

ЛИТОЛОГИЯ

УДК 551.8:551.734.5:551.35(470.5)

Позднедевонская дельтовая система на востоке Среднего Урала**О.Ю. Мельничук**Институт геологии и геохимии УрО РАН, 620016, Екатеринбург,
ул. Академика Вонсовского, 15. E-mail: o.u.melnichuk@gmail.com.*(Статья поступила в редакцию 26 сентября 2017 г.)*

Рассмотрены особенности фациального состава и цикличность отложений верхнедевонской кодинской свиты. Установлено, что накопление слагающих её отложений происходило в условиях фронтальной части дельты, прodelьты и мелководной морской равнины на фоне общей трансгрессии моря.

Ключевые слова: *фации, литотипы, слоевые ассоциации, дельта, циклиты, верхний девон, Средний Урал, кодинская свита.*

DOI: 10.17072/psu.geol.17.1.18

Достоверные палеозойские дельтовые отложения на Урале малоизвестны. В настоящее время считается, что они слагают только верхнеартинско-нижнекунгурские шеркыртаельскую и бельковскую свиты Приполярного и Полярного Урала (Мизенс, 1997), некоторые толщи в составе верхнемосковской (касимовской) абдрезяковской свиты юга Западного Урала (Прудников и др., 2015), нижнекаменноугольной угленосной формации (Еремеев, 1972) и, вероятно, турне-нижневизейскую смолинскую свиту восточного склона Среднего Урала (Мизенс и др., 2012). В связи с этим поиски и изучение отложений подобного типа на территории Урала представляет особый интерес. Вероятно, они преобладают в разрезе верхнедевонской кодинской свиты, терригенные и карбонатные образования которой распространены в районе г. Каменск-Уральский, а также севернее – вблизи с. Черемхово. По находкам брахиопод породы этой свиты относятся к верхнему франу (верхний девон) (Мизенс А., 2012; Наседкина, Зенкова, 1999; Чувашов, Анфимов, 2008). Мощность её составляет порядка 1000 м. Некоторая генетическая (фациальная) интерпретация отложений в целом либо отдельных частей разреза кодинской свиты дается в работах Г.А. Смирнова с

коллегами (1974), Б.И. Чувашова и А.Л. Анфимова (2005, 2008 и др.), О.Ю. Мельничука и Г.А. Мизенса (2015, 2016), А.Г. Мизенс (2012, 2016). Однако обстоятельные исследования такого рода отсутствуют. Предлагаемая работа является попыткой восполнить этот пробел.

Материалы и методика

В основу статьи положены результаты полевого и лабораторного исследования пород наиболее представительного разреза кодинской свиты, протягивающегося по обоим берегам р. Исеть от д. Кодинка до с. Щербаково и несколько выше по течению (рис. 1). При дальнейшем анализе мы используем следующие основные понятия: *литотип, слоевая ассоциация (СА) и фация*. Под литотипом нами, вслед за В.Т. Фроловым (1984, 1993 и др.), понимается типичный слой или устойчивый комплекс первичных литологических (литогенетических) признаков, свидетельствующих о способе образования и условиях формирования. Выделение литотипов является основой для последующего фациального (генетического) анализа, поэтому они должны обладать максимально полным комплексом признаков.

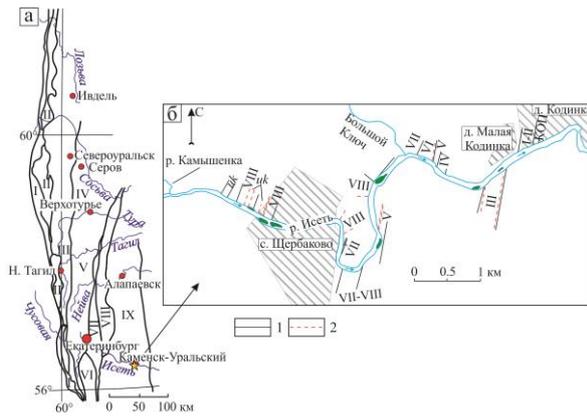


Рис. 1. Расположение изученных разрезов кодинской свиты (б) в схеме тектонического районирования восточного склона Среднего Урала (а): а – зоны (Смирнов, Феритатер, 2003): I – Салатимская; II – Платиноносный пояс; III – Тагильская; IV – Верхисетско-Туринская; V – Салдинский и VI – Сысертско-Ильменогорский выступы кристаллических пород; VII – Медведевско-Арамилская; VIII – Мурзинско-Адуйский кристаллический блок; IX – Восточно-Уральская; б – стратификация кодинской свиты (Мельничук, Мизенс, 2016), *ик* – обнажения устькодинской свиты (*D_{3ft}*), КОП – кодинская органогенная постройка. Римскими цифрами обозначены толщи кодинской свиты. 1 – границы толщ, 2 – тектонические нарушения

Под фацией мы, вслед за Б.К. Прошляковым, В.Г. Кузнецовым (1991), с некоторыми изменениями, понимаем условия осадконакопления определенного геологического времени (как физико-химические, так и географические), которые находят свое выражение в литотипе (либо парагенезе литотипов, представляющем собой СА) и отличны от таковых в соседних смежных областях. Процедура фациального анализа заключается в расшифровке условий формирования путем анализа характеристик и изменчивости литотипов по вертикали (горизонтальная изменчивость в рассматриваемых разрезах кодинской свиты доступна наблюдению в очень небольших масштабах).

Краткая характеристика вещественного состава отложений кодинской свиты

Глинистые породы. Структура аргиллитов кодинской свиты – пелитовая и

алевро-пелитовая (Мельничук, Рянская, 2017). В основной массе, имеющей чешуйчатое строение, достаточно равномерно распределены обломки пород (в широком смысле, включая зёрна кварца и полевых шпатов) и различных минералов (не менее 10%, в основном до 30%, редко больше). Микротекстура – волнисто-слоистая, редко горизонтальная, подчеркнута углефицированным растительным атритом (содержание не более 10% площади шлифа), чешуйками слюд.

Слоистые силикаты в составе аргиллитов представлены гидрослюдами (политип $1M > 2M_1$), мусковитом, хлоритизированным биотитом, железисто-магнезиальными и магнезиальными хлоритами, смешанослойными образованиями (ССО) ряда гидрослюда – монтмориллонит. Как правило, слюдястые минералы (12–50 мас. % по данным рентгенофазового анализа) преобладают над хлоритами (9–30 мас. %). ССО присутствуют не повсеместно, а только на отдельных уровнях – в породах толщ I, III (блок А) и V, в количестве 5–38 мас. %. Какие-либо следы минералов группы каолинита отсутствуют.

Обломки пород представлены в основном зёрнами кварца и полевых шпатов (преимущественно плагиоклазов серицитизированных в разной степени). Встречаются единичные обломки (до 0,2 мм) кремней, кварцитов, хлоритизированных вулканических пород основного/среднего состава.

В небольшом количестве в аргиллитах присутствуют кальцит (за исключением отдельных литотипов) и доломит (преимущественно в самой нижней части свиты). Кальцит встречается как в виде новообразованных кристаллов, так и в составе раковин редких органических остатков плохой и средней степени сохранности. Пирит и гётит содержатся в количествах, как правило, близких к нижнему пределу определения (1–2–4, редко 6 мас. %).

Песчаные породы

Вне зависимости от литотипа по петрографическому составу песчаники отве-

чают петрокластическим полевошпатовым грауваккам с различным (порядка 8–29%) содержанием обломков кварца. Среди полевых шпатов (20–37%) преобладают средние и кислые плагиоклазы, калиевые разности встречаются редко. Обломки пород (до 66%) представлены эффузивами кислого, основного и среднего состава, в меньшей степени – кварцитами и микрокварцитами, кремнями. В подчиненном количестве присутствуют зёрна микропегматитов, серпентинитов, осадочных пород, сланцев слюдисто-глинистого состава, полностью хлоритизированного вулканического стекла.

Обломочный материал средне-, редко плохо сортирован. Линейная и слоистая (в основном горизонтальная) микротекстура в песчаниках подчеркнута ориентировкой удлиненных зёрен, чешуйками слюд, иногда слойками, обогащенными темноцветными минералами.

Сгруженность аллотигенных компонентов достаточно хорошая, цементирующие минералы (кремнистая масса, гидрослюда, хлориты), как правило, присутствуют в незначительных количествах, за исключением карбонатного цемента, который может занимать до 50% и более площади шлифа.

Литотипы

Среди пород кодинской свиты в общей сложности выделяется 14 литотипов. Некоторые из них (К3, Г1, П3) являются комплексными и по преобладанию в их составе тех или иных органических остатков разделяются на подтипы. Особенности литотипов для каждой толщи приведены в таблице.

Карбонатные литотипы

К1. Оолитовые хорошо сортированные известняки, мощностью от 1 до 10 см (рис. 2, а), с волнистой, косоволнистой и косой слоистостью. Слагают пачку мощностью порядка 5 м в основании толщи I. От подошвы к кровле пачки в них растёт содержание терригенной примеси.

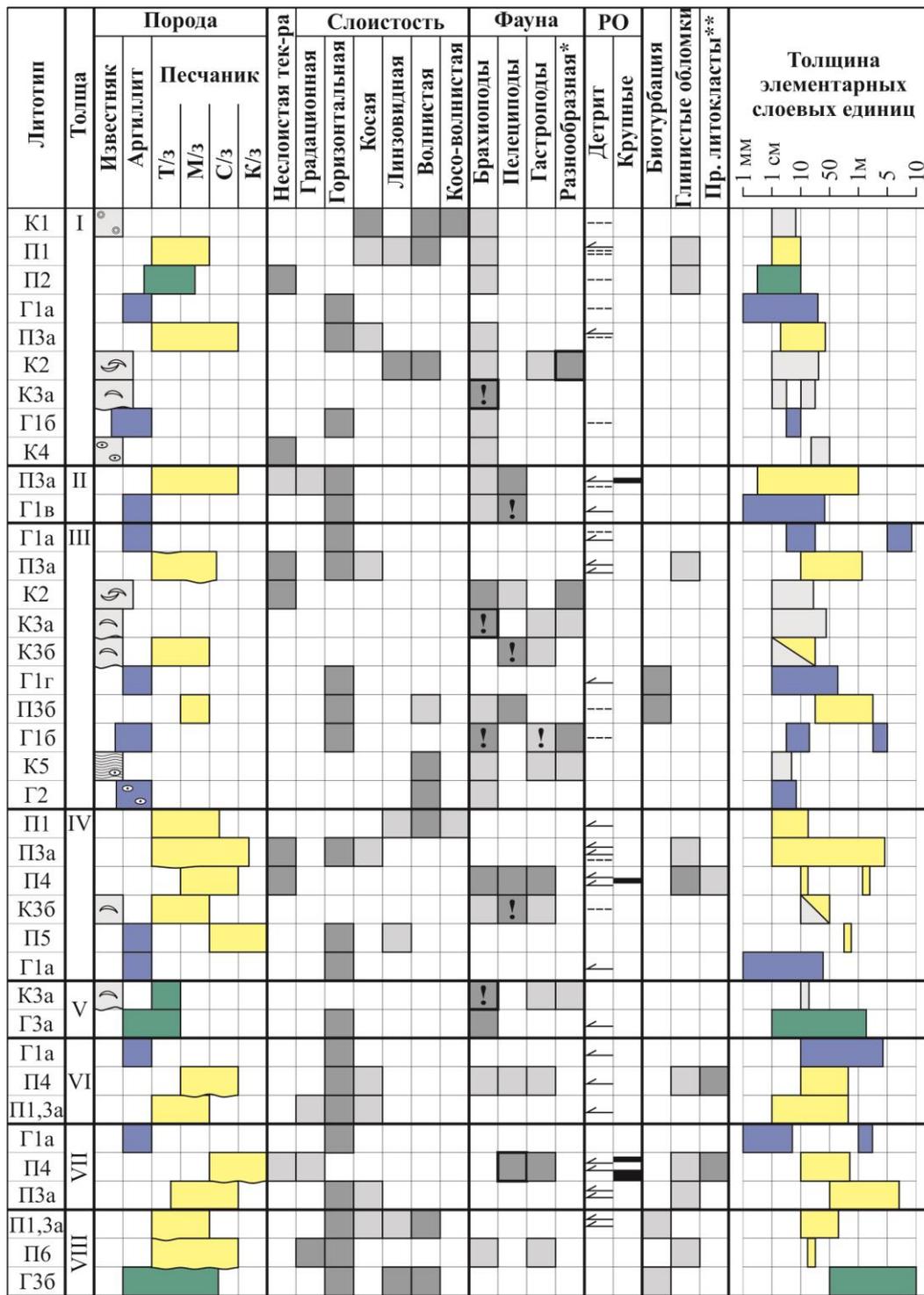
К2. Полибиокластовые известняки (рис. 2, б), представляющие собой неравномерное чередование пластов и линз (от 1–3 до 30–40 см) с различным содержанием основной массы и органических остатков, практически без примеси терригенного материала. Фоссилии – кораллы, колониальные и одиночные (диаметр стволиков до 1.5 см), обломки колоний, в том числе и в опрокинутом положении, амфипоры редкие гастроподы, брахиоподы. Раковины брахиопод не крупные и тонкостворчатые, иногда слагают ракушняковые прослои. В толще III среди глинистых пород данный литотип слагает линзы с многочисленными одиночными и колониальными кораллами, брахиоподами, члениками криноидей, тентакулитами, гониатитами, редкими двустворками, гастроподами, трилобитами, остракодами и чешуйками рыб.

К3. Известняки, сложенные раковинами и обломками раковин (К3а) преимущественно брахиопод (рис. 2, ж) либо (К3б) пелеципод (рис. 2, д). Породы комковатые, бугристые, слагают пласты и линзы толщиной от первых до 20–30 см, редко более, с неровными поверхностями (особенно нижней). В случае парагенеза литотипа с аргиллитами комки и бугры нередко расслоены глинистыми пленками. Подтип К3б, как правило, песчанистый.

К4. Онколитовые известняки (пласты до 0.5 м) с обломками кораллитов, раковин брахиопод и мелкими терригенными зёрнами в ядрах онколитов. Диаметр форменных элементов от нескольких мм до 6–7 см, сгруженность достаточно плотная.

К5. Известняки со строматолитовой слоистостью. Подошва пласта (2 м) бугорчатая с валобразными выступами и впадинами амплитудой до 20–40 см. В породе рассеяны многочисленные онколиты (до 6 см в диаметре), часто встречаются брахиоподы (до 1.5 см), колониальные кораллы (колонии до 10 см), реже ругозы, членики криноидей, мшанки, башенковидные гастроподы.

Распределение литотипов в разрезе кодинской свиты



* Разнообразная фауна – остатки криноидей, кораллов (как одиночных, так и колониальных), остракод, амфифор, тентакулитов, мишанок и пр. См. пояснения в тексте.

** Как правило, полуоокатанные, окатанные и угловатые обломки известняков, магматических пород основного/среднего состава, гальки кварца.

Обозначения: для пород: I–5 – известняки: 1 – оолитовые, 2 – полибиокластовые (с обломками разнообразной фауны), 3 – ракушняковые (практически полностью сложены раковинами брахиопод либо пелеципод различной степени сохранности), 4 – онколитовые, 5 – со стромато-

литовой слоистостью; 6 – аргиллиты, 7 – глинистые песчаники и песчаные аргиллиты, 8 – песчаники, 9 – залегание с размывом (в случае размывной верхней пластовой поверхности она обозначена соответственно); 10–11 – признаки: 10 – характерный для литотипа, 11 – второстепенный; 12–13 – некоторые особенности распределения фауны: 12 – многочисленные остатки, 13 – остатки слагают ракушняки; 14–15 – растительные остатки (РО): 14 – растительный детрит (снизу), в т.ч. длинный тонкий (сверху), 15 – крупные удлиненные остатки (сверху) и остатки стволов (снизу). Количество РО: 2 знака – умеренное, 1 знак – малое. Под элементарными слоевыми единицами понимаются пласты, а для глинистых пород – дополнительно пакеты и пачки. Также см. пояснения в тексте.

Глинистые литотипы

Г1. Горизонтально-слоистые аргиллиты. Текстурные особенности подчеркнуты как отдельностью, так и тонкими (до нескольких мм) слойками алевритового либо песчаного материала, чешуйками слюд, растительным детритом (РД). Разделяются на четыре подтипа: (а) только с РД, в том числе длинным и тонким, (б) известковистые, с рассеянными раковинами брахиопод (редко слагают скопления) и гастропод, члениками криноидей, (в) с линзами и отдельными уровнями ракушняков двустворок, (г) в средней степени биотурбированные. Литотип Г1 – один из самых распространенных (среди глинистых) в свите, слагает слойки, прослои и пласты толщиной от первых мм до 40–60 см и пачки мощностью 1–5–9 м.

Г2. Известковистые аргиллиты с многочисленными онколитами размерами от нескольких мм до 2–4 см, остатками брахиопод, одиночных кораллов, криноидей. Слагают чередование (2 м) с известняками К4, слои по 1–4 см.

Г3. Аргиллиты с неравномерной примесью алевритового и песчаного материала, а также глинистые и сильно глинистые алевролиты и песчаники. Разделяются на два подтипа. Г3а – неравномерное (в том числе тонкое) переслаивание, слагает интервалы от первых см до 1–2 м. Породы с рассеянными мелкими раковинами брахиопод (до 2 см в длину) и члениками криноидей, мелким растительным детритом. Г3б – неравномерное переслаивание (см. рис 2, и), породы слабо биотурбированы, на отдельных участках с маломощными слойками и мелкими линзами (до 1 см) светлого тонко- и мелкозернистого песча-

ника (литотипы П1 и П3а). Преобладает горизонтальный, полого-волнистый и линзовидный типы слоистости, встречается также фазерная слоистость. Горизонтальная слоистость тонкая равномерная, значительно реже неравномерная. Текстуры нарушены взмучиванием. В песчаниках из светлых прослоев отмечается мелкая пологая косая однонаправленная слоистость, подчеркнутая глинистым материалом и РД. На поверхности таких прослоев нередко видна мелкая плохо выраженная асимметричная рябь (длина 4–7 см, высота 0.3–1 см).

Песчаные литотипы

П1. Песчаники с полого-, косо-, реже линзовидно-волнистой слоистостью. Совместно с литотипом П3 слагают пачки до 1 м мощностью. Высота волн ряби до 2 см, длина составляет от 0.1 до 1 м (см. рис. 2, г).

П2. Глинистые тонко- и мелкозернистые песчаники, в том числе разности, обогащенные удлиненными тонкими обрывками и линзочками глинистого материала. Слагают пласты мощностью до 10 см.

П3. Мелко- и среднезернистые, редко тонко- и крупнозернистые песчаные породы с горизонтальной (равномерной, неравномерной и тонкой), редко пологонаклонной и косой (рис. 2, з) слоистостью, а также неяснослоистые. Косые слойки чаще всего неотчетливые. Песчаники этого литотипа слагают пласты мощностью от 1–5 см до 2.7 м, редко 7 м, иногда выполняют промоины (глубиной до 80 см). Нередко вблизи подошвы промоин в песчаниках присутствуют обломки либо обрывки слойков глинистого материала.

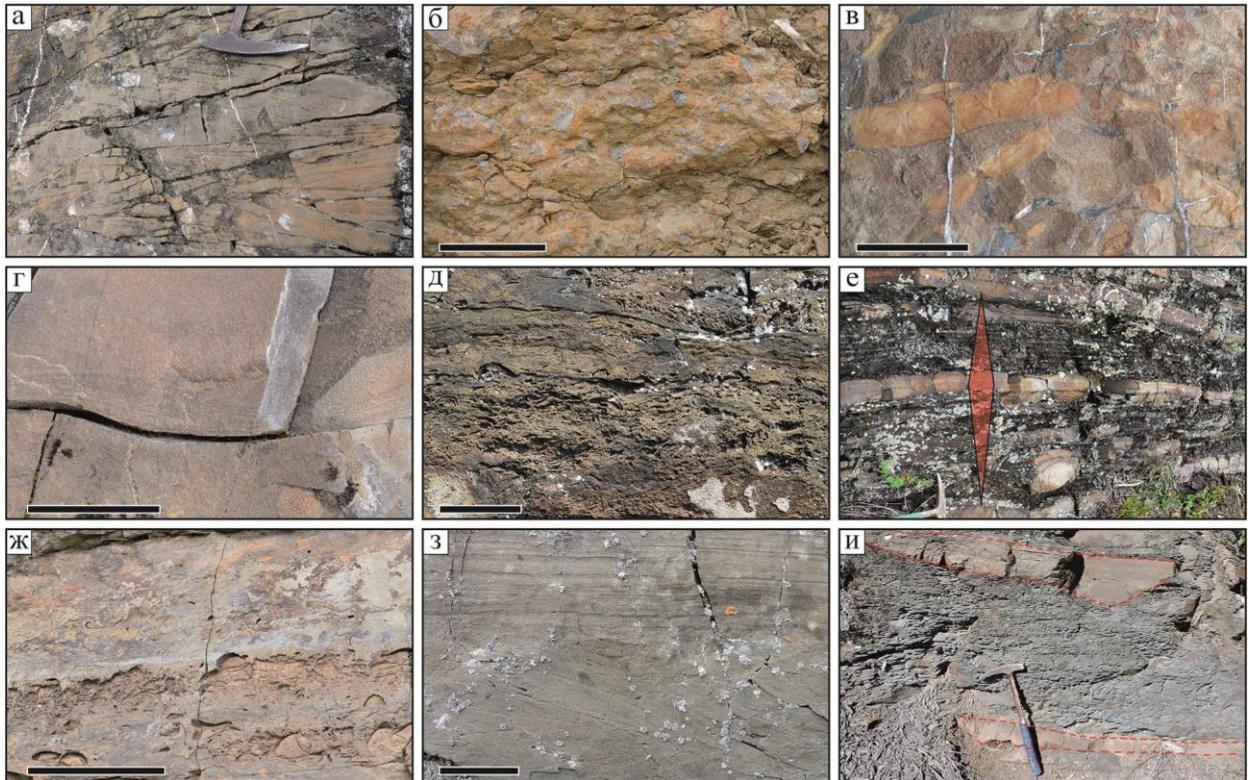


Рис. 2. Некоторые литотипы из разреза кодинской свиты: а – слоистые оолитовые известняки (литотип К1, СА1, толща I); б – полибиокластовые известняки (литотип К2, СА2, толща I); в – литотип П4 с многочисленными литокластами (СА7, толща IV); г – крупная рябь волнения (СА7.3, толща IV); д – уровни с ракушняком (К3б, СА8, толща IV); е – тонкое переслаивание грубых песчаников и аргиллитов (литотип П5, СА7.3, толща IV); ж – прослои с многочисленными брахиоподами в толще V (СА3); з – горизонтальная и косая слоистость песчаников СА7 (литотип П3а, толща VII); и – песчаные врезы среди глинистых пород толщи VIII (СА4). Длина рабочей части молотка 18 см, длина молотка с ручкой 40 см, длина линейки 5 см

Выделяются два подтипа: (а) с разно-размерными РО, в том числе достаточно крупными, остатки фауны (обломки и целые раковины преимущественно пелеципод) редки либо отсутствуют, (б) слабо биотурбированные, с рассеянными раковинами пелеципод, остракод и редкими брахиоподами.

П4. «Мусорные» песчаники (см. рис. 2, в). Характерная черта – неровные пластовые поверхности (чаще всего нижние). В средне- и крупнозернистой песчаной массе присутствуют разноразмерные полуугловатые, полуокатанные и окатанные литокласты аргиллитов (длиной до 40 см, но в основном значительно меньше, не более 3–10 см), известняков, гальки вулканогенных пород, окатанные гравийные зёрна кварца (в диаметре до 0.5 см). Скелетные остатки – достаточно крупные (до

7 см в диаметре) раковины пелеципод, брахиопод и гастропод средней степени сохранности, а также их обломки, линзы ракушняка. Раковины находятся в перевернутом залегании. РО крупные, в том числе обломки стволов деревьев с сохранившейся структурой (в ширину до 10 см, в длину до 1 м). Мощность пластов от 10–40 до 80 см.

Литотип П4 распространен среди горизонтально и косослоистых песчаников (П3а) и тонкослоистых аргиллитов (Г1а). Однако во втором случае размерность песчаного материала, раковин и литокластов меньше, кроме того, раковины и литокласты приурочены к основанию пластов, а не рассеяны по породе. Среди песчаников литотипа П3 «мусорные» породы иногда слагают линзы мощностью около 30–50 см, длиной до 5 м.

П5. Неравномерное переслаивание (рис. 2, е) слоев песчаника (0.1–7 см) крупно-среднезернистого и аргиллита (0.2–5 см) отмученного. Общая мощность литотипа около 80 см. Толщина слоев равномерно увеличивается вверх по разрезу пачки, затем уменьшается. Границы слоев песчаников неровные, наиболее тонкие из них местами выклиниваются.

П6. Песчаники (толщиной в среднем 20–30 см) с явной градиционной сортировкой материала – от среднезернистого в основании до тонкозернистого в верхней части, где она сменяется горизонтальной слоистостью. В нижней части этих песчаников встречаются обрывки тонких глинистых слоев и глинистые окатыши, редко обломки раковин брахиопод и, еще реже, – гастропод. На подошвах видны мелкие гиероглифы, в том числе язычковые, и слепки продольных борозд, царапин.

Слоевые ассоциации и цикличность

Среди СА кодинской свиты по вещественному составу выделяются несколько типов. Наибольшее распространение при этом характерно для карбонатного, карбонатно-глинистого, преимущественно глинистого и преимущественно песчаного типов.

Слоевые ассоциации (или парагенезы литотипов) во многих осадочных толщах образуют относительно закономерные сочетания, известные под названием циклитов (Ю.Н. Карогодин, И.А. Вылцан, С.И. Романовский, С.Л. Афанасьев, Г.А. Миценс и другие). В зависимости от уровня взаимоотношений литотипов выделяются циклиты разных порядков – начиная от наиболее простых ассоциаций, которые чаще всего называют циклитами 1-го порядка, или элементарными. Направленность изменения структуры циклитов используется для выделения структурных типов (проциклиты, рециклиты, про-рециклиты и ре-проциклиты), по Ю.Н. Карогодину (1980).

В разрезе кодинской свиты наиболее выразительными являются про-, реже про-

рециклиты 3-го порядка, представляющие собой закономерные СА мощностью от 1–2 до 20 м (рис. 3).

Карбонатный тип

СА1. Сложен оолитовыми, онколитовыми и строматолитовыми известняками (литотипы К1, К4 и К5), известковистыми аргиллитами с многочисленными онколитами (Г2). В самой верхней части блока В (см. рис. 3) толщи III литотип К5 с линзами К4 сменяется переслаиванием литотипов К4 и Г2. Тем не менее условия седиментации не всегда были благоприятными для формирования полной СА. Например, в толще III литотипы К1 и К4 слагают только отдельные пласты, находящиеся в тесном парагенезе с СА1. Литотип К4 (30 см) с онколитами, брахиоподами, пелелиподами, редкими гастроподами и членками криноидей, а также маломощные прослой (первые сантиметры) известняка К5 встречаются среди аргиллитов и достаточно тонких песчаных пород в самой верхней части толщи IV, в интервале, где преимущественно песчаная СА7 сменяется СА3 толщи V.

Карбонатно-глинистый тип

СА2. Основными компонентами ассоциации являются аргиллиты, принадлежащие литотипу Г1б (редко Г1а), с отдельными прослоями органогенно-детритовых известняков К3а либо с пакетами чередующихся известняков (от 2–3 до 7–8 слоев мощностью по 1–5 см) и аргиллитов (до 5–20 см). Нередко среди аргиллитов залегают также отдельные пачки (1.2–3 м) или линзы (до 30 см) полибиокластовых известняков К2 с остатками смещенной нормально-морской фауны.

Описанные аргиллиты и известняки в ассоциации с тонко-, мелко- и средне-мелкозернистыми песчаниками литотипа П3а с редким РД (пласты и пачки, 10–60 см), реже с глинистыми песчаниками (П2), слагают рециклиты и, реже, ре-проциклиты 3-го порядка. Элементы этих циклитов переходят друг в друга резко либо через переслаивание.

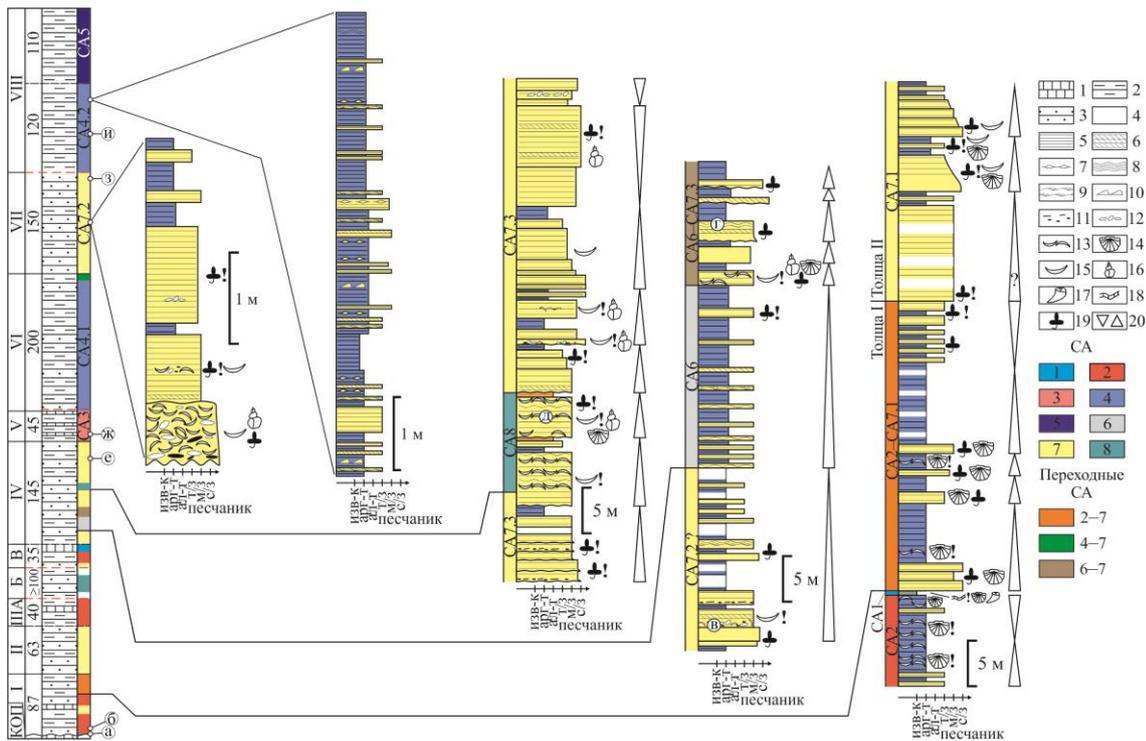


Рис. 3. Распределение СА в разрезе кодинской свиты: 1 – известняки, 2 – аргиллиты, 3 – песчаники; 4 – массивная текстура; 5–9 – слоистость: 5 – горизонтальная, 6 – косая, 7 – линзовидная, 8 – волнистая, 9 – косоволнистая; 10 – рябь течений; 11 – плёнки и включения аргиллита, 12 – литокласты, 13 – линзы и прослои ракушняка; 14–19 – органические остатки: 14 – брахиоподы, 15 – пелециподы, 16 – гастроподы, 17 – одиночные кораллы, 18 – онколиты, 19 – растительный детрит; 20 – циклиты 3-го порядка (слева – рециклиты, справа – проциклиты). Буквами в кружках обозначены литотипы, представленные на рис. 2

В верхней части толщи I в интервале мощностью порядка 30 м можно наблюдать переход от СА2 к СА7.1 (см. рис. 3): постепенно в разрезе увеличивается мощность песчаных пачек (до 1–3 м), залегающих среди аргиллитов, уменьшается видовое разнообразие брахиопод практически до исчезновения – в толще II (СА 7.1) ракушняки в аргиллитах уже содержат в основном пелециподы.

СА3. Литотип Г2а с прослоями неравномерно песчанистых известняков (К3а). Слагают пачки мощностью от 4.5 до 15 м. Органические остатки в известняках представлены мелким РД, брахиоподами, тентакулитами, гастроподами, редко обломками кораллов и отдельными члениками криноидей, остатками головоногих моллюсков и пелеципод. Остатки брахиопод неравномерно рассеяны. Они встречаются не только в обоих литотипах (Г2а и К3а), но слагают также линзы и линзо-

видные прослои, к которым приурочено их наибольшее видовое разнообразие и обломки других нормально-морских организмов. В линзах раковины приобрели различную ориентировку, механически деформированы – сжаты, помяты и поломаны. Встречаются вжатые друг в друга створки. Примерно в равных количествах присутствуют как битые раковины, так и целые створки выпуклой стороной вверх.

Преимущественно глинистый тип

СА4. Отличительная черта этой ассоциации – наличие среди глинистых пород (Г1а, Г3б) промоин, выполненных песчаниками П4 (СА4.1) или П3а (СА4.2).

СА4.1. Тонкослоистые глинистые породы (литотип Г1а) с неравномерной примесью алевритового материала, прослоями песчаников мощностью от 1–2 до 50 см. Слагают пачки мощностью до 20 м. Слоистость в аргиллитах подчеркнута

слойками (1–3 мм) и сериями слоев песчаного материала. Песчаники тонко- и мелкозернистые, с горизонтальной слоистостью (П3а), реже – с волнистой и мелкой косоволнистой слоистостью (П1). Иногда пласты узловатые и неровные. В толще обнажаются промоины, выполненные мелко- и среднезернистыми песчаниками (П4, мощность порядка 80 см). СА слагает толщу VI, которая в пределах последних 10 м плавно переходит в СА7.2 – в аргиллитах постепенно увеличивается количество, мощность и зернистость песчаных пачек.

СА4.2. Преобладают глинистые отложения (см. рис. 3), слагающие пачки мощностью порядка 0.5–10 м (литотип Г3б). Среди них залегают пласты (10–60 см) и пакеты (более 0.5 м) песчаников (П1+П3а), иногда выполняющие промоины (см. рис. 2, и). Слоистость в песчаных породах горизонтальная и пологоволнистая, подчеркнута слойками глинистого материала с многочисленным РД. Значительно реже слоистость линзовидная и косая. Встречаются следы оплывания песчаного материала.

Слоевая ассоциация СА5 в значительной степени похожа на ассоциацию СА4.2, но количество песчаных пачек и прослоев среди аргиллитов меньше. Главным признаком для выделения отложений в отдельную СА является залегание среди них прослоев (до 30 см) литотипа П6.

СА6. Аргиллиты Г1а с линзами и пластами мелкозернистых слоистых песчаников П3а и П1 (1–3 до 20–40 см, максимум 1 м), слагающие рециклит 3-го порядка. Слоистость в песчаных породах в основном горизонтальная и волнистая, редко косая и косоволнистая (в линзах).

В нижней части толщи IV можно наблюдать парагенез слоевых ассоциаций СА6 и СА7.3 (см. рис. 3), а также плавный переход (в интервале порядка 20 м) от одной СА к другой, характеризующийся как наличием промоин, так и ограниченным распространением литотипа П1. Песчаники и аргиллиты в этом интервале расклинаются друг с другом.

Преимущественно песчаный тип

СА7. Рециклиты, редкие про-рециклиты (в СА7.2) и ре-проциклиты (в СА 7.3) 3-го порядка, в основном сложенные литотипами П3а, Г1а и/или Г1в, П4. Повсеместно присутствует РД, остатки раковин и их обломков в песчаниках редки.

СА7.1. Песчаные пласты мощностью от 5–20 до 60–80 см, редко более, отделенные друг от друга пленками глинистого материала либо прослоями (до 5 см) тонкослоистых аргиллитов и/или алевролитов. Слагают нижнюю часть проциклитов (в среднем 3–5.5 м, до 10.5 м). Песчаники характеризуются горизонтальной слоистостью, в отдельных пластах наблюдается уменьшение размерности зёрен от подошвы к кровле.

В породе присутствует РД, в том числе достаточно длинный (более 10 см), как тонкий, так и диаметром до 4–5 см. В отдельных пластах он многочислен. Остатки фауны (обломки и целые раковины преимущественно пелеципод) в песчаниках редки.

Глинистый элемент циклитов (1–3, редко 5 м) сложен аргиллитами с неравномерной примесью алевритового материала (Г1в) и алевролитами (пакеты 20–40 см) с пластами (порядка 10–15 см) тонко- и мелкозернистых песчаных пород с длинным РД, в том числе достаточно многочисленным. Иногда среди аргиллитов обнажаются оползневые песчаные колобки.

СА7.2. Песчаники (0.5–7 м) с отчетливой горизонтальной (чаще равномерной), косой однонаправленной слоистостью, подчеркнутой РД и чешуйками слюд. Иногда в них встречаются линзовидные прослои (2–5 см) с рассеянными гальками кварца, вулканических пород, окатышами известняка и раковинами, редкие протяженные линзы литотипа П4. Фоссилии в литотипе П3а практически отсутствуют, за исключением единичных прослоев известняков К3б.

Песчаники отделены друг от друга глинистыми пленками, прослоями (1–2

см), пластами и пакетами (до 3 м) аргиллитов с тонкозернистыми (в основном) песчаниками; редкими пластами (10–40 см) литотипа П4 (см. рис. 3). Пласт аргиллита (с довольно крупными линзами песчаника), залегающий практически сразу же над ракушняком с обломками пород (П4), постепенно выклинивается, его мощность уменьшается от 80 до 40 см и менее.

СА7.3. Выделяется по наличию промоин, выполненных литотипами П3а и П4, а также переходными между ними разностями. Нижняя поверхность промоин неровная. Зернистость в таких телах нередко утончается снизу вверх.

Основной компонент ассоциации – песчаные породы (0.1–4.3 м) различной гранулометрической размерности, от мелко- до крупно-среднезернистых. Характерны горизонтальная, реже пологая косая однонаправленная слоистость и неясно-слоистые текстуры (П3а). Иногда встречаются следы гигантской очень пологой ряби (высота волн до 2 см, длина – до 1 м). Как и в СА7.2, песчаники отделены друг от друга аргиллитами, слагающими пленки, примазки, пласты и пакеты (совместно с тонкими прослоями песчаника), однако мощность пакетов не превышает 1 м. На отдельном участке относительно грубые песчаники совместно с глинистыми породами слагают ре-проциклит 1-го порядка (литотип П5). Для ассоциации характерно наличие крупного РД – обрывков и стеблей длиной до 30 см, иногда достаточно многочисленных. В толще П СА7.3 тесно связана с СА8 (см. рис. 3).

СА8. Пласты (от 0.2–0.4 до 2–3 м) горизонтально- (П3) и волнисто-слоистых (П1) тонко- и мелкозернистых песчаников, среди которых залегают известняки К3б. Песчаники разделены прослоями аргиллитов Г1б с фрагментами очень мелких члеников криноидей, а также мелких раковин брахиопод и пелеципод и/или аргиллитов Г1а с редким РД. Иногда присутствуют пласты литотипа Г1г. В ассоциации встречаются две разновидности сочетания песчаников и литотипа К3б. 1.

Слабо биотурбированные песчаники П3б с редкими пелециподовыми ракушняками (мощность 5–6 см). 2. Песчаники, разделенные аргиллитами Г1а и алевролитами (П3а), среди которых залегают линзы и пластообразные тела (до 10 см толщиной) известняков К3б с многочисленными раковинами пелеципод (преобладают), брахиопод и гастропод. В обеих разновидностях створки раковин пелеципод и брахиопод в большинстве случаев ориентированы выпуклой стороной вверх.

Обстановки осадконакопления и фации

Общие черты. Чередование СА с хорошо сохранившейся нормально-морской и пресноводной фауной, а также сонахождение её (фауны) с РО, подчас достаточно крупными и многочисленными, в совокупности с лавинными скоростями накопления осадков (порядка 300 мм/тыс. лет без учета коэффициентов уплотнения пород) позволяют предполагать преобладание в разрезе кодинской свиты дельтовых отложений в сочетании с другими переходными мелководно-морскими образованиями. Кроме того, изученные СА не несут никаких признаков, свойственных субэвральным обстановкам (например, развитие трещин усыхания, наличие ризолитов, прослоев углей, почв и пр.). Описанные особенности СА кодинской свиты позволяют предполагать ее формирование в обстановках авандельты (в том числе её фронтальной части), прodelьты и мелководной морской равнины, и условно выделить в них проксимальные и дистальные фации.

Фации мелководной морской равнины

Слагают слоевые ассоциации СА1 и СА8 (проксимальные), СА2 (дистальные) и СА3 (переходные). Реперным литотипом для СА1 являются хорошо сортированные оолитовые известняки (К1), как правило, слагающие приливные бары или пляжи на отмелях волновых зон (Уилсон, 1980). Для накопления онколитовых известняков (К5) не обязательны, но желательны обстановки осадконакопления с

активным/умеренным волнением. В случае с СА8 о седиментации в схожих условиях свидетельствует наличие слабоволнистой слоистости и залегание створок раковин в наиболее устойчивой позиции – выпуклой стороной вверх, что может являться результатом их волочения в подвижных мелководных зонах.

Увеличение, вплоть до преобладания, песчаной примеси в известняках К1 в нижней части толщи I при сохранении текстурных особенностей можно трактовать как результат привноса обломочной компоненты, вероятно, из района приустьевой отмели вдольбереговыми течениями. Затем терригенный материал перераспределялся волнением в пределах мелководной равнины, осаждаясь в том числе и в *дистальных её частях*, которые в разрезе кодинской свиты (как уже было отмечено) представлены слоевой ассоциацией СА2. Биокластовые известняки литотипа К2 этой СА накапливались предположительно в отрицательных формах рельефа, источником детрита для них служила КОП, его транспортировка, вероятно, осуществлялась волновыми течениями.

Слои с обильной нормально-морской фауной (в основном деформированные раковины брахиопод), залегающие среди глинистых и тонкозернистых песчаных отложений СА3, имеют признаки (см., например, (Johnson et al., 1989)), характерные для штормовых отложений. По степени сохранности фоссилий и небольшой толщине ракушняка можно предполагать, что это штормовые слои *переходной фацциальной зоны* (distal-proximal zone), по Yao et al.(2016). Их наличие в совокупности с текстурно-структурными характеристиками СА3 указывает на формирование карбонатных и сильно глинистых отложений этой ассоциации в обстановках подводной равнины на некотором удалении от берега и конуса выноса.

Фации фронтальной части дельты

Особенности песчаных пачек СА7 позволяют рассматривать их как образования,

сформированные в условиях фронтальной части дельты. Легче других в этой обстановке распознается фация *основания дельтовых рукавов*, представленная в разрезе прослоями (с неровными нижними границами) грубых, плохо сортированных песчаников П4 (СА7.2, 3) с многочисленными лито- или лито- и биокластами, крупным и многочисленным РД.

Горизонтальная равномерная слоистость в литотипе П3а, широко представленном в составе СА7.2, свидетельствует, вероятно, о разгрузке материала из сильных потоков, а её сочетание с тонкой горизонтальной и косой слоистостью указывает на их переменчивую мощность. В меньшей степени для подводных речных отложений характерно наличие нормальной градационной сортировки материала, присутствие оползневых колобков (СА7.1). Широкое распространение проциклитов 3-го порядка и их сочетание с рециклитами также свойственно им. Кроме того, в рассматриваемых отложениях отсутствуют практически любые фаунистические остатки (как и ихнофоссилии), за исключением редких линз и прослоев фауны (преимущественно пелеципод), характерной для опресненных обстановок (Друщиц, 1974).

Наличие относительно большого количества промоин среди песчаников СА7.3, вероятно, связано с речной деятельностью в период паводков и наводнений (Reading, 2000).

По соотношению глинистого и песчаного материала можно предполагать, что в толщах IV и VII (СА7.2 и СА7.3) преобладают проксимальные фации, а в толще II (СА7.1) – дистальные фации *распределительных рукавов дельты*. Наиболее дистальные их части представлены в разрезе свиты в качестве СА6. Предполагается более значительное влияние на них волновой активности (Rossi, Steel, 2016), выраженное в широком распространении различных типов волнистой слоистости.

Фации продельты

В зависимости от количества поступившего песчаного и алевроитового мате-

риала «фоновые» отложения прodelьты представлены литотипами Г1а (СА4.1) либо Г3б (СА4.2, СА5). Во время паводков в проксимальную зону прodelьты (СА4) из приустьевой зоны дельты проникали мутьевые потоки. Наиболее сильные из них могли способствовать формированию промоин (Einsele, 2000), которые затем в результате разгрузки подобных, но меньшей силы потоков заполнялись песком. Далее мутьевые потоки спускались вниз по склону прodelьты в её дистальную часть (СА5) и во время остановки разгружали песчаный материал (литотип Пб). Эпизодически возникающие сильные и слабые наводнения также способствовали образованию на пологих склонах прodelьты медленных потоков, аналогичных обломочным, в результате остановки которых осаждались слоистые, несколько смешанные образования – глинистые пески и песчаные глины (Мельничук, 2016).

Осажденный в проксимальных обстановках песчаный материал перерабатывался в процессе волновой активности, о чем свидетельствует относительно широкое распространение волнистой и косо-волнистой слоистости в песчаниках.

Переходы между СА

Формирование ассоциаций, переходных к СА7 (от СА2, СА4 и СА6, см. рис. 3), является результатом миграции дельтовых рукавов и мелких протоков в область прodelьты либо мелководной морской равнины. Подобный процесс, как правило, сопровождается регрессией уровня моря. Однако в целом седиментация дельтовых отложений происходила при постоянной трансгрессии с образованием многочисленных повторяющихся циклитов. Прогибание дна бассейна осадконакопления при этом было компенсированным.

Переход от СА7 к СА3 в верхней части толщи IV мы склонны связывать с отмиранием дельтового рукава.

Заключение

Таким образом, предполагается, что отложения кодинской свиты восточного

склона Среднего Урала накопились в обстановках фронтальной части дельты с пониженной солёностью (в том числе в распределительных дельтовых рукавах и более мелких протоках), прodelьты (как в проксимальной части, так и в дистальной – с образованием турбидитов), в меньшей степени – в близких к нормально-морским условиям мелководной равнины. Отложения субаэральной части дельты не сохранились.

Опресненные обстановки выделяются в отложениях толщ II, IV, VI–VIII и, частично I и III, что не противоречит предыдущим исследованиям (Мельничук, 2016; Мельничук, Мизенс, 2015; Мельничук, Мизенс, 2016). Дельтовая система относится к типу, в области фронта которого преобладают флювиальные, в меньшей степени волновые процессы. Вполне вероятно, что она имела довольно крупные размеры и продвинулась достаточно далеко в сторону шельфа. Об этом помимо фациальных особенностей свидетельствуют большая мощность толщи и короткий период осадконакопления.

В целом седиментация происходила на фоне общей трансгрессии, в пределах которой выделяется ряд регрессивных колебаний, в частности, при смене отложений толщ I–II, VI–VII и в пределах нижней половины толщи IV. Движение обломочного материала предполагается с востока на запад (Смирнов и др., 1974).

Автор выражает искреннюю благодарность доктору геол.-мин. наук Г.А. Мизенсу и чл.-корр. РАН А.В. Маслову, прочитавшим первоначальный вариант статьи и сделавшим ряд критических замечаний.

Исследования выполнены при финансовой поддержке программы УрО РАН, проект № 15-18-5-36.

Библиографический список

Анфимов А.Л., Чувашов Б.И. Литолого-стратиграфическая и биофациальная характеристика верхнедевонских карбонатных и терригенных пород р. Исеть (разрез «Кодинка») // Ежегодник-2004: сб. науч. ст. /ИГГ УрО РАН. Екатеринбург, 2005. С. 3–9.

- Друщиц В.В.* Палеонтология беспозвоночных. М.: Изд-во МГУ, 1974. 528 с.
- Еремеев В.В.* Палеогеография и минералообразование нижнекарбонных угленосных отложений Среднего Урала. М.: Наука, 1972. 224 с.
- Карагодин Ю.Н.* Седиментационная цикличность. М.: Недра, 1980. 242 с.
- Мельничук О.Ю.* Фации прodelьты в составе позднедевонского дельтового конуса (восток Среднего Урала) // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского / Перм. гос. ун-т. Пермь, 2016. Вып. 19. С. 201–206.
- Мельничук О.Ю., Мизенс А.Г.* Гидрофации верхнедевонской кодинской свиты по палеонтологическим и геохимическим данным (восточный склон Среднего Урала) // Уникальные литологические объекты через призму их разнообразия: матер. Всерос. школы студентов, аспирантов и молодых ученых по литологии / ИГГ УрО РАН. Екатеринбург, 2016. С. 162–165.
- Мельничук О.Ю., Мизенс Г.А.* Разрез верхнедевонской кодинской свиты на правом берегу р. Исеть (восточный склон Среднего Урала) // Ежегодник-2014: сб. науч. ст. / ИГГ УрО РАН. Екатеринбург, 2015. С. 64–70.
- Мельничук О.Ю., Рянская А.Д.* Особенности вещественного состава аргиллитов кодинской свиты (восточный склон Среднего Урала) // Литосфера. 2017. № 3. С. 71–86.
- Мизенс А.Г.* Биостратиграфическое расчленение живецко-фаменских отложений Среднего и Южного Урала по брахиоподам // Литосфера. 2012. № 2. С. 43–54.
- Мизенс А.Г.* Брахиоподы и биостратиграфия верхнего девона Среднего и Южного Урала / УрО РАН. Екатеринбург, 2012. 324 с.
- Мизенс Г.А.* Верхнепалеозойский флиш Западного Урала / УрО РАН. Екатеринбург, 1997. 230 с.
- Мизенс Г.А., Степанова Т.И., Кучева Н.А.* Восточные зоны Среднего Урала в карбоне (эволюция бассейнов осадконакопления и особенности палеотектоники) // Литосфера. 2012. № 4. С. 107–126.
- Наседкина В.А., Зенкова Г.Г.* Биостратиграфия верхнего девона на восточном склоне Среднего и Северного Урала // Проблемы стратиграфии и палеонтологии Урала / ОАО УГСЭ. Екатеринбург, 1999. С. 50–74.
- Прошляков Б.К., Кузнецов В.Г.* Литология. М.: Недра, 1991. 444 с.
- Прудников И.А., Зайцева Е.Л., Хотылев А.О., Тевелев Ал.В., Тевелев А.В.* Модели формирования азымской и абдрезяковской свит (карбон) Уфимского амфитеатра (западный склон Южного Урала) в свете новых литологических и стратиграфических данных // Бюл. МОИП. Отд. геол. 2015. Т. 90, вып. 4. С. 3–30.
- Смирнов В.Н., Ферштатер Г.Б., Иванов К.С.* Схема тектоно-магматического районирования территории восточного склона Среднего Урала // Литосфера. 2003. № 2. С. 40–56.
- Смирнов Г.А., Смирнова Т.А., Ключина М.Л., Анфимов Л.В.* Материалы к палеогеографии Урала. Очерк 5. Франский век. М.: Наука, 1974. 218 с.
- Уилсон Дж. Л.* Карбонатные фации в геологической истории. М.: Недра, 1980. 463 с.
- Чувашиов Б.И., Анфимов А.Л.* Карбонатно-терригенные отложения разреза «Кодинка – Щербаково» – опорный разрез верхнего девона бассейна р. Исеть (восточный склон Среднего Урала) // Ежегодник-2007: сб. науч. ст. / ИГГ УрО РАН. Екатеринбург, 2008. С. 88–97.
- Фролов В.Т.* Генетическая типизация морских отложений. М.: Недра, 1984. 222 с.
- Фролов В.Т.* Литология. Кн. 3. М.: Изд-во МГУ, 1993. 352 с.
- Einsele G.* Sedimentary Basins Evolution, Facies and Sediment Budget. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2000. 795 p.
- Johnson M.E.* Tempestites recorded as variable Pentamerus layers in the Lower Silurian of southern Norway // J. Paleont. 1989. Vol.63(2). P. 195–205.
- Reading H.G.* (ed.) Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy. Oxford: Blackwell science, 1996. 688 p.
- Rossi V.M., Steel R.J.* The role of tidal, wave and river currents in the evolution of mixed-energy deltas: Example from the Lajas Formation (Argentina) // Sedimentology, 2016 Vol. 63, Iss. 4. P. 824–864.
- Yao L., Aretz M., Li Y., Wang X.* Gigantoproductid brachiopod storm shell beds in the Mississippian of South China: implications for their palaeoenvironmental and palaeogeographical significances // Geologica Belgica. 2016. Vol. 19 (1–2).

Late Devonian Deltaic System in the East of the Middle Urals

O. Yu. Melnichuk

Institute of Geology and Geochemistry, Ural Branch of RAS, 15 Vonsovskogo Str., Yekaterinburg 620016, Russia. E-mail: o.u.melnichuk@gmail.com

Specific features of facies content and cyclicity of the Upper Devonian Kodinskaya Suite are considered. In a result, different sedimentary environments are defined: delta front, prodelta, shoreface and offshore. We revealed that sedimentation occurred in conditions of the general marine transgression.

Key words: *facies associations, delta, cyclicity, Upper Devonian, Middle Urals, Kodinskaya Suite.*

References

- Anfimov A.L., Chuvashov B.I. 2005. Litologo-stratigraficheskaya i biofacialnaya kharakteristika verkhnedevonskikh karbonatnykh i ter-rigennykh porod r. Iset' (razrez "Kodinka") [Lithological, stratigraphical, and biofacial characteristics of the Upper Devonian carbonate and terrigenous rocks of the Iset River (cross section Kodinka)]. In *Ezhegodnik-2004*. IGG, UB RAS, Yekaterinburg, pp. 3–9. (in Russian)
- Drushchits V.V. 1974. Paleontologiya bespozvo-nochnykh [Invertebrata paleontology]. MGU, Moskva, p. 528. (in Russian)
- Eremeev V.V. 1972. Paleogeografiya i miner-alooobrazovanie nizhnekarbonovykh u-glenosnykh otlozheniy Srednego Urala [Pal-aeogeography and minerogenesis of the Low-er Carboniferous deposits on the Middle Urals]. Nauka, Moskva, p. 224. (in Russian)
- Karagodon Yu. N. 1980. Sedimentatsionnaya tsiklichnost [Sedimentary cyclicity]. Nedra, Moskva, p. 242. (in Russian)
- Melnichuk O.Yu. 2016. Fatsii prodelta v sostave poznedevonskogo deltovogo konusa (vostok Srednego Urala) [Prodelta facies in the Upper Devonian delta fan (East of Middle Urals)]. In *Problemy mineralogii, petrografii i metalogonii*. Nauchnye chteniya pamyati P.N. Chirvinskogo. Perm, PGU, 19:201–206. (in Russian)
- Melnichuk O.Yu., Mizens A.G. 2016. Gidrofatsii verkhnedevonskoy kodinskoy svity po paleontologicheskim i geokhimicheskim dannym (vostochnyy sklon Srednego Urala) [Determining of hydrofacies of the Upper Devonian Kodinskaya Suite by paleontological and geochemical indicators (eastern slope of the Middle Urals)]. In *Materialy Vserossiyskoy shkoly studentov, aspirantov i molodykh uchenykh po litologii*. Yekaterinburg, IGG UrO RAN, pp. 162–165. (in Russian)
- Melnichuk O.Yu., Mizens G.A. 2015. Razrez verkhnedevoskoy kodinskoy svity na pravoberezhye r. Iset (vostochnyy sklon Srednego Urala) [Cross section of the Upper Devonian Kodinskaya Suite on the right bank of the Iset River]. In *Ezhegodnik-2014*. IGG UrO RAN, 162:64–70. (in Russian)
- Melnichuk O.Yu., Ryanskaya A.D. 2017. Oso-bennosti veshchestvennogo sostava argillitov kodinskoy svity (vostochnyy sklon Srednego Urala) [Composition features of Kodinskaya Suite mudstones (east slope of the Middle Urals)]. *Litosfera*, 17(3):71–86. (in Russian) doi: 10.24930/1681-9004-2017-3-071-086
- Mizens A.G. 2012. Biostratigraficheskoe raschlenenie zhivetsko-famenskikh otlozhe-niy Srednego i Yuzhnogo Urala po brakhi-opodam [Bio stratification of the Givetian-Famenian sediments of the Middle and South Urals using brachiopods]. *Litosfera*, 2:43–54. (in Russian)
- Mizens A.G. 2012. Brakhiopody i biostratografiya verkhnego devona Srednego i Yuzhnogo Urala [Upper Devonian brachiopods and biostratigraphy of the Middle and Southern Urals]. RIO UB RAS, Yekaterinburg, p. 324. (in Russian)
- Mizens G.A. 1997. Verkhnepaleozoyskiy flish Zapadnogo Urala [Upper Paleozoic flysch of the Western Urals]. UrO RAN, Yekaterinburg, p. 230. (in Russian)
- Mizens G.A., Stepanova T.I., Kucheva N.A. 2012. Vostochnye zony Srednego Urala v karbone (evolyutsiya basseynov osadkonakopleniya i osobennosti paleotektoniki) [Eastern zones of

- the Middle Urals in the Carboniferous (sedimentary basins evolution and paleotectonic features]. *Litosfera*, 4:107–126. (in Russian)
- Nasedkina V.A., Zenkova G.G.* 1999. Biostratigrafiya verkhnego devona na vostochnom sklone Srednego i Severnogo Urala [Upper Devonian biostratigraphy of the eastern slope of the Middle and North Urals]. In *Problemy stratigrafii i paleontologii Urala*. Ekaterinburg, pp. 50–74. (in Russian)
- Proshlyakov B.K., Kuznetsov V.G.* 1991. *Litologiya* [Lithology]. Nedra, Moskva, p. 444. (in Russian)
- Prudnikov I.A., Zaytseva E.L., Khotylev A.O., Tevelev Al. V., Tevelev A.V.* 2015. Modeli formirovaniya azyamskoy i abdrezyakovskoy svit (karbon) Ufimskogo amfiteatra (zapadnyy sklon Yuzhnogo Urala) v svete novykh litologicheskikh i stratigraficheskikh dannykh [Models of Carboniferous Aziamskaya and Abdrezyakovskaya Suites sedimentation in the Ufa Amphitheater (Southern Urals) according to the new lithological and stratigraphic data]. *MOIP Bull. Otd. Geol.*, 90(4):3–30. (in Russian)
- Smirnov V.N., Fershtater G.B., Ivanov K.S.* 2003. Skhema tektono-magmaticheskogo rayonirovaniya territorii vostochnogo sklona Srednego Urala [Tectonic and magmatic zonation scheme of the Middle Urals eastern slope territory]. *Litosfera*. 2:40–56. (in Russian)
- Smirnov G.A., Smirnova T.A., Klyuzhina M.L., Anfimov L.V.* 1974. Materialy k paleogeografii Urala. Ocherk 5. Franskiy vek [Materials about Urals paleogeography. 5th essay. Frasnian Stage]. Nauka, Moskva, p. 218. (in Russian)
- Wilson J.L.* 1980. Karbonatnye fatsii v geologicheskoy istorii [Carbonate facies in geologic history]. Nedra, Moskva, p. 463. (in Russian)
- Chuvashov B.I., Anfimov. A.L.* 2008. Karbonatno-terrigenye otlozheniya razreza “Kodinka-Shcherbakovo” – opornyy razrez verkhnego devona basseyna r. Iset (vostochnyy sklon Srednego Urala) [Carbonaceous-terrigenous deposits of the Kodinka-Scherbakovo cross section as the Upper Devonian reference section of the Iset River basin (eastern slope of the Middle Urals)]. In *Ezhegodnik-2007*, Yekaterinburg, IGG UrO RAN, pp. 88–97. (in Russian)
- Frolov V.T.* 1984. Geneticheskaya tipizatsiya morskikh otlozheniy [Genetic typification of marine deposits]. Nedra, Moskva, p. 222. (in Russian)
- Frolov V.T.* 1993. *Litologiya* [Lithology]. Kniga 3, MSU, Moskva, p. 352. (in Russian)
- Einsele G.* 2000. *Sedimentary Basins Evolution, Facies and Sediment Budget*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, p. 795. doi: 10.1007/978-3-662-04029-4
- Johnson M.E.* 1989. Tempestites recorded as variable Pentamerus layers in the Lower Silurian of southern Norway. *J. Paleont.*, 63(2):195–205. doi: 10.2307/1305355
- Reading H.G. (Ed.)*. 1996. *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy*. Blackwell Science, Oxford, p. 688.
- Rossi V.M., Steel R.J.* 2016. The role of tidal, wave and river currents in the evolution of mixed-energy deltas: Example from the Lajas Formation (Argentina). *Sedimentology*, 63(4):824–864. doi: 10.1111/sed.12240
- Yao L., Aretz M., Li Y., Wang X.* 2016. Gigantoproductid brachiopod storm shell beds in the Mississippian of South China: implications for their palaeoenvironmental and palaeogeographical significances. *Geologica Belgica*. 19(1–2). doi: 10.20341/gb.2015.021