеонтол. ин-та АН СССР. 1955. Т. 46. 185 с.
- Ивахненко М.Ф., Голубев В.К., Губин Ю.М.* и др. Пермские и триасовые тетраподы Восточной Европы // Тр. Палеонтол. ин-та РАН. Т. 268. М.: ГЕОС, 1997. 216 с.
- Иноземцев С.А., Таргульян В.О.* Верхнепермские палеопочвы: свойства, процессы, условия формирования. М.: ГЕОС, 2010. 188 с.
- Калмыкова Н.А.* Характеристика минералов тяжелой фракции терригенных толщ палеозойского возраста юго-восточного обрамления Балтийского щита // Вестн. ЛГУ. 1986. Сер. 7. Вып. 3. С. 3–10.
- Комиссия по пермской системе. Решение о модернизации верхнего отдела системы. Заседание 14–15 июля 2004 г. (Казань, КГУ) // Постановления Межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий. Вып. 36. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2006. С. 22–30.
- Кухтинов Д.А., Воронкова Е.А.* Остракодовая характеристика вязниковского горизонта верхней перми Русской платформы // Бюл. Региональной межведомственной

стратиграфической комиссии по центру и югу Русской платформы. Вып. 5. М., 2012. С. 83–88.

*Кухтинов Д.А., Воронкова Е.А., Арефьев М.П.* и др. Об остракодах пограничных отложений верхней перми и нижнего триаса в стратотипическом разрезе Жукова оврага // Палеонтология и стратиграфические границы. Мат-лы 58 сессии Палеонтологического об-ва (Санкт-Петербург, 2–6 апреля 2012 г.). СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2012. С. 89–90.

*Лозовский В.Р.* Пермо-триасовый кризис и его возможная причина // Бюл. МОИП. Отд. геол. 2013. Т. 88, вып. 1. С. 49–58.

*Ляхович В.В.* Акцессорные минералы горных пород. М.: Недра, 1979. 296 с.

*Миних А.В., Арефьев М.П., Голубев В.К.* Новый вид рыбы рода *Isadia* (Actinopterygii, Euryotoidiformes) из нового местонахождения на р. Малая Северная Двина (терминальная пермь, Вологодская область) // Палеонтол. журн. 2015. № 6. С. 54–63.

*Олферьев А.Г.* О корреляции стратотипических разрезов верхнетатарского подъяруса // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1974. № 10. С. 123–132.

Опорный разрез татарского яруса реки Сухоны. Саратов: Изд-во Саратовского ун-та, 1981. 116 с.

*Пахтусова Н.А.* К стратиграфии верхнепермских отложений севера Русской платформы // Мат-лы по геологии и полезным ископаемым Северо-Запада РСФСР. 1966. Вып. 5. С. 30–86.

Постановления Межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий. Вып. 39. Результаты деятельности региональных межведомственных стратиграфических комиссий. 2000–2009 гг. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2010. 84 с.

*Пучков В.Н.* Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. 280 с.

Ранний докембрий Балтийского щита / Ред. В.А. Глебовицкий. СПб.: Наука, 2005. 711 с.

*Саммет Э.А., Полуэктов Т.А.* и др. Отчет о комплексной геолого-гидрологической съемке бассейна р. Малой Северной Двины масштаба 1:200 000 за 1968–1971 г. Северо-Западное территориальное геологическое управление. 1972.

*Силантьев В.В.* Зональная шкала пермских отложений Восточно-Европейской платформы по неморским двустворчатым моллюскам // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2014. Т. 22, № 1. С. 3–30.

*Строк Н.И., Трофимова И.С.* Влияние Уральской и Балтийской питающих провинций на формирование верхнепермских и нижнетриасовых отложений Московской синеклизы // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1976. Т. 51, вып. 1. С. 100–110.

*Твердохлебов В.П.* Генетические типы континентальных отложений аридных и семиаридных зон. Классификация. Атлас текстур. Саратов: Наука, 2011. 110 с.

Татарские отложения реки Сухоны / Ред. Э.А. Молоствовский, А.В. Миних. Саратов: Научная книга, 2001. 204 с.

*Arefiev M.P., Golubev V.K., Balabanov Yu.P.* et al. Type and reference sections of the Permian–Triassic continental sequences of the East European Platform: main isotope, magnetic, and biotic events. XVIII International Congress on the Carboniferous and Permian. Sukhona and Severnaya Dvina Rivers field trip. М.: Borissiak Paleontological Institute RAS, 2015. 104 p.

*Leng M.J., Marshall J.D.* Palaeoclimate interpretation of stable isotope data from lake sediment archives // Quaternary Sci. Rev. 2004. Vol. 23. P. 811–831.

*Sennikov A.G., Golubev V.K.* Vyazniki biotic assemblage of the terminal Permian // Paleontol. J. 2006. Vol. 40, Suppl. 4. P. S475–S481.

**Сведения об авторах:** *Арефьев Михаил Павлович* — науч. сотр. лаб. седиментологии и геохимии осадочных бассейнов ГИН РАН; *e-mail:* mihail-3000@inbox.ru; *Голубев Валерий Константинович* — канд. геол.-минерал. наук, ст. науч. сотр. лаб. палеогерпетологии ПИН РАН; *Кулешов Владимир Николаевич* — докт. геол.-минерал. наук, гл. науч. сотр. лаб. геохимии изотопов и геохронологии ГИН РАН; *Кухтинов Дмитрий Акимович* — докт. геол.-минерал. наук, гл. науч. сотр. отдела стратиграфии и литологии НВ НИИГГ; *Миних Алла Васильевна* — канд. геол.-минерал. наук, вед. науч. сотр. СГУ; *Покровский Борис Глебович* — докт. геол.-минерал. наук, зав. лаб. геохимии изотопов и геохронологии ГИН РАН; *Силантьев Владимир Владимирович* — канд. геол.-минерал. наук, зав. каф. палеонтологии и стратиграфии КФУ; *Уразаева Миляуша Назимовна* — зам. дир. Геологического музея им. А.А. Штуkenберга КФУ; *Шкурский Борис Борисович* — канд. геол.-минерал. наук, ст. преподаватель каф. петрологии геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова; *Ярошенко Ольга Павловна* — канд. геол.-минерал. наук, ст. науч. сотр. лаб. палеофлористики ГИН РАН; *Григорьева Антонина Владимировна* — канд. геол.-минерал. наук, ст. науч. сотр. лаб. геологии рудных месторождений ИГЕМ РАН; *Наумчева Мария Алексеевна* — мл. науч. сотр. лаб. палеогерпетологии ПИН РАН.