

УДК 562/569:551.735.15(470.311)

СЕРПУХОВСКИЙ ЯРУС КАРБОНА В ТИПОВОЙ МЕСТНОСТИ: СЕДИМЕНТОЛОГИЯ, МИНЕРАЛОГИЯ, ГЕОХИМИЯ, СОПОСТАВЛЕНИЕ РАЗРЕЗОВ

© 2012 г. П. Б. Кабанов*, Т. В. Алексеева**, А. О. Алексеев**

*HCL Geological Consultants Ltd., г. Калгари, Канада

e-mail: kabanovp@gmail.com

**Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, г. Пущино

Поступила в редакцию 13.07.2010 г., получена после доработки 20.05.2011 г.

Приведены послонные характеристики разрезов Новогуровский, Дашковка, Заборье в типовой местности серпуховского яруса международной стратиграфической шкалы. Детально сопоставлены разрезы Новогуровский и Заборье. В нижней части тарусского горизонта установлено слабо развитое форинское несогласие, выше которого вплоть до кровли стешевского горизонта наличие субаэральных горизонтов не подтверждается. Показан бассейновый характер стешевской пачки “лобатовых” монтмориллонитовых глин. Минералого-геохимическое изучение разрезов Новогуровский (нижнесерпуховская часть) и Дашковка выявило кислородный минимум и, вероятно, наибольшее для раннесерпуховского времени углубление бассейна в нижней части “лобатовых” глин. Дана палеогеографическая интерпретация “стешевского бассейна”, развивавшегося как мелкая депрессия в карбонатной платформе перед фронтом дельты; охарактеризовано развитие данной системы осадконакопления от относительно глубоководных монтмориллонитовых “лобатовых” глин к мелководным “дошатым” палыгорскитовым.

Ключевые слова: карбон, серпуховский ярус, стратотипические разрезы, ихнофаии, цикличность, минералогия, геохимические индикаторы дефицита кислорода, “стешевский бассейн”.

ВВЕДЕНИЕ

Серпуховский ярус карбона – один из пяти “русских” ярусов каменноугольной системы международной стратиграфической шкалы (МСШ), имеющих (кроме башкирского яруса) стратотипы в центральных районах Восточно-Европейской платформы (Menning et al., 2006). Литолого-фациальная изученность этого яруса в типовой местности совершенно недостаточная. До сих пор отсутствует обобщенная корреляция опорных разрезов внутри верхнетарусско-стешевского интервала, граница между тарусским и стешевским горизонтами проводится предположительно (Осипова, Бельская, 1965а; Бельская и др., 1975; Махлина и др., 1993; Arendt, 2002; Gibshman et al., 2009). Такое положение вызвано отсутствием надежного сиквенс-стратиграфического каркаса для местного сопоставления разрезов, хотя и надо признать, что задача осложняется фациальной изменчивостью серпуховского яруса. Палеогеографические модели бассейна серпуховского времени также отличаются несогласованностью и слабой фактической основой (Осипова, Бельская, 1965б; Фомина, 1969; Кабанов, 2003). Важность изучения цикличности серпуховского яруса определяется также тем, что именно

честерское/серпуховское время является переходом к высокоамплитудным гляциоэвстатическим колебаниям уровня моря (Bishop et al., 2009).

Название “серпуховский ярус” было введено С.Н. Никитиным (1890), который в качестве “наиболее типичных и фаунистически охарактеризованных” разрезов серпуховского яруса указал разрезы окрестностей г. Серпухова – Заборье, Подмоклое, Лужки и р. Скнижка. Лектостратотип серпуховского яруса в карьере Заборье (Гибшман, 2003; Кабанов, 2003) постепенно утрачивает свое значение из-за ухудшения обнаженности. В качестве опорного разреза серпуховского яруса принят разрез Новогуровский (ранее известный как Гуровский разрез; Бельская и др., 1975), который, помимо серпуховского яруса, вскрывает окский надгоризонт визейского яруса (рис. 1а; табл. I, фиг. 1; Махлина, Жулитова, 1984; Gibshman et al., 2009). Общая последовательность отложений серпуховского яруса в типовой местности и примыкающих районах (города Алексин, Таруса, Калуга) описывалась разными исследователями следующим образом (Швецов, 1932, 1938; Бирин и др., 1971; Махлина и др., 1993). В основании серпуховского яруса залегает известняковая, сверху глинисто-известняковая толща мощностью до 12 м, относимая к тарусскому горизонту и

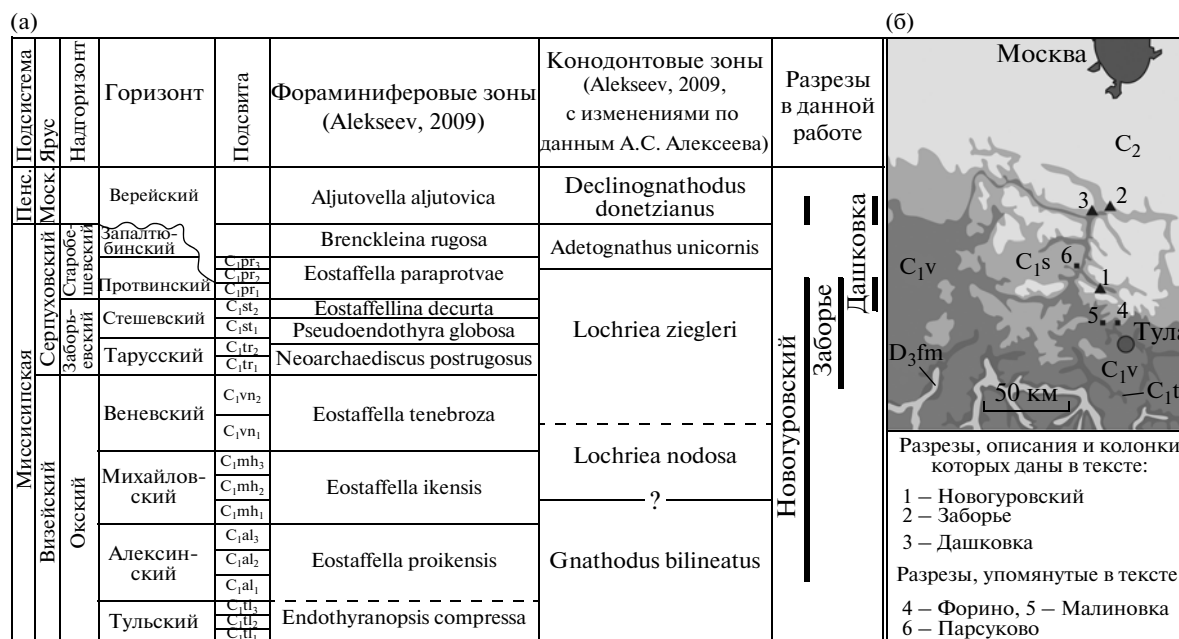


Рис. 1. Стратиграфическое расчленение и положение рассматриваемых разрезов.

(а) – стратиграфическая схема окско-серпуховских отложений южного крыла Московской синеклизы (Махлина и др., 1993; Alekseev et al., 2004; Alekseev, 2009). Волнистые линии показывают главные несогласия, ограничивающие окско-серпуховский “мегасиквенс”. Подсвиты приведены по (Махлина и др., 1993), но, по мнению П.Б. Кабанова, нуждаются в ревизии и далее в тексте не рассматриваются. Пенс. – пенсильванская подсистема, Моск. – московский ярус карбона. (б) – местоположение разрезов на Геологической карте России (2004) со снятыми мезокайнозойскими отложениями.

нижней части стешевского горизонта. Выше залегает пачка “лобатовых” глин – черных пластичных глин с линзами известняков и обильными макрофоссилиями, среди которых особенно многочисленны брахиоподы *Eomarginifera lobata* (Sow.), давшие название пачке. Вверх по разрезу количество скелетного материала сокращается, “лобатовые” глины постепенно переходят в глины “дощатые” или “картонные” (распадающиеся на тонкие, довольно прочные листы), содержащие прослой доломитовых мергелей. “Дощатые” глины содержат палыгорскит (Зхус, 1956). Единая толща “лобатовых” и “дощатых” глин имеет мощность от 14–15 м в районе Алексина до 7–10 м в районе Серпухова, далее на север и восток постепенно сокращаясь в мощности за счет замещения известняками. В районе Рязани верхнестешевские глины имеют мощность всего 2–3 м (Бирина и др., 1971). Западнее и северо-западнее Калуги в верхнестешевской толще также возрастает роль известняков. Кровля стешевского горизонта проводилась по пачке мелководных окремнелых известняков с онкоидами и строматолитоподобными текстурами мощностью до первых метров. При этом граница выбиралась то внутри или в кровле этой пачки (Швецов, 1938, 1948), то в ее подошве (Бирина и др., 1971). В подтверждение мнения М.С. Швецова в кровле окремнелых известняков с онкоидами было установлено суб-

аэральное несогласие, получившее название дашковского (Кабанов, 2004). Протвинский горизонт представлен фациально однородными нормально-морскими биокластовыми известняками мощностью от первых метров до первых десятков метров (в среднем 20–23 м; Махлина и др., 1993), причем колебания мощности связаны с сильным карстованием и развитием коры выветривания в башкирское время (Швецов, 1938; Кабанов, 2004).

В данной работе приоритет отдается комплексной и подробной характеристике разрезов как основе для дальнейшей корреляции, седиментологической и палеогеографической интерпретации типовых отложений серпуховского яруса МСШ. При этом для краткости опускаются биостратиграфические аспекты, которым всегда уделялось повышенное внимание (Никитин, 1890; Семихатова, 1936; Раузер-Черноусова, 1948; Барсков, Алексеев, 1979) и которые освещены в ряде недавних публикаций (Махлина и др., 1993; Skompski et al., 1995; Гибшман, 2003; Gibshman et al., 2009).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В данной работе приводятся послонные описания и результаты минералого-геохимического изучения трех разрезов (рис. 1а, 2): Новогуров-

Таблица I

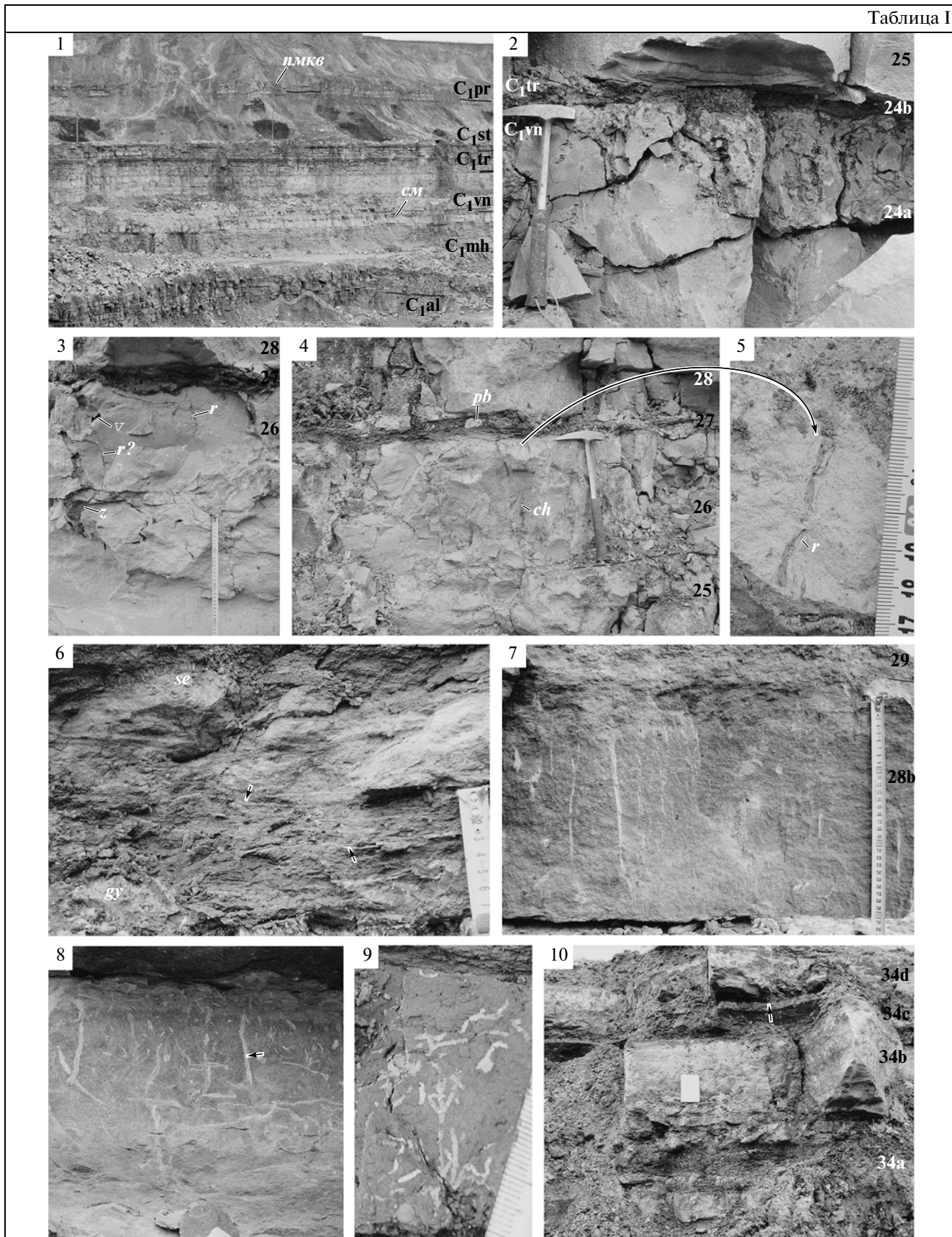


Таблица 1. Разрез Новогуровский. Полевые наблюдения.

Нумерации слоев справа на фиг. 2–4, 7, 10 соответствуют таковым в тексте и на рис. 2; мерная лента на фиг. 3, 5, 7, 9 в см и мм.

1 – общий вид, стратиграфическое расчленение в соответствии с рис. 2, *см* – маркирующий слой сапонитового мергеля в кровле михайловского горизонта; *пмкв* – предмосковская (позднесерпуховско-башкирская) кора выветривания; 2 – муратовское несогласие с выраженным микрокарстом в кровле веневского горизонта; 3–5 – форинское несогласие, отмеченное слабо развитым карстом, *r* – трубчатые структуры, предположительно аппендиксы стигмарий, некоторые трубки могут представлять собой либо *Scolithos*, либо аппендиксы стигмарий (*r* ?), *z* – отпрепарированный растворением спреит *Zoophycos*, *v* – полая каверна растворения, *ch* – канал растворения, развитый по аппендиксу стигмарий или норе *Scolithos*, *pb* – галька мелоподобного известняка; 6–9 – ихнотекстуры: 6 – зоофикусовая текстура: уплощенные спреиты (жирные стрелки) в мергелистом слое 29 создают псевдослоистость, гипс присутствует в виде желваков (*gy*) и щеток селенита (*se*), 7 – норы *Scolithos* в слое 28b, 8 – разнообразный ихноценоз с участием *Scolithos* (белая стрелка) и *Zoophycos* (черная стрелка) на вертикальном склоне слоя 30, 9 – *Chondrites* на плоскости напластования, “лобатовые” глины, слой 34; 10 – слои 34a–34d, переслаивание известняков и пластичных “лобатовых” глин, стрелка указывает на маркирующий охристый горизонт в кровле слоя 34с.

ский (54°29' с.ш., 37°19' в.д.), Дашковка (54°54' с.ш., 37°19' в.д.) и Заборье (54°53' с.ш., 37°27' в.д.). Координаты даны в системе WGS84. Описания разрезов Новогуровский и Дашковка приводятся полностью. Послойное описание разреза Новогуровский, выполненное П.Б. Кабановым в 2000–2001 гг., приведено в работе (Gibshman et al., 2009). Значительные уточнения получены при посещении карьера в декабре 2009 г. В частности, в нижней части пачки “лобатовых” глин описано переслаивание глин и известняков (слои 34a–34d), десять лет назад не обнажавшееся. Микрофациальные характеристики и определения микрофоссилий в разрезе Новогуровский даны с сокращениями и уточнениями по (Gibshman et al., 2009). Стратиграфическое расчленение на рис. 2 дается так, как оно принято в предыдущих публикациях (Кабанов, 2003; Gibshman et al., 2009). Разрез Дашковка (Калиново-Дашковское месторождение керамзитовых глин) был описан и опробован авторами в 2006 г., результаты публикуются впервые. По Заборью приведена только характеристика его верхнетарусско-нижнестешевской части, уточненная во время полевого выезда 2009 г. Полное описание разреза опубликовано в работе (Кабанов, 2003).

Образцы из разреза Новогуровский (рис. 3б) отбирались усредненно из интервалов разреза мощностью 10–20 см, прежде всего на конодонты. Попутно были изучены минералогический и химический состав данных образцов. Исключения составляют более “точечные” образцы 26, 27-1, 27-2, отбирившиеся для изучения форинского субэарального несогласия.

Минералогический состав валовых образцов и частично илистой фракции (<2 мкм) был изучен методом рентгеновской дифрактометрии на установке ДРОН-3 (CuK_α-излучение, Ni-фильтр) в режиме сканирования через 0.1° 2θ с экспозицией 10 с. Валовые разориентированные образцы готовили осаждением из спиртовой суспензии с использованием стандартной навески (20 мг) и стандартного размера подложки – стекла, разме-

ром 25 × 25 мм. Ориентированные препараты илистой фракции готовили методом осаждения водной суспензии на стекло (навеска 20 мг, размер стекла 25 × 25 мм). Изучены образцы, насыщенные Mg, этиленгликолем и прокаленные до 350 и 550°C. Некоторые образцы были дополнительно изучены после насыщения K и Li с использованием 1 н растворов соответствующих хлоридов. Для получения информации о положении рефлексов (060) разориентированные препараты илистой фракции готовили осаждением из спиртовой суспензии.

Химический состав валовых образцов (табл. 1 и 2) определяли на рентгеновском аппарате СПЕКТРОСКАН МАКС-GV по методике измерений массовой доли металлов и оксидов металлов в порошковых пробах методом рентгенофлуоресцентного анализа. Среднюю пробу измельчали до пудры и помещали в специальную кювету. Стандартная навеска была не менее 2 г. Для измерения навесок массой менее 2 г применяли специальные калибровки и технологию изготовления образцов с применением борной кислоты. Количественные калибровки производили с помощью комплекта государственных стандартных образцов состава почв и пород, а также стандартных образцов пород и почв, полученных от Института геологии Университета Мехико (Мексика).

ОПИСАНИЕ РАЗРЕЗОВ

Разрез Новогуровский

Алексинский горизонт

Слой 1 (видимая мощность 3.8 м). Известняк светло-серый до белого, неясно-толсто плитчатый (мощность плит 0.2–0.5 м), массивный, преимущественно мелкозернистый, монотонный; плитчатость обусловлена плохо дифференцированным переслаиванием более крепких и темных монолитных слоев с более пористыми, почти белыми, умеренно уплотненными (содержащими невыдержанные парастилолиты) “межслоями”; в

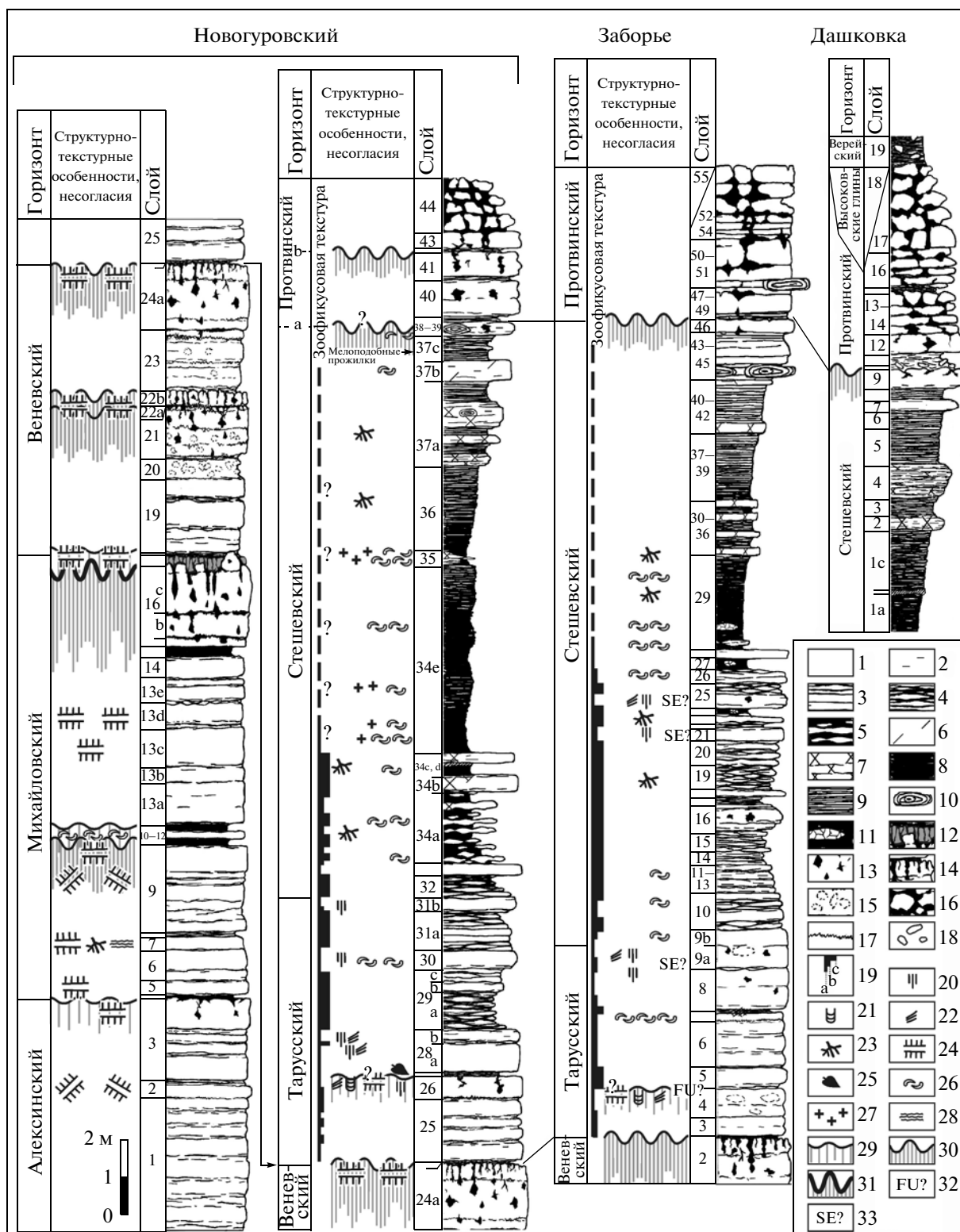


Рис. 2. Разрезы Новогуровский, Заборье, Дашковка (без базальных слоев верейского горизонта московского яруса и четвертичных отложений).

1 — известняки монолитные; 2 — известняки глинистые, относительно монолитные; 3 — известняки плитчатые, как правило слабоглинистые до глинистых; 4 — известняки сланцеватые и линзоидные (флазерные), как правило глинистые, с прослойками глин и мергелей; 5 — переслаивание глин пластичных и известняков; 6 — известняки доломитистые и доломитовые; 7 — мергели доломитовые; 8 — глины; 9 — глины “дошчатые”, палыгорскитистые и палыгорскитовые; 10 — кремни; 11 — сидеритовые стяжения в глинах; 12 — мергель стигмариевый сапонитовый на закарстованной кровле известняка; 13 — каверны растворения; 14 — микрокарст и поверхность субаэрального несогласия; 15 — пятна цементации “веневского типа”; 16 — карстовая брекчия; 17 — крупные стилолиты; 18 — известняковые гальки и гравий. Слева от колонок показаны: 19–23 — ихнотекстуры: 19 — степень развития следов *Zoophycos* (а — слабая; б — средняя; с — высокая), 20 — *Scolithos*, 21 — *Diplocraterion*, 22 — *Teichichnus*, 23 — *Chondrites*; 24 — стигмарии; 25 — макроостатки растений (фитолеймы); 26 — скопления брахиопод и других макрофоссилий; 27 — породообразующие скопления остатков иглокожих; 28 — пloyчатая микрослоистость; 29–31 — несогласия, ранжированные по степени развития субаэральных изменений (исключая предмосковское несогласие): 29 — слабые, 30 — нормально развитые, 31 — позднемихайловское несогласие с максимально развитым карстом; 32 — предполагаемый уровень форинского несогласия в разрезе Заборья; 33 — определявшиеся ранее (Кабанов, 2004), но не подтвержденные последними наблюдениями уровни субаэральной экспозиции в разрезе Заборье. Граница стешевского и протвинского горизонтов в разрезе Новогуровский: а — по (Gibshman et al., 2009), б — по новым данным.

шлифах вакстоуны и пакстоуны биокластовые, существенно фораминиферовые, с водорослями *Scalebra* sp. и *Girvanella* sp.

Слой 2 (0.35–0.4 м). Известняк коричневатосерый, относительно крепкий, монолитный, с многочисленными брахиоподами и стигмариями; в кровле мергель пятнистый, желтоватый, с уплощенными компакцией брахиоподами и стигмариями; кровля согласная.

Слой 3 (1.4 м). Известняк светло-серый, толсто плитчатый (0.1–0.6 м), массивный, мелкозернистый до крупнозернистого, в середине с более тонкой плитчатостью (0.1–0.15 м); более крепкие и монолитные слои разделены умеренно уплотненными “межслоями” более мягкого известняка; пакстоуны и вакстоуны биокластовые, с обильными *Agchaesphaera*, фораминиферами, водорослями *Asphaltinella* sp.; макрофоссилии представлены брахиоподами, табулятоморфами, одиночными ругозами, известковыми губками; верхние 0.7–0.8 м сложены известняком крепким, массивным, вверху с бордовым оттенком, с теряющей биокластовой структурой, сверху пронизан разреженными каналами и кавернами растворения; кровля пологобугристая, обохренная, местами осветленная, с пятнами почернения и темными мергелистыми следами корней; некоторые каверны выстланы темно-серым мергелем.

Слой 4 (0.05–0.1 м). Глина сланцеватая до кусковатой, пятнистая, рыжеватая до темно-коричневатосерой, со скоплениями мелкого углистого детрита, с крупными (>1 см) удлиненными растительными фрагментами на плоскостях сланцеватости.

Михайловский горизонт

Слой 5 (0.4 м). Известняк серый до желтоватосерого, мелкозернистый, массивный до слабо брекчированного, в верхних 10 см с тонкими (<1 см) горизонтальными каналами, от которых

под прямым углом вниз отходят ответвления; присутствуют типичные *Stigmara*; в шлифах вакстоун-пакстоун биокластовый, с многочисленными фораминиферами и каменными водорослями.

Слой 6 (0.8 м). Известняк серый, массивный, в шлифах вакстоуны-пакстоуны биокластовые; слой состоит из двух плит, разделенных более мягким умеренно рассланцованным известняком; верхняя плита со скоплениями брахиопод-гигантопродуктид, с вагами растворения, с кровли пронизана аппендиксами стигмарий; кровля, вероятно, согласная, впаяна в одну плиту с подошвой слоя 7.

Слой 7 (0.35 м). Известняк сизовато-серый до коричневатосерого, выделяется благодаря пloyчатой микрослоистости, дискретно нарушенной следами *Chondrites*, *Planolites*, *Teichichnus*; многие следы имеют черную пропитку; присутствуют стигмарии и запечатанные спаритом аппендиксы стигмарий отличной сохранности; встречаются трещины высыхания и моновидовые скопления мелких брахиопод и двустворок на поверхностях напластования; в кровле биотурбация усиливается, микрослоистость исчезает, появляются темные пятна оглинивания по известняку; в шлифах вакстоуны и мадстоуны остракодовые, с резко обедненным комплексом микрофоссилий, без типичных водорослей и фораминифер, сингенетически брекчированные.

Слой 8 (0.07 м). Глина известковая, фиолетово-темно-серая, с уплощенными фрагментами раковин брахиопод и другими биокластами.

Слой 9 (2.3 м). Известняк серый, массивный, неясно-плитчатый (более темные крепкие слои, разделенные более светлыми, мягкими “межслоями”), обогащен раковинами *Gigantoproductus*; верхняя монолитная плита крепче и темнее остальных, пронизана стигмариями; в кровле развит розоватый сланцеватый мергель с обильными брахиоподами; в шлифах пакстоуны во-

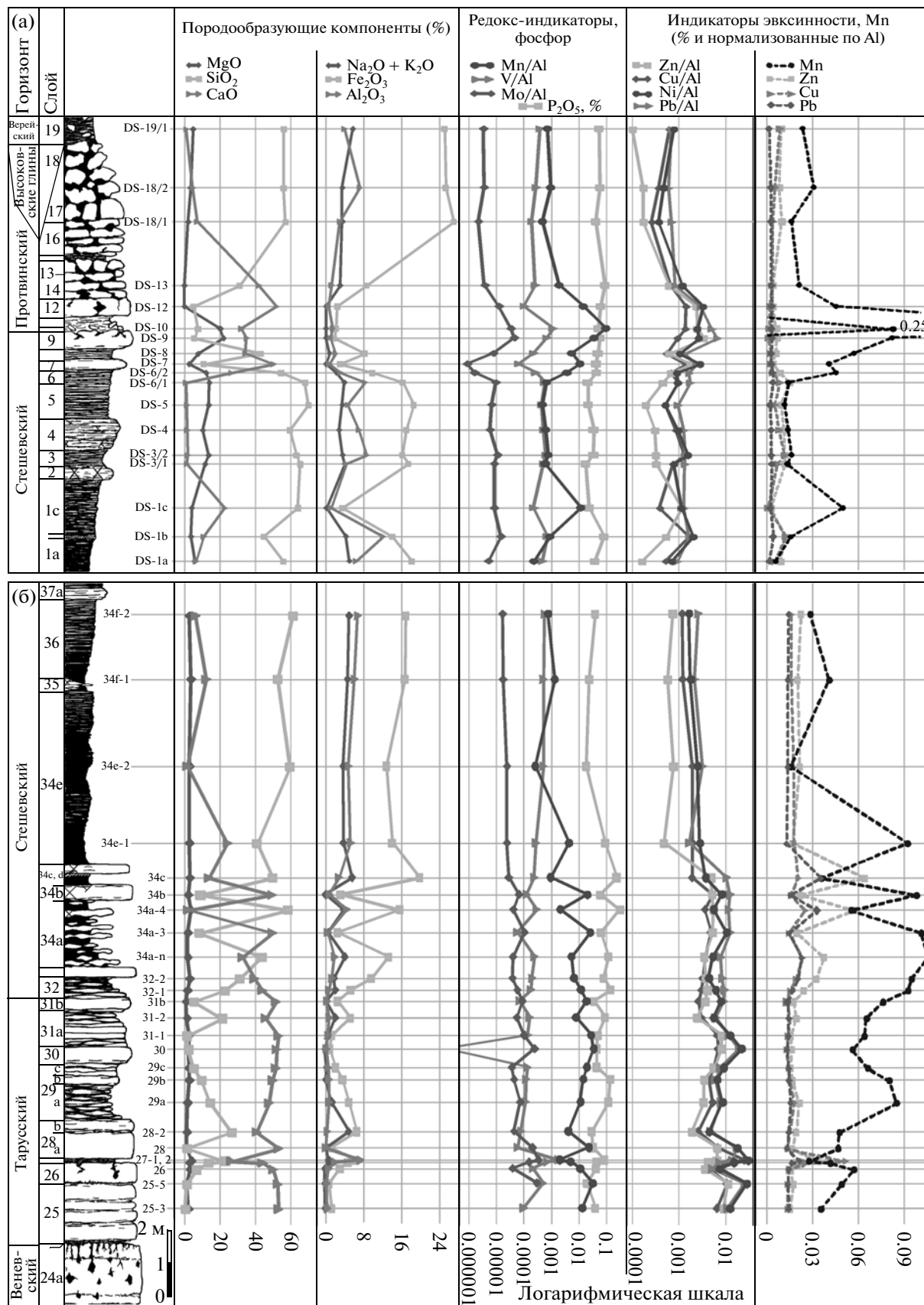


Рис. 3. Геохимическая характеристика и показатели степени дефицита кислорода в разрезах серпуховского яруса. (а) – разрез Дашковка; (б) – слои 25–36 разреза Новогуровский (в слоях выше образцы не отбирались). Условные обозначения см. на рис. 2.

Таблица 1. Данные рентгенофлуоресцентной спектроскопии по образцам из разреза Новогуровский

Слой	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	Na ₂ O	MgO	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	Rb	Sr	Ba	Zr	Mo
25-3	0.06	52.84	1.43	0.5130	0.00	0.0313	0.11	1.93	0.09	0.00	0.06	0.0092	0.0426	0.0082	0.0032	0.0000
25-5	1.04	52.40	0.92	0.3307	0.11	0.0486	0.00	1.16	0.05	0.00	0.07	0.0007	0.0332	0.0097	0.0028	0.0004
26	6.32	50.04	3.17	0.7677	0.02	0.0591	0.00	2.64	0.10	0.00	0.11	0.0289	0.0657	0.0165	0.0063	0.0002
27-1	13.13	43.81	4.82	2.0879	0.05	0.0394	0.83	2.59	0.11	0.00	0.21	0.0244	0.0611	0.0355	0.0076	0.0010
27-2	22.84	26.09	6.34	7.4406	0.18	0.0212	0.79	3.66	0.20	0.00	4.68	0.0093	0.0460	0.0265	0.0106	0.0028
28	1.13	53.00	1.20	0.1822	0.11	0.0457	0.24	0.88	0.08	0.00	0.06	0.0005	0.0327	0.0090	0.0020	0.0003
28-2	26.38	40.54	6.67	0.4971	0.12	0.0468	1.86	1.05	0.07	3.11	0.19	0.0091	0.0330	0.0825	0.0033	0.0004
29a	14.24	47.55	5.00	0.8602	0.13	0.0955	0.53	1.51	0.29	0.89	0.07	0.0030	0.0370	0.0311	0.0032	0.0005
29b	9.18	49.51	3.73	0.8277	0.02	0.0893	0.21	2.29	0.33	0.00	0.10	0.0069	0.0349	0.0242	0.0023	0.0002
29c	4.87	51.32	2.24	0.6713	0.02	0.0712	0.39	2.18	0.11	0.00	0.08	0.0067	0.0368	0.0156	0.0031	0.0001
30	2.12	51.80	1.03	0.2941	0.11	0.0582	0.00	1.73	0.11	0.06	0.06	0.0004	0.0397	0.0110	0.0027	0.0003
31-1	1.13	52.86	1.48	0.6173	0.00	0.0682	0.65	2.20	0.12	0.00	0.17	0.0063	0.0364	0.0092	0.0025	0.0002
31-2	20.93	45.53	5.29	0.9226	0.16	0.0701	1.02	1.14	0.21	1.11	0.07	0.0035	0.0409	0.0354	0.0039	0.0004
31-b	4.98	51.39	2.67	0.3864	0.12	0.0840	0.03	0.58	0.08	0.25	0.04	0.0009	0.0394	0.0156	0.0028	0.0003
32-1	22.54	43.84	5.38	0.8487	0.16	0.1052	1.03	1.40	0.34	1.12	0.07	0.0036	0.0383	0.0357	0.0034	0.0004
32-2	31.07	39.25	9.74	1.4456	0.10	0.1082	1.16	2.68	0.19	0.69	0.07	0.0112	0.0395	0.0525	0.0042	0.0005
34a-n	43.37	32.38	13.36	2.0153	0.24	0.1222	1.68	1.65	0.28	2.47	0.06	0.0081	0.0327	0.0648	0.0054	0.0007
34a-3	7.82	49.40	2.67	0.5898	0.12	0.1162	0.34	1.65	0.15	0.35	0.05	0.0012	0.0398	0.0181	0.0025	0.0004
34a-4	58.51	1.85	15.63	4.5504	0.24	0.0569	1.56	3.19	0.67	2.35	0.09	0.0074	0.0290	0.0564	0.0061	0.0009
34b	8.57	49.35	3.32	0.8810	0.02	0.1125	0.07	1.77	0.15	0.00	0.06	0.0140	0.0506	0.0229	0.0046	0.0003
34c	49.47	13.30	19.80	2.9354	0.35	0.0317	1.45	2.73	0.55	4.25	0.07	0.0134	0.0223	0.0927	0.0086	0.0008
34e-1	40.88	23.96	14.10	5.3883	0.31	0.1049	1.89	2.48	0.22	1.99	0.11	0.0072	0.0358	0.0541	0.0067	0.0005
34e-2	59.49	1.35	12.88	4.9936	0.51	0.0059	0.88	2.48	0.04	2.89	0.02	0.0139	0.0146	0.0610	0.0123	0.0004
34f-1	52.40	12.05	16.74	6.1685	0.59	0.0383	1.67	3.32	0.06	3.07	0.09	0.0130	0.0230	0.0759	0.0092	0.0004
34-f2	61.25	5.92	16.84	6.8293	0.58	0.0221	1.65	2.50	0.10	3.38	0.11	0.0163	0.0143	0.0816	0.0105	0.0004

Таблица 1. Окончание

Слой	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Pb	Sn	Cd	Ce	Cs	Ga	La	Nb	Sc	Y	Yb
25-3	0.0002	0.0087	0.0011	0.0045	0.0024	0.0040	0.0020	0.0033	0.0001	0.0002	0.0000	0.0001	0.0019	0.0017	0.0002	0.0000	0.0004	0.0000
25-5	0.0006	0.0029	0.0007	0.0066	0.0025	0.0060	0.0000	0.0026	0.0006	0.0001	0.0000	0.0000	0.0009	0.0021	0.0006	0.0000	0.0008	0.0001
26	0.0009	0.0084	0.0011	0.0060	0.0034	0.0041	0.0016	0.0029	0.0004	0.0002	0.0000	0.0001	0.0017	0.0021	0.0000	0.0000	0.0012	0.0001
27-1	0.0045	0.0075	0.0009	0.0183	0.0140	0.0090	0.0022	0.0051	0.0028	0.0003	0.0005	0.0003	0.0014	0.0024	0.0000	0.0000	0.0012	0.0002
27-2	0.0147	0.0138	0.0008	0.0491	0.0404	0.0222	0.0027	0.0103	0.0091	0.0003	0.0029	0.0009	0.0014	0.0022	0.0001	0.0000	0.0013	0.0003
28	0.0001	0.0022	0.0005	0.0054	0.0021	0.0053	0.0000	0.0020	0.0005	0.0001	0.0000	0.0001	0.0009	0.0026	0.0001	0.0000	0.0007	0.0000
28-2	0.0007	0.0043	0.0009	0.0075	0.0042	0.0080	0.0000	0.0032	0.0009	0.0001	0.0000	0.0001	0.0008	0.0017	0.0007	0.0000	0.0008	0.0001
29a	0.0008	0.0036	0.0009	0.0109	0.0067	0.0101	0.0000	0.0043	0.0014	0.0001	0.0001	0.0001	0.0008	0.0023	0.0004	0.0000	0.0012	0.0001
29b	0.0006	0.0084	0.0012	0.0062	0.0041	0.0057	0.0016	0.0033	0.0005	0.0002	0.0000	0.0001	0.0017	0.0026	0.0000	0.0000	0.0010	0.0001
29c	0.0004	0.0086	0.0013	0.0052	0.0031	0.0043	0.0019	0.0032	0.0003	0.0002	0.0000	0.0001	0.0021	0.0016	0.0005	0.0000	0.0008	0.0000
30	0.0000	0.0024	0.0005	0.0057	0.0018	0.0050	0.0000	0.0021	0.0005	0.0001	0.0000	0.0001	0.0008	0.0018	0.0006	0.0000	0.0007	0.0000
31-1	0.0003	0.0087	0.0012	0.0047	0.0025	0.0044	0.0018	0.0031	0.0001	0.0002	0.0000	0.0001	0.0014	0.0016	0.0007	0.0000	0.0006	0.0000
31-2	0.0011	0.0044	0.0006	0.0074	0.0039	0.0082	0.0000	0.0032	0.0009	0.0001	0.0002	0.0001	0.0008	0.0017	0.0003	0.0000	0.0011	0.0001
31-b	0.0003	0.0023	0.0006	0.0053	0.0018	0.0061	0.0000	0.0025	0.0004	0.0001	0.0000	0.0001	0.0009	0.0016	0.0004	0.0000	0.0009	0.0000
32-1	0.0013	0.0048	0.0007	0.0084	0.0041	0.0129	0.0000	0.0055	0.0010	0.0001	0.0005	0.0001	0.0008	0.0023	0.0007	0.0000	0.0012	0.0001
32-2	0.0026	0.0079	0.0013	0.0107	0.0079	0.0211	0.0015	0.0092	0.0015	0.0002	0.0005	0.0002	0.0011	0.0020	0.0005	0.0000	0.0015	0.0002
34a-n	0.0043	0.0062	0.0009	0.0180	0.0122	0.0263	0.0000	0.0116	0.0028	0.0000	0.0014	0.0002	0.0007	0.0035	0.0008	0.0000	0.0017	0.0002
34a-3	0.0002	0.0024	0.0007	0.0070	0.0032	0.0084	0.0000	0.0035	0.0007	0.0001	0.0000	0.0001	0.0006	0.0020	0.0000	0.0000	0.0011	0.0001
34a-4	0.0061	0.0103	0.0020	0.0218	0.0141	0.0461	0.0004	0.0217	0.0037	0.0001	0.0016	0.0002	0.0006	0.0031	0.0006	0.0001	0.0026	0.0004
34b	0.0006	0.0085	0.0013	0.0069	0.0044	0.0106	0.0018	0.0043	0.0006	0.0001	0.0000	0.0001	0.0016	0.0023	0.0001	0.0000	0.0010	0.0001
34c	0.0063	0.0125	0.0010	0.0183	0.0094	0.0530	0.0012	0.0242	0.0031	0.0000	0.0031	0.0004	0.0006	0.0044	0.0015	0.0005	0.0032	0.0005
34e-1	0.0051	0.0148	0.0009	0.0099	0.0069	0.0059	0.0002	0.0017	0.0014	0.0000	0.0032	0.0006	0.0013	0.0047	0.0009	0.0000	0.0025	0.0003
34e-2	0.0089	0.0117	0.0016	0.0080	0.0063	0.0103	0.0000	0.0025	0.0013	0.0000	0.0049	0.0006	0.0015	0.0042	0.0018	0.0011	0.0027	0.0004
34f-1	0.0113	0.0143	0.0010	0.0075	0.0050	0.0090	0.0000	0.0024	0.0010	0.0000	0.0043	0.0007	0.0016	0.0038	0.0012	0.0007	0.0022	0.0003
34-f2	0.0126	0.0175	0.0011	0.0069	0.0049	0.0110	0.0000	0.0031	0.0010	0.0000	0.0052	0.0008	0.0015	0.0033	0.0022	0.0011	0.0021	0.0003

Таблица 2. Данные рентгенофлуоресцентной спектроскопии по образцам из разреза Дашковка

Слой	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	Na ₂ O	MgO	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	Rb	Sr	Ba	Zr	Mo
ds1a	55.75	6.53	18.08	6.33	0.52	0.01	1.00	5.86	0.09	3.91	0.02	0.0117	0.0361	0.0908	0.0110	0.0002
ds 1b	44.93	10.93	14.00	12.04	0.39	0.02	1.62	3.69	0.20	2.54	0.18	0.0102	0.0404	0.0834	0.0092	0.0005
ds 1c	64.11	22.68	3.43	1.06	0.03	0.06	0.08	4.20	0.06	0.00	0.31	0.0028	0.0183	0.0126	0.0010	0.0001
ds3_1	65.33	1.40	17.46	4.27	0.65	0.02	1.56	11.71	0.04	2.35	0.03	0.0096	0.0234	0.0538	0.0079	0.0004
ds 3-2	63.21	1.86	16.14	8.55	0.50	0.02	1.35	13.56	0.08	2.11	0.06	0.0094	0.0214	0.0538	0.0080	0.0004
ds4	59.50	1.63	16.95	6.95	0.52	0.02	0.81	10.36	0.08	1.91	0.02	0.0094	0.0175	0.0471	0.0071	0.0002
ds 5	70.00	1.46	18.53	4.60	0.64	0.01	1.29	13.75	0.05	2.11	0.01	0.0122	0.0144	0.0476	0.0058	0.0003
ds 6-1	68.05	0.97	16.18	8.24	0.63	0.02	2.00	14.03	0.05	1.85	0.00	0.0126	0.0128	0.0490	0.0041	0.0004
ds6-2	54.63	26.34	9.76	3.05	0.25	0.06	1.89	12.21	0.10	0.28	0.04	0.0056	0.0336	0.0317	0.0055	0.0000
ds7	10.85	50.17	3.01	0.74	0.02	0.05	0.00	2.69	0.10	0.00	0.02	0.0030	0.0254	0.0128	0.0019	0.0000
ds8	42.97	34.28	8.21	2.02	0.18	0.07	0.82	7.83	0.11	0.01	0.04	0.0050	0.0288	0.0283	0.0044	0.0002
ds9	5.61	35.03	1.79	0.94	0.01	0.11	0.00	21.95	0.13	0.00	0.06	0.1980	0.1270	0.0101	0.0159	0.0002
ds10	7.73	32.11	2.15	1.45	0.02	0.33	0.00	20.08	0.12	0.00	0.04	0.6500	0.2169	0.0165	0.0278	0.0002
ds 12	5.24	51.98	2.44	0.62	0.01	0.06	0.00	0.00	0.14	0.00	0.02	0.0015	0.0160	0.0124	0.0017	0.0001
ds 13	31.18	42.02	8.61	1.22	0.04	0.03	1.04	0.00	0.21	1.89	0.05	0.0245	0.0520	0.0883	0.0055	0.0001
ds 18-1	57.00	7.27	26.96	2.91	0.77	0.02	0.82	2.16	0.10	2.58	0.01	0.0107	0.0089	0.0557	0.0179	0.0001
ds18-2	55.87	4.70	25.24	7.13	0.72	0.04	0.69	3.52	0.14	2.71	0.01	0.0134	0.0098	0.0642	0.0180	0.0002
ds19-1	56.00	1.01	25.00	3.94	0.97	0.03	0.69	4.89	0.13	4.94	0.01	0.0292	0.0108	0.0931	0.0152	0.0002

Таблица 2. Окончание

Слой	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Pb	Sn	Cd	Ce	Cs	Ga	La	Nb	Sc	Y	Yb
ds 1a	0.0107	0.0136	0.0018	0.0067	0.0049	0.0086	0.0000	0.0016	0.0009	0.0000	0.0050	0.0008	0.0015	0.0027	0.0009	0.0008	0.0023	0.0003
ds 1b	0.0122	0.0094	0.0024	0.0151	0.0122	0.0120	0.0006	0.0039	0.0025	0.0002	0.0070	0.0014	0.0020	0.0039	0.0018	0.0007	0.0023	0.0004
ds 1c	0.0010	0.0090	0.0003	0.0020	0.0007	0.0023	0.0018	0.0021	0.0000	0.0002	0.0007	0.0001	0.0008	0.0019	0.0004	0.0005	0.0009	0.0001
ds 3_1	0.0111	0.0109	0.0030	0.0073	0.0069	0.0122	0.0000	0.0030	0.0012	0.0000	0.0034	0.0005	0.0007	0.0021	0.0015	0.0011	0.0018	0.0002
ds 3-2	0.0130	0.0102	0.0028	0.0132	0.0115	0.0115	0.0000	0.0028	0.0023	0.0000	0.0050	0.0010	0.0013	0.0022	0.0016	0.0011	0.0016	0.0002
ds 4	0.0111	0.0103	0.0028	0.0087	0.0077	0.0112	0.0001	0.0028	0.0014	0.0000	0.0044	0.0008	0.0009	0.0014	0.0014	0.0010	0.0017	0.0002
ds 5	0.0105	0.0091	0.0027	0.0050	0.0049	0.0092	0.0000	0.0019	0.0007	0.0000	0.0038	0.0006	0.0010	0.0024	0.0018	0.0010	0.0018	0.0002
ds 6-1	0.0116	0.0082	0.0028	0.0081	0.0082	0.0147	0.0003	0.0039	0.0013	0.0000	0.0051	0.0009	0.0010	0.0018	0.0018	0.0012	0.0014	0.0002
ds 6-2	0.0033	0.0077	0.0019	0.0047	0.0035	0.0084	0.0011	0.0035	0.0004	0.0001	0.0015	0.0004	0.0011	0.0025	0.0011	0.0008	0.0012	0.0001
ds 7	0.0002	0.0088	0.0012	0.0045	0.0023	0.0038	0.0017	0.0028	0.0002	0.0001	0.0000	0.0001	0.0013	0.0017	0.0010	0.0000	0.0008	0.0000
ds 8	0.0023	0.0081	0.0018	0.0045	0.0024	0.0056	0.0012	0.0027	0.0004	0.0001	0.0010	0.0003	0.0014	0.0027	0.0009	0.0009	0.0011	0.0001
ds 9	0.0015	0.0091	0.0020	0.0025	0.0009	0.0063	0.0021	0.0032	0.0000	0.0003	0.0006	0.0001	0.0006	0.0006	0.0005	0.0010	0.0006	0.0000
ds 10	0.0031	0.0092	0.0022	0.0028	0.0015	0.0057	0.0021	0.0028	0.0001	0.0003	0.0011	0.0002	0.0005	0.0007	0.0000	0.0000	0.0017	0.0001
ds 12	0.0003	0.0088	0.0011	0.0042	0.0018	0.0037	0.0019	0.0031	0.0001	0.0002	0.0000	0.0001	0.0019	0.0026	0.0006	0.0019	0.0007	0.0000
ds 13	0.0028	0.0078	0.0014	0.0054	0.0031	0.0038	0.0017	0.0028	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002	0.0017	0.0025	0.0005	0.0012	0.0008	0.0001
ds 18-1	0.0065	0.0086	0.0023	0.0053	0.0037	0.0097	0.0002	0.0025	0.0007	0.0000	0.0051	0.0003	0.0015	0.0043	0.0019	0.0007	0.0024	0.0003
ds 18-2	0.0086	0.0086	0.0017	0.0062	0.0048	0.0079	0.0006	0.0023	0.0009	0.0001	0.0064	0.0008	0.0014	0.0033	0.0017	0.0009	0.0025	0.0003
ds 19-1	0.0121	0.0108	0.0036	0.0103	0.0082	0.0092	0.0000	0.0013	0.0017	0.0001	0.0082	0.0005	0.0016	0.0058	0.0020	0.0013	0.0043	0.0006

дорослевые, возможно с подчиненными баундстоунами, с массовыми водорослями *Palaeoberesella* sp. и *Kamaena* sp.; в верху слоя матрикс перекристаллизован до спарита.

Слой 10 (0.1–0.15 м). Глина сланцеватая, коричневатая-черная, углистая; в подошве мергель мягкий, розовый, брахиоподовый (измененная кровля слоя 9); в шлифах мергеля пакстоун-рудстоун биокластовый, водорослевый, с *Koninko-roga* sp. и *Palaeoberesella* sp.

Слой 11 (0.25 м). Известняк крепкий, массивный, коричневатый-серый, с многочисленными гигантопродуктидами и другими брахиоподами; в шлифе из середины слоя рудстоун брахиоподовый, с сильнейшей компакцией.

Слой 12 (0.15 м). Глина серая, липкая, слабоизвестковая, в кровле черная углистая, в подошве со щетками селенита; подошва и кровля согласные.

Слой 13 (0.25 м). Известняк массивный, неясно-толстоплитчатый, коричневатый-серый, с *Gigantoproductus*, *Multithesoroга* и другими макрофоссилиями; кровля согласная, отмечена сланцеватым мергелем; в шлифах пакстоуны биокластовые, фораминиферо-водорослевые (водоросли родов *Calcifolium*, *Kamaena*).

Слой 14 (0.6 м). Известняк серый, крепкий, на вертикальных сколах выделяются очень нечеткие темные пятна цементации-перекристаллизации; обильные макрофоссилии (известковые губки, кораллы *Multithesoroга*, одиночные и колониальные ругозы, хететиды, брахиоподы); кровля согласная.

Слой 15 (0.25 м). Глина коричневатая-серая, известковая, сланцеватая, с *Gigantoproductus*, с тремя латерально выдержанными тонкими пропластками глины черной углистой, в которых макрофоссилии не наблюдались.

Пограничные слои михайловского и венецкого горизонтов

Слой 16 (2.2 м). Известняк очень крепкий, коричневатый-серый до серого, значительно закарстован с кровли, в нижних 0.9 м преимущественно мелкозернистый (вакстоуны, пакстоуны), с разнообразными макрофоссилиями, с двумя пропластками переуплотненных углистых глин, переходящих в стилолитовые горизонты; пропластки глин разделяют подслои 16а, 16б, 16с (рис. 2); подслой 16с представлен грейнстоунами-пакстоунами фораминиферо-водорослевыми, кальцифолиевыми, возможно с локальными кальцифолиевыми бафлстоунами; вадозные изменения возрастают от подошвы к кровле слоя 16: развиты ваги, каверны выщелачивания, в кровле желоба и трубы растворения; на кровле лежат остаточные валуны диаметром до 0.5 м; матрикс известняка неравномерно перекристаллизован и цементи-

рован спаритом; полости растворения преимущественно пустые или выстланы охристой пластичной глиной; в верхних 30 см развиты наложенные темно-серые микрит-микроспаритовые пятна кальцита, часто с неясной облаковидно-слоевой текстурой.

Слой 17а (0–0.1 м). Глина липкая, желтая до бледно-голубой, с остаточной крошкой известняка; залегает в карстовых котлах, карманах и желобах кровли слоя 16; представляет собой палеопочву или кору выветривания.

Слой 17б (0–0.8 м). Мергель и известняк глинистый (сапонитовый), темно-серый, сингенетически брекчированный, густо принизан стигматриями; содержит внутренние перерывы – мелко закарстованные поверхности; вакстоуны и мадстоуны остракодовые, с резко обедненным комплексом фоссилий; кровля в основном выглядит согласной, встречаются участки, где кровля бугорчатая до столбчатой, маркирует умеренный субаэральный перерыв; слой 17 выклинивается над крупными валунами и возвышениями кровли слоя 16.

Традиционно кровля михайловского горизонта проводилась по кровле слоя 17 настоящего описания (Бельская и др., 1975), однако перерыв с максимальным для окско-серпуховского интервала развитием карста устанавливается в кровле слоя 16 (Gibshman et al., 2009). Слой 17 не содержит нормально-морской комплекс с зональными видами-индексами фораминифер и конодонтов, поэтому его отнесение к венецкому или михайловскому горизонтам биостатиграфически не обосновано. Очевидно, что границу михайловского и венецкого горизонтов следует совместить с главным несогласием в кровле слоя 16.

Венецкий горизонт

Слой 18 (0.1–0.15 м). Мергель коричневатый-серый, сланцеватый, биокластовый, с раздробленной ракушей; встречены автохтонные стигматрии.

Слой 19 (2.0 м). Известняк серый, массивный, толстоплитчатый (0.6–0.8 м), относительно мягкий, микропористый в нижней половине, к кровле твердеет; пакстоуны и вакстоуны биокластовые; неравномерно сцементирован и пронизан редкими трубчатыми структурами, вероятно, корневого происхождения; кровля согласная, местами отделена тонкими (<1 см) линзами бежевого переуплотненного мергеля.

Слой 20 (0.6–0.65 м). Известняк серый, массивный, биокластовый, пятнистый с характерными картофелевидными и неправильно-лапчатыми пятнами цементации-перекристаллизации “венецкого типа” красновато-серого цвета; местами матрикс пятен выкрашивается, так как сложен мягким пористым светло-серым известня-

ком; пакстоуны биокластовые; кровля согласная, маркирована линзочками розоватого переуплотненного мергеля.

Слой 21 (1.5 м). Известняк крепкий, серый, с выраженной пятнистостью “веневского типа”; пакстоны-грейнстоуны биокластовые, кальцифолиевые; слой закарстован в кровле, по которой проходит субаэральное несогласие; кровля стилолитизирована, встречается мелкая оглиненная брекчия; каверны и трубы растворения проникают до подошвы слоя и ниже; встречаются скопления субвертикальных корневых трубок (аппендиксы стигмарий?).

Слой 22а (0–0.15 м). Глина липкая, серая до ярко-желтой, лежащая линзами и скрепляющая брекчию в кровле слоя 21.

Слой 22б (0.15–0.2 м). Известняк “ризоидный”, светло-серый до охристого, пятнами оглиненный до мергеля серого; развит карст в виде вертикальных труб диаметром до 10 мм и связанных с ними каверн, а также в виде мелких (до 2 мм) извивающихся каналов; карст придает слою брекчиево-столбчатую отдельность; кровля четкая, столбчато-ячеистая, с темными наложенными пятнами; в кровле субаэральное несогласие.

Слой 23 (1.7 м). Известняк светло-серый до серого, неравномерно-плитчатый, с пятнистостью цементации-перекристаллизации “веневского типа”, проявленной в меньшей степени, чем в слоях 20 и 21; плиты относительно твердого (цементированного) известняка разделены горизонтами компакций, развитыми иногда вплоть до стилобрекчии; в шлифах пакстоуны водорослево-фораминиферовые, существенно кальцифолиевые; верхняя часть слоя пронизана ветвящимися корневыми трубками, запечатанными спаритовым кальцитом; кровля выделяется по стилолитизированному горизонту с обильными корневыми структурами.

Слой 24а (1.8 м). Известняк прочный, серовато-коричневый, монолитный, темнеющий к кровле; в нижних 0.3 м крупнобиокластовый, с обильными *Calcifolium okense*; выше переход в “ризоидный” известняк, пронизанный трубами растворения диаметром до 1–2 см, причем стенки полостей характерно осветлены; первичная биокластовая структура известняка к кровле замещается облаковидным микрит-микроспаритовым кальцитом; кровля ячеистая карстовая, под кровлей известняк брекчированный, иногда со столбчато-ячеистой отдельностью, пятнистый темно-серый до рыжего; в кровле субаэральное несогласие.

Слой 24б (0–0.1 м). Известняк мергелевидный, мягкий, возможно глинистый, серовато-розовый, с желваками известняка крепкого; выполняет ячеи в кровле слоя 24а, является продуктом

выветривания и, возможно, включает мергель трансгрессивной подошвы тарусского горизонта.

Тарусский горизонт

Слой 25 (1.8 м). Известняк серый, массивный, монотонный, толстоплитчатый (0.3–0.5 м), мелко-среднезернистый; кровля стилолитизированная, согласная; пакстоуны биокластовые, водорослево-фораминиферовые, с *Calcifolium okense* Shvetsov et Birina, 1935; следы *Zoophycos* умеренно развиты на границе слоев 25 и 26 и изредка определяются в толще слоя 25.

Слой 26 (0.4 м). Известняк серый, пятнами слабо обохренный, относительно крепкий, массивный, мелкозернистый, биокластовый, с размытыми пятнами усиленной цементации, с богатым ихнокомплексом (*Diplocraterion*, *Teichichnus*, редкие *Zoophycos*, возможно *Scolithos*); слой слабо закарстован, причем растворение преимущественно избирательное, по норам; последние заполнены рыхлой глинисто-железистой массой (первично темной пиритовой, в местах окисления ярко рыжей); в глинисто-железистой массе вкрапления гипса, щетки селенита и жеоды гигантокристаллического карбоната; известняк пронизывают редкие ветвящиеся трубчатые структуры с осветленными (мелоподобными) стенками, вероятно следы корней, а также трубки плохой сохранности с продольными септами, вероятно аппендиксы стигмарий; кровля ровная, оглиненная, местами пологобугристая, вероятно соответствует небольшому осушению.

Слой 27 (0.05 м). Мергель серый с рыжими пятнами, обогащен биокластами, биотурбированный, сланцеватый, с растительными остатками плохой сохранности размером до 2 см и более, среди которых возможно присутствие инситных корней; в подошве линзы рыжей глины толщиной до 1 см; встречаются гальки мелоподобного известняка, *Chaetetes*, одиночные ругозы, а также протяженные щетки селенита.

Слой 28а (1.0 м). Известняк слабogliнистый, массивный, однородный, микритовый (мадстоун-вакстоун биокластовый), с вертикальными норам *Scolithos* диаметром до 4 мм; вследствие неравномерного окисления известняк пятнисто окрашен от серого до светло-бежевого; слой 28а и 28б разделены тонким (до 5 см) зоофикусовым мергелем; кровля согласная.

Слой 28б (0.3 м). Известняк слабogliнистый, массивный до слабосланцеватого, прочный, с пятнами окремнения, с многочисленными норам *Scolithos* того же облика, что и в слое 28а; в слоях 28а и 28б встречаются редкие *Gigantoproductus*, одиночные ругозы, следы *Teichichnus*; кровля согласная. Нахождение стигмарий в слоях 28а, 28б (Gibshman et al., 2009) не подтверждается.

Слой 29 (1.65 м). Мергель линзоидно-полосчатый (флазерный), зоофикусовый, темно-серый, рыжий в зонах окисления, с линзами селенита; в шлифах пакстоуны и вакстоуны биокластовые, уплотненные, с повышенным количеством мшанок и пельматозойных иглокожих; снизу вверх выделяются: подслой 29a — мергель флазерный зоофикусовый, мощность 1.0 м; подслой 29b — известняк глинистый, зоофикусовый, относительно монолитный, вакстоун-пакстоун биокластовый, в кровле с линзами грейнстоуна-пакстоуна, мощность 0.3 м; подслой 29c — переслаивание известняка и мергеля зоофикусового, флазерного, с неясной плитчатостью (7–15 см), с пятнистой цементацией, скоплениями брахиопод и двустворок, мощность 0.35 м; кровля согласная.

Слой 30 (0.5 м). Известняк слабоглинистый, желтовато-светло-серый, со скоплениями брахиопод и крупных фрагментов криноидей, внизу с детритом рыб; ихнокомплекс представлен многочисленными *Scolithos* диаметром до 4 мм, *Zoophycos* (только в нижней части слоя) и *Teichichnus*, а также наклонными слабо изгибающимися норами; местами норы заполнены белесым мелоподобным карбонатом и имеют осветленные стенки; кровля согласная, слабо стилолитизирована. Наличие стигмарий в слое 30 (Gibshman et al., 2009) не подтверждается.

Слой 31 (1.4 м). Мергели и известняки глинистые, серые до желтоватых, в шлифах вакстоуны биокластовые; снизу вверх выделяются: подслой 31a — известняк глинистый, мергелевидный, полосчатый (флазерный), зоофикусовый, слабо дифференцированный на плиты, относительно слабо уплотненные, разделенные переуплотненным флазерным мергелем, мощность 0.95 м; подслой 31b — известняк серый, глинистый, без явных следов *Zoophycos*, с нечастыми *Scolithos*, мощность 0.4–0.45 м.

Стешевский горизонт

Слой 32 (0.65 м). Мергель сланцеватый до флазерного, темно-серый до черного, участками желтый (окисленный), зоофикусовый, очень постепенно переходит из слоя 31; вакстоуны биокластовые.

Слой 33 (0.35 м). Известняк крепкий, темно-серый, умеренно сланцеватый, с бежевыми пятнами окисления, мелкозернистый, с перекристаллизованным матриксом; в шлифах вакстоун-пакстоун биокластовый, с перекристаллизованными фрагментами иглокожих и брахиопод.

Слой 34a (1.9–2.0 м). Неравномерное переслаивание глины черной, липкой, с брахиоподовыми мостовыми (“лобатовые” глины) и известняков серых, микритовых, глинистых, переходящих

в мергели; известняки конкрециевидные, прочные, с раковистым изломом, в виде неровных плиток, желвачков и линз мощностью до 10 см, по латерали замещаются вязкими глинами; встречаются крупные криноидные фрагменты; структурно преобладают вакстоуны, встречаются пакстоуны биокластовые; местами в известняках сохраняется зоофикусовая полосчатость, встречаются горизонты *Chondrites*; в подошве конкрециевидный слой мергеля кремнистого, серого с рыжими пятнами, мощностью 0.1–0.2 м, представляющий собой вакстоун с многочисленными спикулами кремневых губок (табл. II, фиг. 1). В 700 м к юго-западу от точки описания на уровне слоя 34a обнажались глины с прослоями мергеля серого, доломитового.

Слой 34b (0.4–0.5 м). Известняк (вакстоун) серый, глинистый, прочный, однородный, биотурбированный, с единичными спреитами-полосами *Zoophycos*; в кровле и подошве постепенный переход в глины.

Слой 34c (0.35 м). Мергель черный, пластичный, в подошве бурый, в кровле прослой яркого охристого мергеля с кубовидной отдельностью толщиной 5 см, прослеживающегося по крайней мере на расстояние 700 м.

Слой 34d (0.3 м). Известняк глинистый, относительно крепкий, серый до черного, частично доломитовый, зоофикусовый, с изгибающимися субвертикальными норами; вакстоун биокластовый, в местах доломитизации биокластовая структура теряется. Ранее упоминался фациальный переход всей пачки слоев 34a–34d в грубые криноидные известняки (Бельская, 1975).

Слой 34e (5.0–5.3 м). Глины черные до фиолетово-темно-серых; переслаиваются глины мягкие липкие и чуть более прочные “полудошчатые”; встречаются типичные для “лобатовых” глини прослои ракушечника из тонкораковинных брахиопод и других скелетных остатков; в кровле по крайней мере 1.2-метровый прослой глины стальнo-серой “полудошчатой”; кровля довольно резкая.

Слой 35 (0.15–0.4 м). Известняк темно-серый, глинистый, пиритистый, грубобиокластовый, брахиоподово-криноидный, с многочисленными мшанками-фенестеллидами (описание 2001 г.); в шлифах пакстоун-рудстоун криноидно-брахиоподовый, зерна без признаков окатанности, матрикс перекристаллизованный и часто непрозрачный из-за включений пирита и органического вещества (табл. II, фиг. 2, 3); по латерали известняк замещается глиной пластичной, переполненной мелкими биокластами и тонкораковинными брахиоподами; кровля согласная, постепенный переход от слоя 35 к слою 36.

Слой 36 (2.3 м). Глина мягкая, фиолетово-черная, вверх очень постепенно переходит в глину

сланцеватую, иссиня-черную, “дощатую”, с мелкими конкрециями сидерита, с брахиоподами; в нижней половине, возможно, присутствуют следы *Zoophycos* плохой сохранности; кровля резко осветлена (окислена) до ярко-желтого цвета на глубину 10–20 см.

Слой 37а (2.4 м). Переслаивание мергелей доломитовых и глины “дощатой” зеленовато-желтой и зеленой, с остаточными темноокрашенными полосами; в середине слоя на плоскостях напластования встречаются следы *Chondrites*; наиболее мощный прослой “дощатой” глины (0.5 м) наблюдается в кровле.

Слой 37б (0.5–0.6 м). Известняк глинистый, доломитистый, прочный, массивный, с мелкобугорчатым изломом; встречены брахиоподы и колонии кораллов-сирингопорид.

Слой 37с (0.65 м). Глина “дощатая”, выветрелая, с наложенными пятнами мелоподобного карбоната.

Пограничные слои стешевского и протвинского горизонтов

Слой 38 (0.1–0.3 м). Известняк крепкий, розовато-белый, в подошве микритовый, в верхней части обогащен толстораковинными брахиоподами (род *Gigantoproductus* и другие формы); по латерали приобретает черты брахиоподового ракушняка, местами сильно сокращается в мощности за счет стилолитизации.

Слой 39 (0.3–0.45 м). Известняк средне-крупнозернистый, закарстованный и окремненный; в шлифах грейнстоун онкоидный, со сложным диагенетическим наложением на первичную структуру (окремнение, палыгорскитизация; табл. I, фиг. 4–6), с крупными эллипсоидными кремнями, в кровле переходящий в известняк глинистый и мергель афанитовый, бледно-желтовато-серый, с прожилками шпатового кальцита.

Слой 40 (0.9–1.1 м). Известняк крепкий, массивный, мелкозернистый, биокластовый, нерав-

номерно перекристаллизованный (спаритизированный), разбит карстовыми трещинами и кавернами; в шлифах вакстоун биокластовый; в кровле мергель сланцеватый.

Слой 41 (0.7 м). Известняк массивный, афанитовый, с биомолдами по раковинам беллерофонтид и мелкими червеобразными каналами, очевидно корневого происхождения; в верхней части слоя коричневатые-серые пятна цементации-перекристаллизации со скоплениями ветвящихся червеобразных каналов, местами видна многофазовая сингенетическая брекчированность; кровля неравномерно уплотнена (стилолитизирована), местами пологобугристая, с мелкими (<10 см) карманами растворения, соответствует субаэральному несогласию.

Протвинский горизонт

Слой 42 (0.1 м). Мергель желто-серый, сланцеватый, выветрелый.

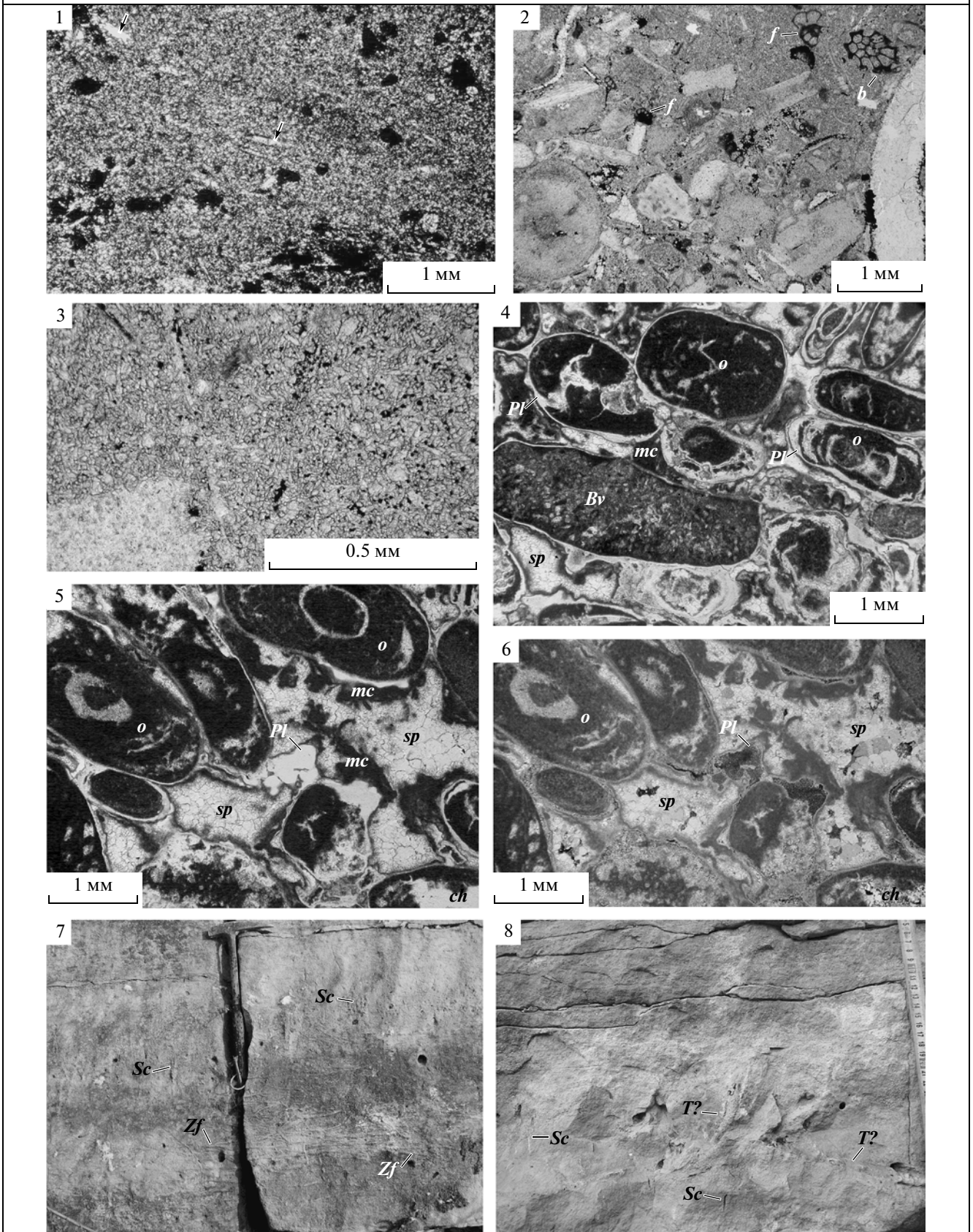
Слои 43, 44 (до 4 м). Карстовая брекчия известняка желтовато-светло-серого и белого; осадочная слоистость разрушена выветриванием; в шлифах пакстоуны биокластовые, с фораминиферами, иглокожими, мшанками и брахиоподами; в подошве местами удается проследить слой известняка массивного, перекристаллизованного, биокластового (слой 43).

Брекчия погружена в пеструю глину высококовской толщи, представляющую собой кору выветривания (палеопочву длительного развития) позднесерпуховско-башкирского возраста. Высоковские глины перекрываются базальными красноцветными слоями верейского горизонта московского яруса, которые не были доступны для близкого наблюдения.

Таблица II. Микрофации верхней части стешевского горизонта в разрезе Новогуровский (фиг. 1–6, шлифы из коллекции Н.Б. Гибшман) и полевые наблюдения в разрезе Заборье (фиг. 7, 9).

1 – вакстоун карбонатно-кремнистый в подошве слоя 34а (шлиф 21–44), частично сохранились спикулы кремневых губок (стрелки), николи скрещены; 2, 3 – рудстоун брахиоподово-криноидный, слой 35, обр. 22–60, *f* – фораминиферы, *b* – мшанка, фиг. 3 демонстрирует матрикс породы, сложенный микроспарит-мелкоспаритовыми кристаллами кальцита необычной удлиненной формы; 4–6 – грейнстоун онкоидный, со сложными раннедиагенетическими преобразованиями, слой 39, обр. 24–62–2, *o* – онкоиды, *Bv* – цианобактериальный желвак *Bevocastria* sp., диагенетические (в основном педогенные) структуры: *mc* – микритовые наросты (почвенные кальцитаны?), *Pl* – слои палыгорскита, замещающие микритовые субстраты, *ch* – окремнение (халцедон-микрокварц), *sp* – изометрично-спаритовый цемент, составляющий наиболее позднюю фазу пресноводного диагенеза, фиг. 6 в скрещенных николях; 7 – разрез Заборье, выветрелая вертикальная поверхность слоя 8 показывает постепенную смену вверх зоофикусовой ихнофации (*Zf* – спреиты *Zoophycos*) сколитовой (*Sc* – вертикальная отдельность, созданная норами *Scolithos*), правый блок смещен вверх относительно левого, рукоять молотка 40 см; 8 – разрез Заборье, слой 25 с каверночками, тонкими *Scolithos* (*Sc*) и наклонными структурами, относимыми к *Teichichnus* (*T*?), мерная лента в см и мм.

Таблица II



Разрез Дашковка

Стешевский горизонт

Слой 1 (видимая мощность 2.8 м). Глина “лобатовая” черная и темно-серая, с многочисленными и разнообразными скелетными остатками, среди которых преобладают брахиоподы и сетчатые мшанки; прослеживается 2 охристых (сидеритистых?) горизонта толщиной до 3 см; снизу вверх выделяются: подслой 1a – глина мягкая, черная, мощностью 1.0 м; подслой 1b – глина охристая, с многочисленными раковинами брахиопод, мощностью 1–3 см; подслой 1c – глина “дошатая” (разламывается на большие тонкие листы), с горизонтальными щетками селенита, мощностью 1.75–1.8 м.

Слой 2 (0.4 м). Мергель доломитовый, серый и зеленовато-серый, разбитый жилами кристаллического карбоната и гипса; слой меняет мощность, местами выклинивается на расстоянии в несколько десятков метров.

Слой 3 (0.45–0.5 м). Глина “дошатая”; снизу вверх выделяются: подслой 3a – глина темно-серая, “полудошатая”, мощностью 0.35 м; подслой 3b – глина рыжая и зеленоватая, “дошатая”, мощностью 0.1–0.15 м.

Слой 4 (0.8–0.9 м). Глина плотная, мергелевидная, частично доломитистая, зеленовато-серая с линзами темно-серой, внизу мягкая, сверху крепкая монолитная.

Слой 5 (1.0 м). Глина “дошатая”, темно-серая.

Слой 6 (0.4–0.5 м). Глина “дошатая”, желтая; подошва представляет собой фронт окисления и может по латерали переходить на другие уровни в единой пачке “дошатых” глин.

Слой 7 (0.3 м). Известняк глинистый, бледно-желтый.

Слой 8 (0.3 м). Глина рыжая, “дошатая”.

Слой 9 (0.5 м). Известняк монолитный, доломитизированный, с желтыми пятнами; в нижней части слоя прослеживается эрозионная поверхность, перекрытая ракушняком с большим количеством двустворок; в верхней части слоя известняк микритовый, с глазками-вагами растворения; кровля эрозионная, маркирует субаэральное несогласие.

Протвинский горизонт

Слой 10 (0.1 м). Мергель песчаниковидный (зерна глауконитовые или известняковые), с гальками известняка, с мелоподобными пятнами вторичного карбоната.

Слой 11 (0.15–0.35 м). Глина коричневая и мергель, местами содержащий сростки крупнокристаллического гипса – “пустынные розы”.

Слой 12 (0.3–0.5 м). Известняк белый, массивный, неравномерно перекристаллизованный (“сахаровидный”), с гастроподами и брахиоподами.

Слой 13. Известняк белый, плитчатый, со следами *Zoophycos*.

Слой 14. Известняк белый, перекристаллизованный; мощность слоев 13 и 14 около 1.2 м.

Слой 15 (0.15–0.2 м). Глина охристая.

Слой 16 (около 1.0 м). Известняк тонкоплитчатый и мергель.

Слой 17 (2.0–2.5 м). Известняк толстоплитчатый, перекристаллизованный и брекчия. Известняки слоев 12–17 сильно и неравномерно закарстованы вплоть до образования брекчии, в которой осадочная слоистость не прослеживается.

Высоковские глины – кора выветривания

Слой 18. Глины пестрые голубые, охристые и красные, заполняют карстовые полости в известняках слоев 9–17 и скрепляют карстовую брекчию. На карстовой брекчии слоев 17 и 18 трансгрессивно залегает слой 19.

Московский ярус

Слой 19 (2 м). Базальный слой верейского горизонта московского яруса: глины алевритистые, внизу зеленые, сверху кирпично-красные.

Разрез Заборье

Граница тарусского и стешевского горизонтов

Слой 8 (1.2 м). Известняк монолитный, относительно крепкий, с вагами (0.5–1 мм) и единичными мелкими (<1 см) кавернами растворения, с очень неясными горизонтально вытянутыми темными пятнами усиленной цементации; на выветрелых вертикальных поверхностях видно, что, по крайней мере, нижняя половина слоя содержит спреиты и шахты *Zoophycos* (рис. 2), которые только к кровле исчезают, уступая место типичным *Scolithos*; в шлифах пакстоун-вакстоун полибиокластовый разнотернистый в базальной части слоя, вверх переходит в пакстоун мелкозернистый каменидовый. Кровля слоя 8 слита с подошвой слоя 9 в одну плиту. Местами в 0.9 м выше подошвы обособляется тонкий (5 см) прослой сланцеватого зоофикусового известняка.

Слой 9a (0.6–0.7 м; пласт 9a; Кабанов, 2003). Известняк более светлый, чем в слое 8, монолитный, с редкими *Zoophycos* в нижней части; в 0.4–0.5 м выше подошвы прослеживается беззоофи-

кусовый горизонт с норами *Scolithos* диаметром до 4 мм, проникающими иногда до подошвы слоя; в сколитовом горизонте встречаются мелкие каверны растворения.

Слой 9b (0.4–0.5 м; пласт 9b; Кабанов, 2003). Известняк массивный, биокластовый, со скоплениями брахиопод и крупных члеников криноидей, в нижней части с редкими спреитами *Zoophycos*; в шлифах вакстоун фораминиферово-биокластовый, без признаков компакции, с многочисленными каменидами и мелкими биомолдами по моллюскам; в кровле сливные слабо оформленные пятна усиленной цементации-перекристаллизации, редкие каверны растворения. Слой 9b местами слит с 9а в единую плиту, а местами отделен тонкой парастилолитовой поверхностью.

Стешевский горизонт

Слой 10 (1.0 м). Известняк серый, на выветрелых поверхностях красновато-серый, глинистый, умеренно сланцеватый, плитчатый, с *Zoophycos*, со структурой вакстоун и флоатстоун, биокластовый; в подошве мергель зоофикусовый, переуплотненный.

Слои 11–13 (0.8 м). Известняк глинистый, слабо доломитизированный, рыжевато-серый до красновато-серого, пелитоморфный, сланцеватый, с многочисленными следами *Zoophycos*, с поломанными раковинами брахиопод; в шлифах мадстоун биокластовый с примесью алевритовых кварцевых зерен, со спикулами губок, с очаговым окремнением в биокластах.

Слои 14, 15 (0.95 м). Мергель красновато-серый, полосчатый, со следами *Zoophycos*, с обильными остатками рыб, пелитоморфный, с линзочками и скоплениями частично окремненных биокластов; в шлифах флоатстоуны и вакстоуны биокластовые, мшанково-брахиоподовые, со скоплениями биомолд по моллюскам, с рассеянными пустотами по ромбэдрам доломита; признаки мелководности (остатки водорослей и проявления поверхностно-осадочной микритизации) единичны; в верхних 0.55 м (слой 15) в сланцеватом мергеле обособляются конкрециевидные линзы известняка. На уровне слоев 14 и 15 М.С. Швецов (1948) указывал горизонт фосфоритовых желваков диаметром до 1 см.

Слой 16 (0.75 м). Мергель коричневатый-серый, полосчатый (зоофикусовый), в средней части слоя порода более темная и твердая, отчасти конкрециевидная, почти не полосчатая; многие биокласты окремнены; в средней части слоя присутствуют каверны с ячеистыми стенками и со следами раздвигания вмещающего осадка, вероятно

растворенные желваки ангидрита; в шлифах вакстоун остракодово-криноидно-брахиоподовый, с конодонтами.

Слой 17 (0.1–0.15 м). Глина известковая, листоватая, охристая, со скоплениями биокластов и следами *Zoophycos*.

Слой 18 (0.25 м). Известняк серый, глинистый, крепкий, со следами вихревой биотурбации и *Zoophycos*; в кровле встречаются тонкие (до 5 мм диаметром) вертикальные и наклонные ходы; в шлифах пакстоун-вакстоун мелкозернистый биокластовый, со спикулами губок и биомолдами по раковинам моллюсков; в кровле глина известковая листоватая.

Слой 19 (0.55 м). Известняк серый, глинистый, зоофикусовый, с детритом рыб, частично полосчатый из-за обохренных спреитов; в шлифах вакстоун мелкозернистый биокластовый, с небольшим количеством водорослей.

Слой 20 (0.75 м). Известняк глинистый до мергеля, с зоофикусовой текстурой, красновато-серый, пелитоморфный, чуть более крепкий и более светлый, чем в слое 19; толстое (по 0.1–0.25 м) переслаивание известняка относительно монолитного слабосланцеватого и мергеля флазерного; скопления брахиопод и одиночных ругоз; в верхнюю часть слоя из подошвы слоя 21 проникают субвертикальные и наклонные норы (*Scolithos*, возможно также шахты *Zoophycos*); в кровле определены следы *Planolites*; встречаются мелкие каверны и ваги растворения, запечатанные удлиненным шпатовым (клиновидным?) кальцитом; в шлифах вакстоун-флоатстоун криноидно-брахиоподовый, с редкими водорослями-сифониями.

Слой 21 (0.55 м). Известняк красновато-серый и рыжевато-серый, с многочисленными брахиоподами (преимущественно тонкораковинными), одиночными ругозами и моллюсками (гастроподами, головоногими длиной более 10 см), в подошве фрагментарно сохранились прослойки мелкой битой ракушки, очевидно штормового происхождения; количество спреитов *Zoophycos* меньше, чем в выше- и нижележащих слоях; присутствуют наклонные и вертикальные норы, в том числе *Scolithos*, а также мелкие каверны растворения, иногда приуроченные к субвертикальным норам; подошва и кровля согласные.

Слой 22 (0.1 м). Мергель листоватый, местами пластичный и липкий, сизый, с мелкими брахиоподами и детритом рыб, с охристыми и красными сидеритовыми конкрециями и прожилками; ихноценоз разнообразный, включает *Chondrites*

(ранее определенные как *Vermichnus*; табл. II, фиг. 9), *Zoophycos*, *Planolites*.

Слой 23 (0.15–0.2 м). Известняк глинистый, красновато-серый, с разнообразными темно-окрашенными следами (*Planolites*, спреиты *Zoophycos* и другие); в мелких кавернах и норах встречается сидерит; в шлифах флоатстоун-вакстоун разнозернистый, остракодовый и криноидно-брахиоподовый, с конодонтами, в кровле с примесью детритового кварца; подошва и кровля согласные.

Слой 24 (0.1 м). Глина сизая до черной, с мелкокубовидной отдельностью, рассыпчатая, вероятно бентонитовая, мылкая на ощупь, с яркоохристыми сидеритовыми конкрециями, с редкими белыми желвачками сульфата; в кровле мергель полосчатый, флазерный, зоофикусовый, маркирующий согласный переход в слой 25.

Слой 25 (0.7 м). Известняк красновато-серый; нижние 0.25 м сложены известняком монолитным, с мелкими кавернами растворения и размытыми пятнами усиленной цементации, со следами *Teichichnus* и *Scolithos*, но без *Zoophycos* (табл. II, фиг. 8); вокруг нор *Scolithos* развиты ореолы темно-серого окрашивания; выше постепенный переход в известняк глинистый и мергель полосчатый, линзоидный, зоофикусовый, с обильным детритом рыб, пятнами обохренный; в шлифах вакстоун-флоатстоун брахиоподовый, с биомолдами по раковинам гастропод, с частично перекристаллизованным матриксом.

Слой 26 (0.35 м). Известняк глинистый, серовато-коричневый, пятнами обохренный, в верхней части вишневый, очень твердый, непористый, с обильными целыми брахиоподами (резко преобладают роды *Eomarginifera*, *Composita*); в шлифах флоатстоун-рудстоун брахиоподовый, с многочисленными конодонтами и биомолдами по раковинам моллюсков; следы *Zoophycos* отсутствуют; седиментационные и раннедиагенетические полости запечатаны крупным изометричным спаритом; подошва и кровля согласные.

Слой 27 (0.2–0.25 м). Глина бурая и темно-серая, листоватая, в подошве со скоплениями биокластов и раковин брахиопод, с длинными стеблями морских лилий; выше скелетные фрагменты более мелкие, почти не образуют скоплений.

Слой 28 (0.2–0.25 м; тарусский мрамор). Известняк темно-серый, массивный, с высоким содержанием органического вещества (резкий запах при расколе), массивный, однородный, в подошве с детритом рыб; биотурбация преимущественно неясная (криптобиотурбация); подошва и кровля согласные; два типа микрофаций:

(1) пакстоун-вакстоун среднезернистый, биокластовый, с доломитизированным матриксом, со значительным количеством фораминифер и спикул губок, с единичными каменидами; (2) вакстоун-пакстоун водорослево-брахиоподовый, менее доломитизированный и более пористый, с обильными таллитами водорослей-каменид.

ГЕОХИМИЧЕСКАЯ И МИНЕРАЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Разрез Новогуровский

Геохимические и минералогические данные (табл. 1 и 2; рис. 3 и 4) показывают, что тарусско-среднестешевская часть разреза Новогуровский практически не доломитизирована: количество MgO не превышает 4% (рис. 3б), карбонаты представлены кальцитом, в нескольких образцах с малым количеством доломита (рис. 4а). В минералогическом составе “лобатовых” глин преобладает монтмориллонит. Кварц, выявляемый во многих образцах, подтверждает терригенное происхождение стешевских глин. Любопытно присутствие следов каолинита в толще “лобатовых” глин выше образца 34а-3. Мы предполагаем, что каолинит мог быть принесен в виде детритовых частиц из размывавшейся досерпуховской (нижневизейской?) коры выветривания. В образцах из слоя 27, перекрывающего форинское несогласие, выявляется гипс (рис. 4б).

Соотношение CaO , MgO и SiO_2 (рис. 3б) отражает возрастающую вверх глинистость разреза и переслаивание более глинистых и более карбонатных слоев. Значительное возрастание валового железа в толще лобатовых глин (от 1.2% в среднем для слоев 25–32 до 3.8% для слоев 34а–36), вероятно, свидетельствует о возрастающей вверх пиритизации толщи, включая пирит, окисленный в приповерхностных условиях до соединений Fe^{3+} . Сидерит на дифрактограммах не выявляется, вероятно в силу высокой степени его концентрации в виде крупных и нечастых стяжений, встречающихся в разрезе, но не попавших в образцы. Содержание фосфора в нижней, глинисто-карбонатной пачке (слои 25–34d), показывает прямую корреляцию с глинистостью. Очевидно, фосфор полностью биогенный (конодонты, детрит рыб), и его содержание в более глинистых и более глубоководных зоофикусовых слоях выше (в среднем 0.26% P_2O_5), чем в более мелководных известняках (в среднем 0.09%). В верхней части “лобатовых” глин (слои 34е–36) количество биогенного фосфата падает до 0.04–0.1% P_2O_5 . Содержание Na^+ и K^+ устойчиво возрастает в “ло-

батовых” глинах (слои 34–36; рис. 3б), где, вероятно, фиксируется в глинистых минералах. Степень придонного дефицита кислорода и положение редокс-барьера относительно поверхности осадка оценивается с помощью двух групп индикаторов (Calvert, Pedersen, 1993; Algeo, Maynard, 2004; Algeo, Tribouillard, 2009): элементы с меняющейся валентностью, концентрации которых в осадке чувствительны к редокс-барьеру (Mo, V, Mn и др.), и элементы с постоянной валентностью, выпадающие в осадок в виде сульфидов в бескислородной (эвксинной) среде (Pb, Cu, Ni, Zn и др.). При этом по содержанию кислорода среда осадконакопления классифицируется на оксичную (>2.0 мл/л O_2), гипоксичную или изоксичную (~ 0.2 – 2.0 мл/л O_2), аноксичную несulfидную (<0.2 мл/л O_2 , 0 мл/л H_2S) и аноксичную сульфидную или эвксинную (0 мл/л O_2 , >0 мл/л H_2S). В соответствии с широко распространенной практикой (Calvert, Pedersen, 1993; Algeo, Maynard, 2004; Гаврилов и др., 2008) содержание данных элементов нормализовано по алюминию. Рисунок 3б показывает отсутствие значительных пиков Mn/Al, Mo/Al и нормализованных по Al сульфидофильных элементов, однако глинистые пачки в интервале от слоя 29а до подошвы слоя 34е обогащены Mn в 1.3–3 раза по сравнению с разделяющими карбонатными слоями. В образцах от 28а до 34а-п содержание Mn и некоторых сульфидофильных элементов слабо коррелируется с глинистостью ($R_{Al, Mn} = 0.7$, $R_{Al, Zn} = 0.78$, где R – коэффициент корреляции Пирсона). Поэтому здесь редокс-чувствительные и сульфидофильные элементы, вероятно, в основном связаны в детрите. Выше, в образцах от 34а-3 до 34е-1, фиксируются наиболее выраженные противофазные колебания Mn и сульфидофильных элементов ($R_{Mn, Zn} = -0.98$, $R_{Mn, Cu} = -0.79$, $R_{Mn, Pb} = -0.97$, $R_{Mn, Ni} = -0.91$), причем карбонатные слои преимущественно обогащены Mn и обеднены Zn, Cu, Pb и Ni, а слои черных глин – наоборот. Мы полагаем, что уровни с высоким содержанием Mn (в основном это карбонатные слои) отражают периодическое возникновение бедных кислородом (около 0.2 мл/л O_2) условий, когда редокс-барьер проходил у поверхности дна, а уровни с повышенным содержанием Zn, Cu, Pb, Ni и падением концентраций Mn отражают еще более бескислородные условия. Слабая выраженность пиков вышеназванных элементов, очевидно, связана с тем, что образцы брались усредненные по интервалам разреза не менее 10 см. Очевидно также отсутствие постоянной и продолжительной аноксии, которая должна была бы выразиться в значительных пиках Pb/Al, Cu/Al, Ni/Al, Zn/Al. Отсутствие

накоплений сульфидофильных элементов и постепенное затухание колебаний Mn в глинах выше слоя 34d свидетельствует о том, что донная среда по мере дальнейшего развития “стешевского бассейна” становилась все более кислородной. Заметный рост содержания V в “лобатовых” глинах сложно интерпретировать.

Разрез Дашковка

Минералогический состав образца DS-1a из разреза Дашковка аналогичен таковому образцов 34f-1, 34f-2 из разреза Новогуровский: резко преобладает монтмориллонит, в качестве примесей содержится слюда, кварц, полевые шпаты и кальцит (рис. 4в). Для монтмориллонита в Mg-форме характерно аномально высокое значение d_{001} – 16.4 Å. Переход в “дощатые” глины вверх по профилю фиксируется в образце DS-1с, где в равных пропорциях содержатся монтмориллонит и палыгорскит. В качестве примесей присутствуют кварц и доломит. Выше в составе желтой “дощатой” глины основным минералом становится палыгорскит (обр. DS-6/2), подчиненным – монтмориллонит. Устойчивая примесь кварца указывает на продолжающийся терригенный приток. В подошве верейского горизонта московского яруса (слой 19) доминирует кварц, среди слоистых минералов преобладают слюда и каолинит, имеется небольшое количество монтмориллонита.

Геохимические тренды по разрезу Дашковка согласуются с таковыми по разрезу Новогуровский (рис. 3а). Так, слои 1а–1с в Дашковке по содержанию основных элементов, редокс-индикаторам и показателям сульфидности соответствуют пачке слоев 34е–36, с которыми, вероятно, и коррелируются стратиграфически. Для пачки “дощатых” палыгорскитистых глин (слои 3–8) характерно повышенное содержание $Na_2O + K_2O$, в нижней части пачки – крайне низкое содержание Mn. Повышенное (10–14%) содержание MgO отражает в основном Mg в кристаллической решетке палыгорскита, в вышележащих слоях 9, 10 – доломитизацию карбонатного субстрата и, вероятно, примесь палыгорскита. Сульфидофильные элементы находятся на фоновом уровне по всему разрезу. Повышение концентрации Mn в слоях 6–12 и резкий его пик в слое 10 связаны с развитием субаэрального выветривания. Возможно, Mn накопился во время дашковского субаэрального эпизода, когда господствовал субаридный или даже аридный климат (“пустынные розы” гипса в слое 10 в Дашковке, примесь палыгорскита на том же уровне в Заборье). Накопление Mn при этом шло путем множественных ре-

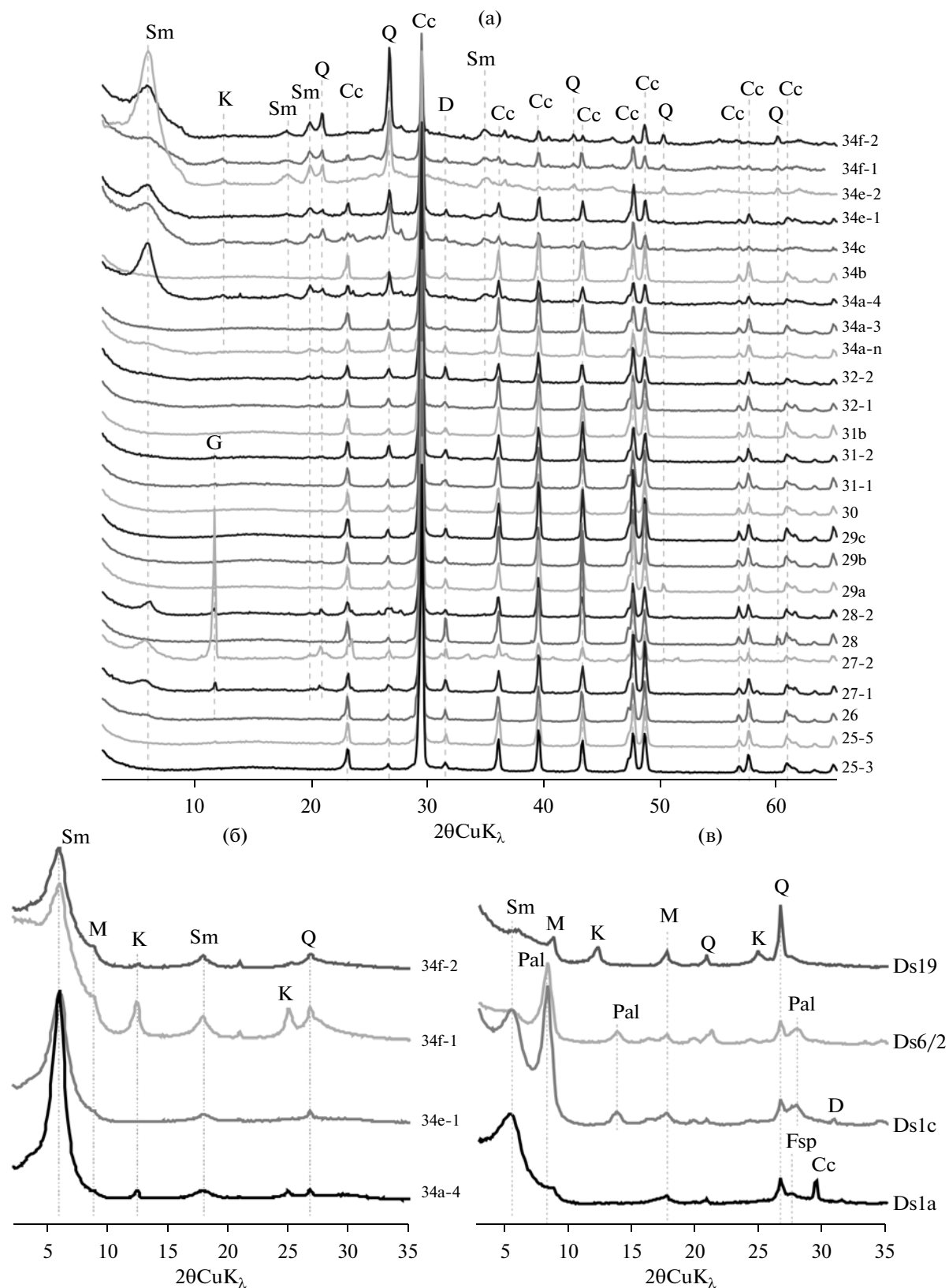


Рис. 4. Дифрактометрия образцов из тарусского и стешевского горизонтов.

(а), (б) – разрез Новогуровский (а – валовые образцы, б – выбранные образцы илистой фракции, Mg-воздушно-сухие образцы); (в) – образцы из верхов глинистой толщи стешевского горизонта разреза Дашковка, илística фракция, Mg-воздушно-сухие образцы; положение образцов Ds-1a, Ds-1b, Ds-6/2 см. на рис. 2; образец Ds-19 происходит из подошвы верейского горизонта московского яруса. Минералы: Sm – смектит, К – каолинит, Q – кварц, Сс – кальцит, D – доломит, G – гипс, Pal – палыгорскит, М – слюда, Fsp – полевые шпаты.

докс-циклов у дневной поверхности (“пустынный загар”) или отложения в тканях ксерофильной растительности (Kabanov et al., 2010). Однако, учитывая, что обогащение Mn фиксируется в слоях 6–12, возможно участие и другого механизма, связанного с колебаниями уровня грунтовых вод вдоль глинистого водоупора во время предмосковского осушения территории, когда сформировалась высококовская палеопочва (образцы DS-18/1, DS-18/2).

ИХНОФАЦИИ И ИХНОСТРАТИГРАФИЯ

Отсутствие несогласий и относительная фациальная однородность верхнетарусско-стешевского интервала повышает значение других подходов к выявлению цикличности, в частности ихностратиграфии (смена в разрезе ихнофааций; Микулаш, Дронов, 2006). Фациальная однородность выражается в резком преобладании биокластовых вакстоунов и пакстоунов, в отсутствии оолитов и даже окатаннозернистых, сколь-нибудь сортированных грейнстоунов, которые могли бы указывать на обстановки прибойных и/или теченных отмелей (Кабанов, 2003). Полностью отсутствуют, по крайней мере в серпуховской части разреза, крустификационные морские цементы. Последние развиваются при постоянном прокачивании теплой морской воды через поровое пространство осадка, что в основном происходит на отмелях, включая отмели эпиконтинентальных бассейнов (Kabanov, 2003; Кабанов, 2009). Таким образом, представление о высокоэнергетических обстановках накопления некоторых окско-серпуховских пакстоунов (Вевель и др., 2007) кажется необоснованным. Детальное изучение всего комплекса следов авторами не проводилось, ихнофаации выделялись по наиболее ярким полевым признакам – присутствию/отсутствию и качественной степени развития *Zoophycos*, горизонтов развития других типов следов, хорошо диагностируемых на вертикальных срезах (рис. 2; табл. I, фиг. 6–8; табл. II, фиг. 7). Все выделяемые ниже ассоциации следов относятся к ихнофаациям мягких грунтов (Bromley, 1996; Микулаш, Дронов, 2006), что указывает, среди прочих признаков, на крайне низкую степень первичной литификации осадка.

Ихнофаация *Zoophycos* определяется по обилию спреитов *Zoophycos*, как правило хорошо диагностируемых (табл. I, фиг. 6; табл. II, фиг. 7). В основном данная ихнофаация находится в циклической противофазе к сколитовым горизонтам и отличается повышенной илистостью субстрата (преимущественно вакстоуны). В таких фаациях

водоросли и микритизированные зерна редки или отсутствуют, что также характерно для зоофикусовых фааций московского яруса (Kabanov, 2003; Кабанов, 2009). Перечисленные признаки указывают на развитие следов *Zoophycos* в глубоководной части фациального спектра изучаемого бассейна. Это согласуется с известной приуроченностью *Zoophycos* к тиховодным, но не застойным обстановкам с пониженным уровнем донного и внутриосадочного кислорода, с илистыми мягкими (не литифицированными) грунтами. Текстура *Zoophycos* более развита в первично эвтрофных (обогащенных тонким терригенным материалом и/или органическим веществом) грунтах, чем в чистых карбонатных илах. Во внутренних областях эпиконтинентальных бассейнов такие обстановки располагались целиком в неритовой (<100 м) области (Bromley, 1996; MacEachern et al., 2007), иногда настолько мелководной, что следы *Zoophycos* встречаются совместно с автохонными корневыми остатками (Геккер, 1980). Известно, что спреиты *Zoophycos* развиваются в широком внутриосадочном ярусе от первых сантиметров до 1 м под поверхностью осадка, ограничиваясь мощностью благоприятного илистого субстрата и глубиной до поверхности литификации (Bromley, 1996; Gong et al., 2009). Поэтому следует ожидать систематическое смещение вверх обстановок, одновременных с развитием животных-следопроизводителей. Так, спреиты *Zoophycos*, встречающиеся совместно с ассоциацией следов сколитовой ихнофаации, могут принадлежать животным, жившим одновременно с накоплением вышележащего зоофикусового осадка, при этом зоофикусы проникают в сколитовые горизонты, только если последние не были литифицированы при обмелении.

Ихнофаация *Scolithos* определяется по появлению вертикальных нор-трубок (табл. I, фиг. 7) и характеризуется выклиниванием или разрежением спреитов *Zoophycos*, появлением следов *Tetrichichnus*, иногда *Diplocraterion*. В некоторых случаях последние два ихнорода более многочисленны, чем таксон-индекс (например, в слое 26 разреза Новогуровский). В описываемых разрезах ихнофаация *Scolithos* развита в пакстоунах, часто (но не всегда) с повышенным количеством водорослей (в основном сифоней-каменид). Возможно присутствие на уровнях со *Scolithos* настоящих остатков корней. Сколитовая ихнофаация, по-видимому, устанавливалась в эпизоды обмеления, при повышении уровня кислорода в осадке и переходе к более песчаным грунтам (пакстоуны) благодаря достижению зоны частого взмучивания или даже базиса повседневных волн.

При этом энергия волнения была все равно слабой, поскольку окатаннозернистые фации в тарусско-нижнестешевском интервале отсутствуют. При отсутствии в разрезе перерывов такие стратиграфические уровни (сколитовые горизонты) служат основными реперами границ циклотем/сиквенсов.

Ихнофация Chondrites устанавливается по развитию ихнорода-индекса в темноцветных глинах и мергелях средней и верхней части стешевского горизонта (табл. I, фиг. 9). Оценка степени развития хондритовой текстуры, так же как прослеживание ее в непрерывном разрезе, была невозможна из-за плохой сохранности, местами полного исчезновения биотурбационных текстур в глинах. По-видимому, основной мотив ихностратиграфии глинистой толщи стешевского горизонта — переслаивание уровней *Zoophycos* и *Chondrites*. В “дощатых” глинах верхов стешевского горизонта биотурбация подавлена, *Chondrites* и другие следы встречаются спорадически. Хондритовые ихнотекстуры ранее были отнесены в разрезе Заборье к сборной группе мелких червеобразных следов (фукоиды или *Vermichnus*; Кабанов, 2003), однако остается неясным, принадлежат ли все “фукоиды” к группе *Chondrites*, или есть другие морфотипы (например, *Macaronichnus*, *Phycosiphon*). *Chondrites* относится к группе глубоководных следов (Bromley, 1996; Микулаш, Дронов, 2006), поэтому, как и в случае с *Zoophycos*, оптимальные обстановки существования животных-следопроизводителей могут быть смещены вверх относительно соответствующего горизонта биотурбации.

Помимо таксонов-индексов, в зоофикусовой и хондритовой ихнофациях присутствуют другие следы, которые систематически не определялись. Так, в слоях 20–27 Заборья ихнокомплексы отличаются разнообразием, присутствует *Planolites* и, возможно, более одного типа “фукоидных” следов.

НЕСОГЛАСИЯ, ЦИКЛИЧНОСТЬ И СОПОСТАВЛЕНИЕ РАЗРЕЗОВ

Для местной детальной (субзональной) корреляции первостепенное значение имеет аллостратиграфия — прослеживание событийных и сиквенс-стратиграфических горизонтов и поверхностей. Главными поверхностями в мелководно-платформенных отложениях, при отсутствии событийных пепловых прослоев, являются субаэральные несогласия и горизонты максимальной трансгрессии и максимального углубления моря (*highstands*; далее для краткости *хайстенды*).

Серпуховские разрезы Московской синеклизы не содержат яркие реперы субаэральные экспозиций, такие как “ризоидные” известняки, по которым в подстилающих верхневизейских отложениях проводят границы стратонтов (Осипова, Бельская, 1965а; Бирина и др., 1971; Hecker, Osipova, 2007; Gibshman et al., 2009). При отсутствии подобных однозначно интерпретируемых реперов и значительных фациальных изменений от разреза к разрезу, реконструкции цикличности в нижнесерпуховском интервале отличаются несогласованностью и недостаточной обоснованностью (Махлина, Жулитова, 1984; Махлина и др., 1993; Гибшман, 2003; Кабанов, 2004; Вевель и др., 2007; Gibshman et al., 2009). Ниже приводится новое “прочтение” цикличности (секвенс-стратиграфии) и местной корреляции разрезов нижнесерпуховского интервала.

Субаэральные несогласия

Тарусский горизонт залегает на веневском с выраженным, регионально прослеживаемым субаэральным несогласием (Осипова, Бельская, 1965а), получившим название “муратовский палеокарст” (Кабанов, 2004). Выше муратовского несогласия субаэральная поверхность устанавливается в кровле слоя 26 разреза Новогуровский, где представлена относительно слабым палеокарстом, развитым часто по ходам беспозвоночных (табл. I, фиг. 3–5). Данный уровень сопоставляется со слоем 4 Заборья (рис. 5). В Заборье полевых наблюдений недостаточно для подтверждения закарстованности (слои 1–7 ныне недоступны), однако в шлифах из слоя 4 устанавливаются косвенные признаки субаэального диагенеза — перекристаллизация (неоморфизм) матрикса и развитие спаритового цемента (Кабанов, 2003), а комплекс следов практически идентичен таковому в слое 26 разреза Новогуровский (*Scolithos*, *Diplocraterion*, *Teichichnus*). Большинство указанных в Заборье “аппендиксов стигмарий”, вероятно, следует отнести к *Scolithos*. При этом нельзя исключить присутствие настоящих аппендиксов стигмарий (табл. I, фиг. 5). Данный горизонт, перекрываемый тонким (около 10 см) коричневатым мергелем, указывается во многих разрезах Тульской и Калужской областей как “сколитовый горизонт” (Осипова, Бельская, 1965а; Бирина и др., 1971; Hecker, Osipova, 2007) или как уровень со стигмариями (Махлина и др., 1993). При этом в нижней части тарусского горизонта в некоторых разрезах развиты пятна вадозной цементации-перекристаллизации “веневского типа” (Бирина и др., 1971; Махлина и др., 1993; Кабанов, 2004).

Признаки закарстованности и следы корней на этом стратиграфическом уровне наблюдались П.Б. Кабановым в разрезах Парсуково, Форино и Малиновка (Gibshman et al., 2009, fig. 3). Данное несогласие получает название форинского (по д. Форино и одноименному месторождению известняков, 54°19' с.ш., 37°30' в.д.).

В кровле стешевского горизонта в разрезах Заборье (слои 45, 46) и Дашковка (слой 9) установлена калькретовая палеопочва (дашковское несогласие; Кабанов, 2004), имеющая в Заборье палыгорскит-доломит-кальцитовый состав. В разрезе Новогуровский кровля стешевского горизонта и низы протвинского горизонта изучены недостаточно. Сопоставление дашковской палеопочвы с несогласием в кровле слоя 41 (Gibshman et al., 2009) сталкивается с противоречием: в сборном образце 24-62 (привязка которого “плавает” в интервале слоя 38—подошвы слоя 40) в нормально-морских биокластовых пакстоунах определен протвинский комплекс фораминифер с *Eostaffellina paraprotae* (Rauser) (Gibshman et al., 2009). При этом слои 40 и 41 представлены массивными, первично химически чистыми, биокластовыми известняками протвинского облика. Другая литологическая разность образца 24-62 представлена грейнстоуном онкоидным со сложнейшими диагенетическими изменениями — выщелачиванием осадочных зерен, развитием микритового и спаритового кальцитового цемента, слоистого окремнения и палыгорскитизации (табл. II, фиг. 4—6). Такой грейнстоун фациально идентичен грейнстоуну слоя 45 Заборья (Кабанов, 2003, 2004) и неизвестен на других уровнях серпуховского яруса типовой местности. Мы полагаем, что в разрезе Новогуровский онкоидный грейнстоун слоя 39 лежит с размывом на брахиоподовом нормально-морском известняке слоя 38 и что афанитовый мергель с кальцитовыми прожилками в кровле слоя 39 может представлять собой калькретовый панцирь, сходный по строению с калькретом слоя 46 Заборья (Кабанов, 2004). Литологическая разность образца 24-62 с *E. paraprotae*, скорее всего, происходит из подошвы слоя 40. Таким образом, дашковское несогласие с большей вероятностью проводится по кровле слоя 39, а несогласие в кровле слоя 41 находится внутри протвинского горизонта.

Верхнетарусско-нижнестешевские “корневые горизонты” разреза Заборье

Выше уровня форинского несогласия и до подошвы “лобатовых” глин в разрезе Заборье было выделено три уровня развития предполагаемых

остатков корней (“корневые горизонты”) и связанных с ними признаков субаэральной переработки (Кабанов, 2003, 2004). Однако пересмотр старых материалов и недавний визит в карьер Заборье вынуждают забраковать большинство свидетельств субаэральных экспозиций. Ни на одном уровне обмеления верхнетарусско-нижнестешевского интервала изученных разрезов не набирается ассоциация признаков, достаточная для подтверждения длительных осушений. Пересмысление верхнетарусско-нижнестешевских “корневых горизонтов” Заборья как уровней обмеления со *Scolithos* облегчает задачу сопоставления с разрезом Новогуровский.

Так, граница тарусского и стешевского горизонтов была выбрана между слоями 8 и 9 по уровню наибольшей концентрации корнеподобных пустот “третьего корневого горизонта” (Кабанов, 2003), представленного “разнонаправленными, преимущественно полыми каналами диаметром не более 3—4 см, иногда с сохранившимися ответвлениями, перпендикулярно отходящими от основного ствола”. Кроме того, в нижней части слоя 9 была встречена “серия параллельных, ориентированных примерно под углом 45°, похожих на хлысты отпечатков, которые могут быть аппендиксами субвертикально ориентированных стигмарий II типа (Геккер, 1980)” (Кабанов, 2003, с. 28). При пересмотре слоев 8 и 9 в 2009 г. достоверные корневые структуры не обнаружены. Вертикальные каналы диаметром до 4 см определяются как норы *Scolithos*, а наклонные, плавно изгибающиеся каналы, вероятно, являются шахтами *Zoophycos*. Структуры, отнесенные ранее к “стигмариям II типа”, весьма сходны со следами *Teichichnus*, каковыми, вероятно, и являются. Одна изображенная ранее структура (табл. II, фиг. 1; Кабанов, 2003) может относиться к остаткам корней. Каверны выщелачивания и пятнистая цементация сами по себе не являются достоверными признаками субаэральных преобразований. Например, каверны могут образоваться при растворении желваков сульфата.

Свидетельства субаэральных изменений приводились также для слоя 25 (Кабанов, 2003). Указывалось развитие пятен цементации-перекристаллизации, присутствие изгибающихся, предположительно корневых каналов — “червоточин”, а также наличие в открытых полостях глинистых рубашек, напоминающих почвенные аргилланы (глинистые кутаны). При наблюдении слоя 25 в 2009 г. присутствие корневых структур не подтверждено, однако подтвердился согласный характер кровли слоя 25, что свидетельствует об отсутствии перерыва. Образование глинистых рубашек также возможно в ши-

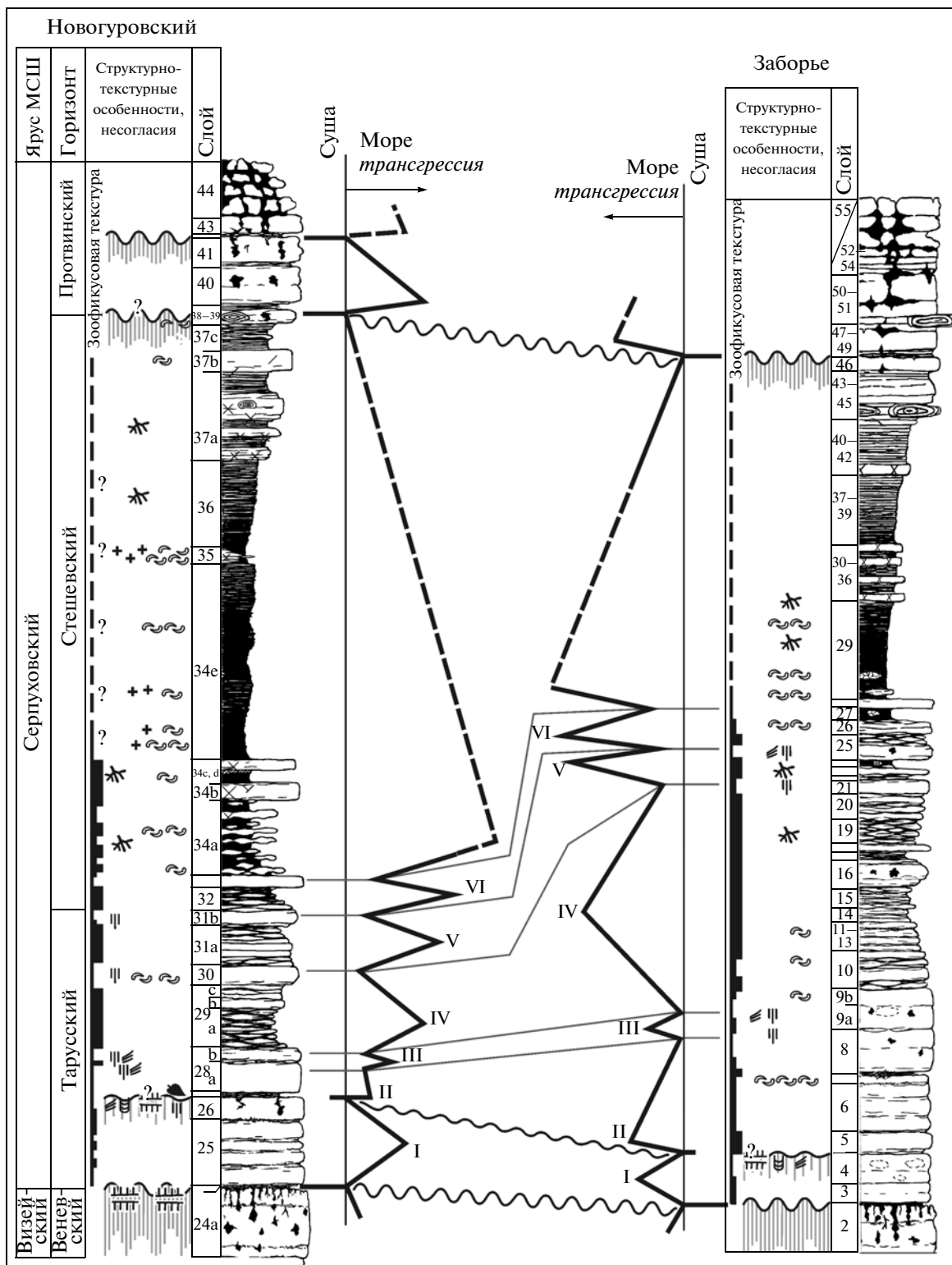


Рис. 5. Новая интерпретация трансгрессивно-регрессивной цикличности и корреляция разрезов Новогуровский и Заборье.

I–VI – циклические пакеты-куплеты тарусского и стешевского горизонтов (см. текст). Остальные условные обозначения см. на рис. 2.

роком спектре обстановок, в том числе субаквальных.

Цикличность и сопоставление разрезов

Муратовское и форинское несогласия ограничивают с подошвы и кровли пачку массивных толстоплитчатых известняков (слои 25, 26 в разрезе Новогуровский и слои 3, 4 в разрезе Заборье). Фациально эта пачка очень сходна с веневскими известняками преобладанием пакстоунов биокластовых с *Calcifolium* (которые постепенно исчезают выше), частичным развитием пятен веневского типа (Бирина и др., 1971; Махлина и др., 1993), а также незначительным участием следов *Zoophycos* вплоть до их отсутствия (рис. 2). Данная пачка в основном соответствует ранее выделенной игнатовогорской подсвите (C_1tr_1 на рис. 1а; Махлина и др., 1993).

Выше форинского несогласия и до подошвы пластичных “лобатовых” глин в разрезах Новогуровский и Заборье наблюдается пять циклических пачек-куплетов (II–VI на рис. 5). Каждый куплет сложен зоофикусовым слоем (пакстоунами и вакстоунами глинистыми биокластовыми, с малым количеством или даже отсутствием водорослей) и сколитовым слоем (пакстоунами биокластовыми и рудстоунами ракушечными, в различной степени глинистыми, с различным количеством водорослей). Зоофикусовые слои заключают фации хайстендов, а также не отделяемые от последних фации поздней трансгрессии и, возможно, ранней вызванной регрессии (falling-stage systems tracts; Posamentier et al., 1992). Сколитовые слои явно мелководнее зоофикусовых, однако в основном накапливались в пределах сублиторалей и не испытывали длительных осушений. На уровнях хайстендов интервала слоев 24–27 Заборья наблюдается постепенная замена зоофикусовых мергелей пластичными черными глинами с сидеритовыми стяжениями и с *Chondrites*, что объясняется эвтрофикацией бассейна и подавлением карбонатакопления в эпизоды хайстендов. Не исключено, что в пачке “лобатовых” глин (слои 34 разреза Новогуровский и 29–36 разреза Заборье) биотурбация *Chondrites* может преобладать, что трудно распознать из-за крайне плохой сохранности следов в глинах.

Слой 33 разреза Новогуровский и слой 28 разреза Заборье обладают внешним сходством: известняки мелкозернистые биокластовые, обогащенные органическим веществом и пиритизированные, со спаритовыми глазками, неравномерно перекристаллизованные, криптобиотурбированные, без *Zoophycos*, *Scolithos* или каких-либо дру-

гих морфологически выраженных ихнотекстур. В шлифах микрофации несколько различаются: в слое 28 разреза Заборье присутствуют скопления водорослей-каменид, в шлифах из слоя 33 разреза Новогуровский водорослевая микрофация не обнаружена. Тем не менее мы допускаем, что рассматриваемые слои могут сопоставляться.

Особого рассмотрения требует пачка переслаивания черных “лобатовых” глин и глинистых биокластово-микритовых известняков (слои 34а–34d разреза Новогуровский). Многие прослои известняка имеют конкрециевидный облик и латерально замещаются пластичными глинами либо серыми доломитовыми мергелями. В подошве присутствуют линзы и желваки мергеля кремнистого спиккулового. Фациальный переход в грубые криноидные известняки, указанный Т.Н. Бельской (Бельская и др., 1975), в пределах Новогуровского карьера нами не наблюдался. В данной пачке развиты ихнофации *Zoophycos* и *Chondrites*, однако взаимоотношение ихнокомплексов неясное из-за плохой сохранности следов. Конкрециевидность известняков указывает на то, что микритовый матрикс может быть результатом раннедиагенетического (отсутствие компакций) перераспределения карбоната в глинистом осадке. Раннедиагенетическое происхождение устанавливается и для доломитовых мергелей, развитых в толще черных глин (Кабанов, 2003). Несмотря на присутствие известняков, фациально слои 34а–34d тяготеют скорее к пачке среднестешевских “лобатовых” глин, нежели к нижнестешевским зоофикусовым известнякам и мергелям.

При сопоставлении слоя 33 разреза Новогуровский со слоем 28 разреза Заборье и отнесении пачки 34а–34d первого разреза к “лобатовым” глинам обеспечивается согласованная корреляция верхнетарусско-нижнестешевских куплетов между разрезами Заборье и Новогуровский (рис. 5). Предлагаемая корреляция подтверждается появлением типично стешевских комплексов фораминифер с *Eostaffellina decurta* (Rauser) в слое 29 разреза Новогуровский, то есть значительно ниже принятой в этом разрезе подошвы стешевского горизонта (Gibshman et al., 2009). При этом резкое (в 2.9 раз) сокращение мощности куплетов II–IV от разреза Заборье к разрезу Новогуровский компенсируется увеличением мощности верхнестешевских глин. Предположительно такое сокращение мощности карбонатного разреза отражает развитие очень растянутых карбонатных клиноформ с подошвенным прилеганием (downlap) в сторону Воронежского массива (источника терригенного сноса). В верхнестешевской глинистой пачке цикличность не выявлена, вероятно, в силу ее недостаточной

фациальной изученности. Мы предполагаем, что наиболее глубоководные обстановки достигались во время накопления нижней части толщи “лобатовых” глин, поскольку именно в слоях 34a–34d по геохимическим индикаторам устанавливается кислородный минимум для раннесерпуховского времени. Общий тренд углубления раннесерпуховского времени выявляется по исчезновению вверх по разрезу субаэральных перерывов и развитию низкоэнергетических фаций с богатой бентосной фауной, но малым числом водорослей, а также по резкому увеличению количества рыбного детрита и конодонтов (Gibshman et al., 2009). Не исключено, что причиной замедления колебаний уровня моря и углубления бассейна было установление продолжительного (до 2 млн. лет по калибровке в (Davydov et al., 2010)) климатического оптимума непосредственно перед основным разрастанием ледниковых покровов Гондваны и усилением гляциоэвстатике. Для разрезов позднесерпуховского времени и его эквивалентов есть свидетельства высокочастотных колебаний уровня моря амплитудой в десятки метров (Bishop et al., 2009).

ОБСТАНОВКИ СТЕШЕВСКОГО БАСЕЙНА

Приведенные данные позволяют внести ясность в интерпретацию стешевской глинистой толщи. Исходя из отсутствия характерных мелководных форм бентосной фауны, М.С. Швецов (1932) сначала считал эту своеобразную толщу наиболее глубоководной в серпуховском ярусе. Позже он склонился к интерпретации данной толщи (по крайней мере ее верхней, сланцево-доломитовой части) как мелководной (Швецов, 1938, 1948). Признаками мелководности служили сильная площадная изменчивость, опесчанивание к северу, появление доломитов и наличие следов осушений в кровле (дашковская палеопочва; Кабанов, 2003, 2004). Специфический состав фауны определенно не указывал на мелководность или глубоководность, но свидетельствовал о значительном изменении физико-географических условий по сравнению с тарусским временем. А.И. Осипова и Т.Н. Бельская (1965б, 1967) интерпретировали всю глинистую толщу как “стешевскую лагуну”, что казалось сомнительным (Кабанов, 2003). На относительную глубоководность и эвтрофикацию в этом бассейне указывают такие признаки, как развитие илистых фаций, отсутствие достоверных субаэральных поверхностей, признаки постоянного дефицита кислорода около дна, изобилие рыб и конодонтов (Gibshman et al., 2009), криноидей и бластоидей, находки ги-

гантских (>1 м) головоногих. Так, число видов криноидей и бластоидей, собранных погоризонтно, возрастает от 2–3 в каждом горизонте окского надгоризонта к 5 в тарусском горизонте и скачкообразно к 27 в стешевском горизонте (Arendt, 2002).

Примечательно, что, судя по приведенным в литературе разрезам и картам (Бельская и др., 1975; Бирина и др., 1971; Махлина и др., 1993), полная мощность серпуховского яруса существенно не изменяется от периферии к центру “стешевского бассейна”, колеблясь в фациальных зонах I–III от 20 до 35 м и умеренно возрастающая на восток. Вероятно, и эти слабые колебания мощностей вызваны в основном разной компактностью преимущественно глинистых и преимущественно карбонатных разрезов, а не различиями в скорости погружения на разных участках. Таким образом, нет оснований полагать, что образование “стешевского бассейна” контролировалось тектонически.

Вероятно, осадочная чаша “бассейна” формировалась путем стабильного функционирования низкоэнергетической дельты (рис. 6), приносившей тонкую терригенную взвесь в небольшом количестве, которого, однако, хватало для подавления фотозойного карбонатообразования (Кабанов, 2009). Влияние дельты фиксируется начиная с позднетарусского времени, что отражено на палеогеографических картах (Махлина и др., 1993). Количество поступавшего глинистого материала и органического детрита было недостаточно для удержания поверхности дна на уровне окружающей карбонатной платформы (зоны III, IV, V на рис. 6), поэтому сформировалась чаша глубиной в первые метры с гипоксичной (0.2–2 мл/л) донной средой. Пик стратификации бассейна и, вероятно, наибольшее его углубление приходится на время накопления слоев 34a–34d разреза Новогуровский (рис. 5). Свидетельством развития депрессии в карбонатной платформе являются резкие колебания мощностей нижней, карбонатной, пачки стешевского горизонта (рис. 5). Пикноклин, вероятно, контролировался уровнем дна окружающей карбонатной платформы и проходил на высоте в первые метры над уровнем дна бассейна. Природа пикноклина могла быть двойная или комбинированная: это мог быть (1) галоклин, разделяющий донный осолоненный слой и поверхностный слой, в небольшой степени опресненный (но в пределах нормальной солености), или (2) термоклин, который часто образуется в замутненных водоемах, когда вся солнечная энергия тратится на нагрев верхнего слоя воды (Halfar et al., 2006). Мы предполагаем, что



Рис. 6. Палеогеографическая карта Московского бассейна для стешевского времени (Махлина и др., 1993, со значительными изменениями).

Номера фациальных зон соответствуют таковым в (Махлина и др., 1993).

мощные и длинные стебли криноидей в темноцветных глинистых фациях могли служить для поднятия животных над уровнем пикноклина. В конце стешевского времени “стешевский бассейн” был, по-видимому, компенсирован. Одновременно аридизация климата повышала концентрацию Mg и Si путем испарения в мелеющем, но все еще замутненном глиной бассейне, что привело к осаждению палыгорскитовой пачки, распространившейся за пределы первоначального бассейна (рис. 6). Повышение содержания Na^+ и K^+ в пачке “лобатовых” глин по сравнению с нижележащей тарусско-нижнестешевской толщей (рис. 3б) также может быть связано с осолонением придонных вод по мере аридизации климата.

ВЫВОДЫ

1. Приведенные послойные характеристики разрезов Новогуровский, Дашковка, Заборье служат основой для корреляции разрезов и фациально-палеогеографической интерпретации типовых отложений серпуховского яруса МСШ. В разрезе Новогуровский также подробно охарактеризован подстилающий разрез окского надгоризонта визейского яруса. При этом обосновывается проведение кровли михайловского горизонта в подошве черного стигмариевого известняка (сапонитового мергеля, слой 17).

2. Глины нижнесерпуховского подъяруса в изученных разрезах имеют преимущественно монтмориллонитовый состав, палыгорскиты являются и доминируют лишь в верхней пачке переслаивания “дощатых” глин, доломитов и известняков (4.0 м ниже дашковского несогласия в разрезе Дашковка). Распределение по разрезу индикаторов, чувствительных к редокс-барьеру и развитию сульфидной анокии, свидетельствует об отсутствии значительной анокии в придонных водах “стешевского бассейна”, что подтверждается поселениями бентоса и характерными комплексами следов ихнофаций *Zoophycos* и *Chondrites*. Однако же периодическое, прерывистое развитие гипоксичных и даже аноксичных условий устанавливается во время накопления нижней части пачки “лобатовых” глин, по-видимому соответствующей максимуму трансгрессии.

3. В нижней части тарусского горизонта выделено форинское субаэральное несогласие, выше которого вплоть до кровли стешевского горизонта наличие субаэральных поверхностей не подтверждается, а колебания уровня моря выражены переслаиванием зоофикусовых (более глубоководных) и сколитовых (более мелководных) слоев. В единой толще “лобатовых” и “дощатых” глин цикличность углубления-обмеления не выявлена. В раннесерпуховское время происходило постепенное углубление бассейна. Максимум за-

топления, вероятно, приходится на “лобатовые” глины в средней части стешевского горизонта.

4. Предлагается новая схема сопоставления разрезов, основанная на корреляции зоофикусово-сколитовых циклитов (куплетов). Кровля таурского горизонта, принятая в разрезе Заборье, сопоставляется в разрезе Новогуровский со слоем 28b, то есть на 2.8 м ниже принятого ранее положения. Интервал слоев 5–21 разреза Заборье сопоставляется со слоями 28a–30 разреза Новогуровский, при этом мощность интервала сокращается в последнем разрезе в три раза. Подошва “лобатовых” пластичных глин при таком сопоставлении оказывается в обоих разрезах на одном стратиграфическом уровне, при этом в разрезе Новогуровский к пачке “лобатовых” глин отнесено переслаивание черных глин и конкрециевидных глинистых известняков (слои 34a–34d). Дашковское несогласие устанавливается в разрезе Новогуровский в кровле слоя 39.

5. “Стешевский бассейн”, вероятно, был сформирован путем умеренного привноса тонкого терригенного материала перед фронтом дельты, достаточного для подавления фотозойного карбонатообразования. Количество поступавшего глинистого материала и органического детрита было недостаточно для удержания поверхности дна на уровне окружающей карбонатной платформы, поэтому сформировалась чаша глубиной в первые метры с гипоксичной донной средой. В конце стешевского времени “стешевский бассейн” был, по-видимому, компенсирован. Одновременно аридизация климата повышала концентрацию Mg и Si путем испарения в мелеющем, но все еще замутненном глиной бассейне, что привело к осаждению палыгорскитового осадка.

Благодарности. Авторы глубоко благодарны администрации ОАО “Гурово-Бетон” группы компаний Heidelberg Cement за создание исключительно благоприятных условий для полевых работ на разрезе Новогуровский. Мы благодарим рецензентов Н.В. Гореву, Т.Н. Исакову (ГИН РАН) и в особенности А.С. Алексева (МГУ) за детальную конструктивную рецензию рукописи.

Исследования проводились при поддержке Программы фундаментальных исследований Президиума РАН “Происхождение биосферы и эволюция гео-биологических систем” и гранта РФФИ 08-04-01552.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Барсков И.С., Алексеев А.С.* Каменноугольные конodontы Подмосковья // Стратиграфия, палеонтология и палеогеография карбона Московской синеклизы. М.: Геолфонд РСФСР, 1979. С. 89–116.
- Бельская Т.Н., Иванова Е.А., Ильховский Р.А. и др.* Путеводитель экскурсии по разрезам карбона Подмосковного бассейна. М.: Наука, 1975. 176 с.
- Бирин Л.М., Сорская Л.С., Рождественская К.К., Фомина Е.В.* Каменноугольная система. Нижний отдел // Геология СССР. Ред. Леоненко И.Н., Шик С.М. М.: Недра, 1971. Т. 2. Ч. 1. С. 194–258.
- Вевель Я.А., Шишлов С.Б., Журавлев А.В.* Фации и биостратиграфия визейско-серпуховских отложений в разрезе Полотняный Завод (юго-запад Московской синеклизы) // Верхний палеозой России: стратиграфия и палеонтология. Материалы Всероссийской конференции памяти В.Г. Халымбаджи, 25–27 сентября 2007 г. Казань: КГУ, 2007. С. 51–54.
- Гаврилов Ю.О., Щенетова Е.В., Rogov M.A., Щербинина Е.А.* Седиментология, геохимия и биота волжских углеродистых отложений северной части Среднерусского моря (Костромская область) // Литология. Полезные ископаемые. 2008. № 4. С. 396–424.
- Геккер Р.Ф.* Следы беспозвоночных и стигмарины в морских отложениях нижнего карбона Московской синеклизы // Труды Палеонт. ин-та. 1980. Т. 178. 83 с.
- Геологическая карта России масштаба 1: 2500000. Ред. Морозов А.Ф. и др. ВСЕГЕИ–ВНИИОкеанология, 2004. Десять листов.
- Гибшман Н.Б.* Характеристика фораминифер стратотипа серпуховского яруса в карьере Заборье (Подмосковье) // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2003. Т. 11. № 1. С. 39–63.
- Зхус И.Д.* О находке палыгорскита в стешевском горизонте // Докл. АН СССР. 1956. Т. 107. № 5.
- Кабанов П.Б.* Стратотип серпуховского яруса в карьере Заборье. Часть 1. Литофациальная характеристика // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2003. Т. 11. № 1. С. 18–35.
- Кабанов П.Б.* Стратотип серпуховского яруса в карьере Заборье (Подмосковье). Часть 2. Профили субэвральской экспозиции и цикличность // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2004. Т. 12. № 3. С. 40–50.
- Кабанов П.Б.* Бентогенные карбонатные фации фанерозоя: обзор и пример из карбона Восточно-Европейской платформы. // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2009. Т. 17. № 5. С. 41–59.
- Махлина М.Х., Жулитова В.Е.* Опорный разрез верхневизейских и серпуховских отложений у пос. Новогуровский // Геология, полезные ископаемые и инженерно-геологические условия центральных районов европейской части СССР. М.: Геолфонд РСФСР, 1984. С. 18–29.

- Махлина М.Х., Вдовенко М.В., Алексеев А.С. и др.* Нижний карбон Московской синеклизы и Воронежской антеклизы. М.: Наука, 1993. 220 с.
- Микулаш Р., Дронов А.* Палеоихнология — введение в изучение ископаемых следов жизнедеятельности. Прага: Геол. ин-т Акад. наук Чешской Респ., 2006. 122 с.
- Никитин С.Н.* Каменноугольные отложения Подмосковного края и артезианские воды под Москвой // Труды Геол. комитета. 1890. Т. 2. № 5. С. 1–138.
- Осипова А.И., Бельская Т.Н.* О веневском горизонте южного крыла Подмосковного бассейна // Изв. вузов. Геология и разведка. 1965а. № 11. С. 33–44.
- Осипова А.И., Бельская Т.Н.* О фациях и палеогеографии серпуховского времени в Подмосковном бассейне // Литология и полезные ископаемые. 1965б. № 5. С. 3–17.
- Осипова А.И., Бельская Т.Н.* Опыт литолого-палеоэкологического изучения визе-намурийских отложений Московской синеклизы // Литология и полезные ископаемые. 1967. № 5. С. 118–142.
- Раузер-Черноусова Д.М.* Стратиграфия визейского яруса южного крыла Подмосковного бассейна по фауне фораминифер // Тр. ИГН АН СССР. Геол. сер. 1948. С. 3–40.
- Семихатова С.М.* Материалы к стратиграфии нижнего и среднего карбона европейской части СССР // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1936. Т. 14. Вып. 3. С. 1–283.
- Фомина Е.В.* Особенности сообществ фораминифер разнофациальных отложений тарусского и стешевского морей Московской синеклизы // Вопр. Микропалеонтологии. 1969. Вып. 11. С. 18–34.
- Швецов М.С.* Общая геологическая карта европейской части СССР. Лист 58. Северо-западная часть листа // Тр. Всесоюзн. геол.-развед. объедин. НКТП СССР. Вып. 83. М.—Л.: Госнаучтехиздат, 1932. 184 с.
- Швецов М.С.* История Московского каменноугольного бассейна в динантскую эпоху // Тр. Моск. геол.-развед. ин-та. 1938. Т. 12. С. 3–107.
- Швецов М.С.* Каменноугольная система: нижний карбон // Геология СССР. М.: Госгеолтехиздат, 1948. Т. 4. Ч. 1. С. 84–150.
- Alekseev A.S.* Geological setting and Carboniferous stratigraphy of Moscow Basin // Eds. Alekseev A.S., Goreva N.V. Type and reference Carboniferous sections in the south part of the Moscow Basin. Field Trip Guidebook of International I.U.S.C. Field Meeting, August 11–12, 2009. P. 5–12.
- Alekseev A.S., Goreva N.V., Isakova T.I., Makhlina M.Kh.* Biostratigraphy of the Carboniferous in the Moscow Syncline, Russia // Newsletter on Carboniferous Stratigraphy. 2004. V. 22. P. 28–34.
- Algeo T.J., Maynard J.B.* Trace-element behavior and redox facies in core shales of Upper Pennsylvanian Kansas-type cyclothems // Chem. Geol. 2004. V. 206. P. 289–318.
- Algeo T.J., Tribovillard N.* Environmental analysis of paleoceanographic systems based on molybdenum—uranium covariation // Chem. Geol. 2009. V. 268. P. 211–225.
- Arendt Yu.A.* Early Carboniferous echinoderms of the Moscow Region // Paleontol. J. 2002. V. 36. Suppl. 2. 184 p.
- Bishop W.J., Montanez I.P., Gulbranson E.L., Brenckle P.L.* The onset of mid-Carboniferous glacio-eustasy: Sedimentologic and diagenetic constraints, Arrow Canyon, Nevada // Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 2009. V. 276. P. 217–243.
- Bromley R.G.* Trace fossils — biology, taphonomy and applications. London: Chapman and Hall, 1996. 361 p.
- Calvert S.E., Pedersen T.F.* Geochemistry of recent oxic and anoxic marine sediments: implications for the geological record // Mar. Geol. 1993. V. 113. P. 67–88.
- Davydov V.I., Crowley J.L., Schmitz M.D., Poletaev V.I.* High-precision U-Pb zircon age calibration of the global Carboniferous time scale and Milankovitch-band cyclicity in the Donets Basin, eastern Ukraine // Geochem. Geophys. Geosyst. 2010. V. 11. № 1. P. 1–22.
- Hecker M.R., Osipova A.I.* Viséan/Serpukhovian transition in the Moscow Basin (Lower Carboniferous, Russia), a review // Ed. Wong Th.E. Proc. 15th Int. Congr. on Carboniferous and Permian. Amsterdam: Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences, 2007. P. 89–96.
- Halfar J., Godinez-Orta L., Mutti M. et al.* Carbonates calibrated against oceanographic parameters along a latitudinal transect in the Gulf of California, Mexico // Sedimentology. 2006. V. 53. P. 297–320.
- Gibshman N.B., Kabanov P.B., Alekseev A.S. et al.* Novogurovsky Quarry. Upper Viséan and Serpukhovian // Eds. Alekseev A.S., Goreva N.V. Type and reference Carboniferous sections in the south part of the Moscow Basin. Field Trip Guidebook of International I.U.S.C. Field Meeting, August 11–12, 2009. P. 13–44.
- Gong Y.-M., Shi G.R., Zhang L.-J., Weldon E.A.* Zoophycos composite ichnofabrics and tiers from the Permian neritic facies in South China and south-eastern Australia // Lethaia. 2009. V. 43. P. 182–196.
- Kabanov P.* The Upper Moscovian and basal Kasimovian (Upper Carboniferous) of central European Russia: facies, subaerial exposures, and depositional model // Facies. 2003. V. 49. P. 243–270.
- Kabanov P., Alekseeva T., Alekseev A. et al.* Paleosols in Late Moscovian (Carboniferous) marine carbonates of East European Craton revealing “Great Calcimagnesian Plain” paleolandscapes // J. Sedimentary Res. 2010. V. 80. P. 195–215.
- MacEachern J.A., Pemberton S.G., Gingras M.K., Bann K.L.* The ichnofacies paradigm: a fifty-year retrospective //

Trace fossils: concepts, problems, prospects. Ed. Miller W. III. Amsterdam, Boston, Heidelberg, London: Elsevier, 2007. P. 50–75.

Menning M., Alekseev A.S., Chuvashov B.I. et al. Global time scale and regional stratigraphic reference scales of Central and West Europe, East Europe, Tethys, South China, and North America as used in the Devonian–Carboniferous–Permian Correlation Chart 2003 (DCP 2003) // *Palaeogeogr. Palaeoclimat. Palaeoecol.* 2006. V. 240. P. 318–372.

Posamentier H.W., Allen G.P., James D.P., Tesson M. Forced regressions in a sequence stratigraphic framework: concepts, examples, and exploration significance // *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.* 1992. V. 76. P. 1687–1709.

Skompski S., Alekseev A., Meischner D. et al. Conodont distribution across the Viséan/Namurian boundary // *Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg.* 1995. V. 188. P. 177–209.

*Рецензенты Т.Н. Исакова, Н.В. Горева,
А.С. Алексеев*