

ТИПЫ КРЕМНИСТЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В КАРБОНАТНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ СЕРПУХОВСКОГО ЯРУСА БОРОВИЧСКОГО РАЙОНА

Приводится характеристика кремнистых образований серпуховского яруса Боровичского района в среднем течении р. Мста. Рассматриваются их морфология, вещественно-структурные особенности и стадии образования.

Ключевые слова: *кремнистые образования, серпуховский ярус, структуры, петрографический анализ, электронная микроскопия.*

The characterization of siliceous concretions of the Serpukhovian Stage in the Borovichsky Region in Msta river valley in the context of their morphology, material and structural features, and stages formation.

Keywords: *siliceous concretions, Serpukhovian Stage, structures, petrographic analysis, electron microscopy.*

Введение. Окремнение карбонатных отложений в виде разнообразных конкреций — явление достаточно обычное, многократно описано и в целом относительно подробно изучено [2, 3, 5–13, 17, 19, 20]. Конкреционные кремнистые образования или просто кремни по объему значительно уступают пластовым кремнистым породам, однако развиты достаточно широко в различных отложениях, главным образом в известняках (включая писчий мел) и доломитах, реже в мергелях и фосфоритах, еще реже в песчано-алевритовых и глинистых породах. Кремнистые образования известны в отложениях практически в осех возрастах, но наиболее распространены в осечных, а также меловых породах нижнего и среднего карбона. Вопросы генезиса кремнистых образований остаются дискуссионными. Это касается как источников вещества, так и способов, условий и стадий его преобразования.

В карбонатных породах нижнего и среднего карбона Подмосковского бассейна кремнистые образования распространены весьма широко и изучались З. А. Богдановой, А. И. Мордвиновым, В. И. Станевич, Р. Ф. Геккером, С. Г. Вишняковым и другими исследователями. Однако о закономерностях их распределения в разрезе и вопросах генезиса разные авторы высказывали разные мнения, иногда взаимоисключающие. Так, З. А. Богданова высказала мысль о том, что желваки кремней нижнего карбона образовывались в литифицированной породе под влиянием грунтовых вод в связи с процессами доломитизации и накопления глинистых продуктов среди известняков [2]. Р. Ф. Геккер связывал формирование данных кремнистых образований с ходами илоедов теихихнусов [6]. С. Г. Вишняков при изучении кремнистых образований нижнего и среднего карбона выделил два генетических типа: первый — кремни замещения, которые появлялись на месте кальцита в известняках; второй — кремни заполнения, закупоривающие пустоты в карбонатных породах. Он пришел к выводу, что кремни по своей природе вторичны и приурочены к наиболее глубоководным фораминиферовым фациям известняков, при этом отсутствуют там, где известняки представлены водорослевыми и обломочно-брахиоподовыми типами,

т. е. формирование которых соответствует более мелководным обстановкам [5].

Учитывая некоторые разночтения в понимании термина «кремнистые образования», в данной работе мы различаем их обособленные и необособленные формы. К первым относятся конкреции различной морфологии, ко вторым окремненные карбонатные породы. Решению генетических вопросов могут способствовать более полное раскрытие вещественно-структурных особенностей кремнистых образований, а также их соотношение с компонентами вмещающих пород. Детальное изучение данных характеристик кремнистых образований, широко распространенных в карбонатных породах серпуховского яруса, и составило основную задачу исследований.

Фактический материал и методы исследований. Карбонатные отложения нижнего карбона, содержащие кремнистые образования различной морфологии, изучались автором на территории северо-западного крыла Московской синеклизы. Разрезы стратиграфически относятся к серпуховскому ярусу — тарусскому, стешевскому и протвинскому горизонтам (местные стратиграфические подразделения — ровненская, понеретская и угловская свиты). Работы проводились в долине р. Мста, где разрез вскрыт многочисленными обнажениями. Фактический материал собран в течение трех полевых сезонов с 2006 по 2008 г. в ходе учебно-производственных практик кафедр палеонтологии и литологии и морской геологии в составе геологического отряда СПбГУ. Детально опробовано 9 разрезов и собрана коллекция каменного материала, из более 700 образцов изготовлено и охарактеризовано петрографически такое же количество шлифов. Петрографические описания сопровождалось фотографиями шлифов пород. Петрографический анализ и фотографирование выполнялись на поляризационном микроскопе Leica DMPL. Детальное изучение 10 образцов микроструктур и минерального состава компонентов пород проводилось методами электронной микроскопии в Ресурсном центре микроскопии и микроанализа СПбГУ на приборе

Типы кремнистых образований	Фото кремнистых образований	Приуроченность в разрезе	Характерные особенности	Параметры
Трубчатые кремнистые конкреции с округлым сечением (тип А)		Хаотично расположены в пачках биоморфного известняка с обилием обломков раковин брахиопод, двустворчатых моллюсков, криноидей	Правильная цилиндрическая форма, поверхность кремней шероховатая, окраска изменяется от периферии к центру от светло- до темно-серой	Длина конкреций от 2–3 до 20–25 см, диаметр от 1,5 до 15–18 см
Тонкопластовые кремнистые образования (тип Б)		Переслаивание с доломитами, в разрезе выделяются в одну пачку	Залегание согласно напластованию, по структуре более рыхлое, чем трубчатые конкреции, окраска пород неравномерная	Мощность кремнистых образований от 2 до 25 см
Линзовидные кремнистые конкреции (тип В)		В кровле крупно-среднеплитчатых плотных карбонатных пород	Залегание четкое, контакт с вмещающими породами резкий. Зональная окраска, поверхность конкреций покрыта корочкой, менее плотной, чем основная масса кремня	Линзы до 20–30 см, до 10–15 см в ширину
Окремнение кристаллических карбонатных пород (тип Г)		Окремнение приурочено к пачкам кристаллических карбонатных пород	Неравномерное окремнение основной карбонатной массы выполнением кварцем жезд, трещин и пустот	Мощность окремненной пачки от 0,35 до 1,62 м
Окремнение биоморфных карбонатных пород, «корковое» по раковинам (тип Д)		В кровле пачек биоморфных известняков с обломками раковин брахиопод, двустворчатых моллюсков, кораллов	Окремнение развито как по детриту, так и по целым раковинам, в разрезе карбонатные окремненные породы резко сменяются доломитами	Мощность окремненных пород до 1,25 м

Рис. 1. Типизация и характеристика кремнистых образований в разрезах серпуховского яруса долины р. Мста

НИТАСНИ ТМ3000. В процессе детального петрографического анализа в изучаемых разрезах были выделены литологические виды (ЛВ). При их выделении и номенклатуре использованы принципы вещественно-структурного классифицирования, разработанные коллективом авторов и изложенные в «Систематике и классификации осадочных пород и их аналогов» [21]. Под ЛВ понимается набор вещественно-структурно-текстурных особенностей карбонатных пород, которые отражают определенную обстановку осадконакопления. При этом он соотносится с понятием «микрофауна» Дж. Уилсона [18]. Наиболее распространенные ЛВ среди карбонатных пород изучаемой толщи — биоморфные известняки и кристаллические доломиты. Последние замещают первые в различной степени. Стадии этого превращения отчетливо наблюдаются в шлифах под микроскопом. При полной доломитизации об органогенно-обломочной структуре исходных известняков можно судить лишь по следам органических остатков, едва заметных на фоне кристаллического доломита. Вещественно-структурные признаки (кристаллизация по микриту, детриту, размер кристаллов) указывают на то, что доломиты являются вторичными. В этих породах на основе изучения морфологии

и характера распределения в толще выделено пять типов кремнистых образований, распространение которых закономерно почти в каждом изученном обнажении. К ним относятся (рис. 1) кремнистые трубчатые конкреции с округлым сечением (тип А), тонкопластовые кремнистые образования (тип Б), кремнистые линзовидные конкреции (тип В), окремнение кристаллических карбонатных пород (тип Г), окремнение «корковое» по раковинам в биоморфных карбонатных породах (тип Д). При детальном исследовании для каждого из этих типов был выделен комплекс характерных особенностей на макро-и микроуровне изучения вещества.

Тип А — *трубчатые кремнистые конкреции с округлым сечением*. Приурочены к пачкам биоморфных известняков с обилием обломков брахиопод, двустворчатых моллюсков, криноидей, фораминифер (рис. 2, а). Конкреции распространены неравномерно по напластованию и по laterали. Контакт конкреций с вмещающими породами резкий. Кремни практически правильной цилиндрической формы с различными отростками. Поверхность кремней шероховатая, с выступами и углублениями внутри конкреций, покрыта белой корочкой, менее плотной, чем основная мас-

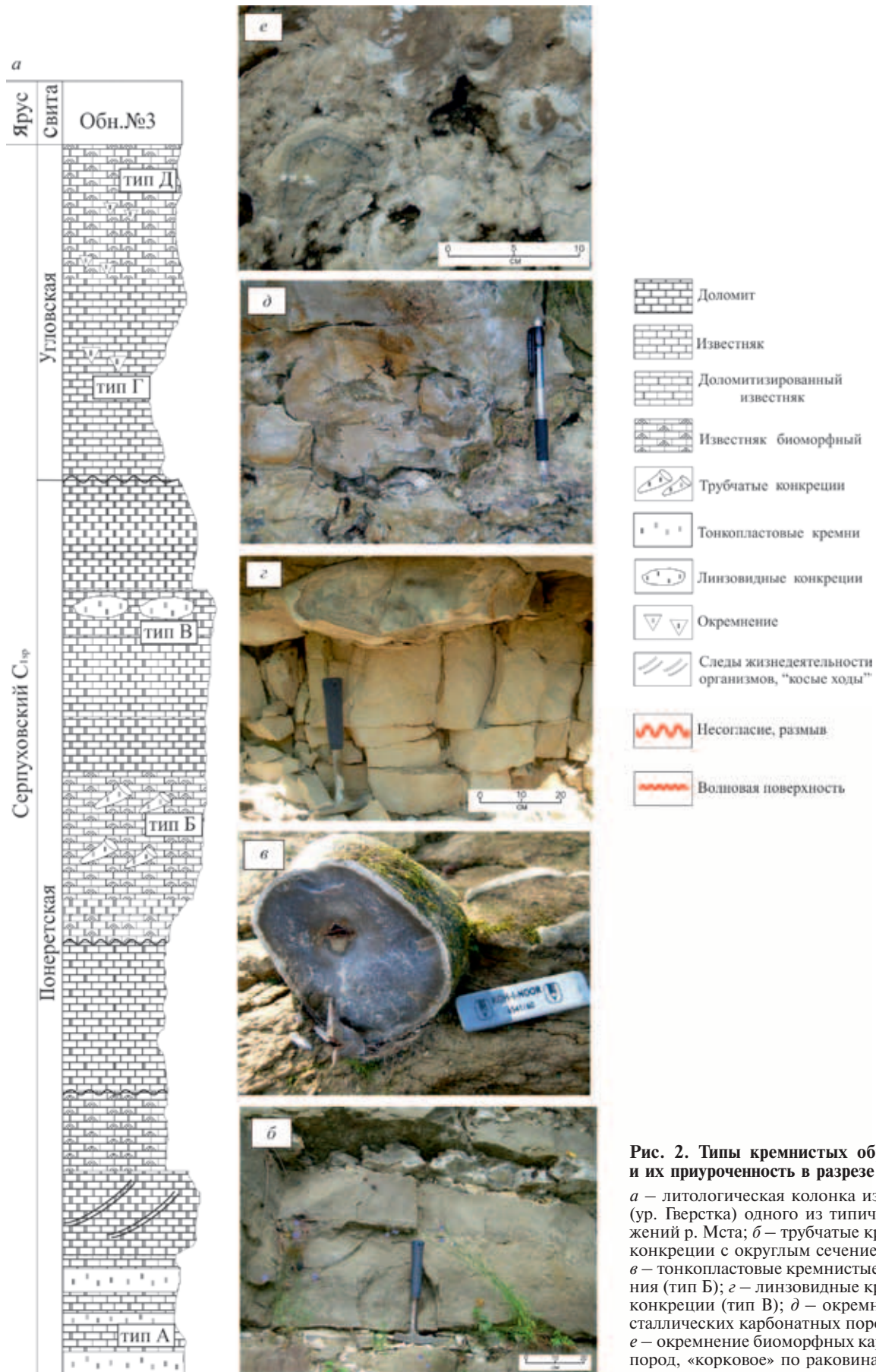


Рис. 2. Типы кремнистых образований и их приуроченность в разрезе

a – литологическая колонка из обн. № 3 (ур. Гверстка) одного из типичных обнажений р. Мста; *б* – трубчатые кремнистые конкреции с округлым сечением (тип А); *в* – тонкопластовые кремнистые образования (тип Б); *з* – линзовидные кремнистые конкреции (тип В); *д* – окремнение кристаллических карбонатных пород (тип Г); *е* – окремнение биоморфных карбонатных пород, «корковое» по раковинам (тип Д)

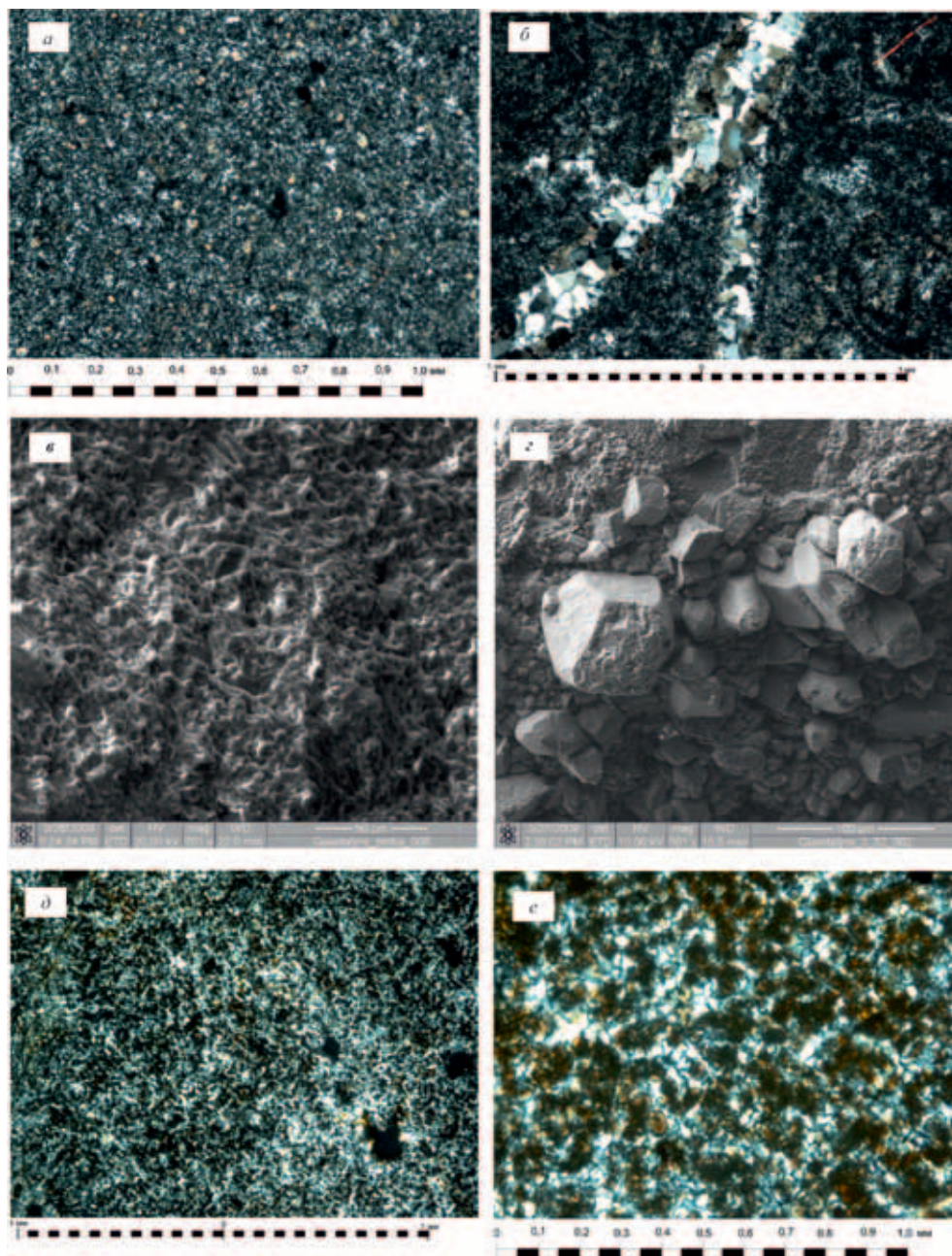


Рис. 3. Вещественно-структурные разновидности трубчатых конкреций (тип А)

a – фото шлифа – известковистый криптокристаллический кремнь, ув. 10, николи X; *б* – фото шлифа – микрокристаллический кремнь с раскристаллизацией халцедона до кварца по детриту раковин брахиопод, ув. 5, николи X; *в* – фото электронно-микроскопических изображений скола микрокристаллического кремня, основная масса породы сложена халцедоном; *г* – фото электронно-микроскопических изображений скола криптокристаллического кремня – кристаллы кварца; *д, е* – фото шлифа – криптокристаллический кремнь со сферолитовой структурой, ув. 5 (*д*), ув. 10 (*е*), николи X

са кремня, толщиной 2–5 мм. Внутренняя часть трубок имеет концентрическое строение, иногда она заполнена более рыхлым материалом. Окраска кремней изменяется от периферии к центру от светло- до темно-серой. Длина конкреций от 2–3 до 25, диаметр 1,5–18 см (рис. 2, б). Петрографическое исследование позволило выделить несколько вещественно-структурных разновидностей данного типа конкреций, в том числе среди макроскопически сходных форм. Наиболее распространены известковистые криптокристаллические кремни, состоящие из халцедона 80–100 и кальцита 0–20% (рис. 3, а).

Вторая разновидность – микрокристаллические кремни с участками раскристаллизации халцедона до кварца, обычно замещающими биоморфные остатки: детрит раковин брахиопод, двусторчатых моллюсков, криноидей, фораминифер (рис. 3, б). Первоначально карбонатное вещество раковин замещается халцедоном, который потом местами кристаллизуется в кварц. Скелеты раковин и детрита при этом сохраняются. Часто имеет место окремнение всего биоморфного компонента, иногда лишь частичное, иногда на них развиваются оторочки микрозернистого кварца. Видовой состав детрита,

замещенного минералами кремнезема, аналогичен составу неизмененного детрита вмещающих пород. Электронно-микроскопический анализ показал, что кремнистые образования данного типа сложены практически чистым халцедоном, который узнается по своей ячеистой структуре, и кристаллами кварца, замещающими раковины биоморфных остатков (рис. 3, в, з). Третья разновидность представлена криптокристаллическими кремнями халцедонового состава, для которых характерно наличие сферолитов, возможно, микробиальной природы. Сферолиты имеют радиально-лучистое внутреннее строение, они рыже-бурого цвета и размером около 0,02 мм (рис. 3, д, е). Морфология конкреций, минеральный состав, интенсивность окремнения и степень раскристаллизации кремнезема по первичным компонентам пород, в первую очередь по биоморфным остаткам, указывают на вторичное окремнение. Образование данного типа кремней связывают с жизнедеятельностью илоедов тейхихнусов. Животное, проедавшее осадок, разрыхляло его, создавая ходы. По представлениям Р. Ф. Геккера, постройки проедания *Teichichnus* окружены кремнем, точно кожухом, последний ход в них и до сих пор иногда остается пустым, незаполненным. Поэтому такие постройки представляли собой удобные проводящие каналы для циркуляции подземных вод, которые в карбонатных отложениях Московской синеклизы часто несли в растворенном виде кремнекислоту, осаждавшуюся как в ходах, так и в окружавших их осадках [6].

Тип Б — *тонкопластовые кремнистые образования*. Выделяются в виде пластов, пропластков и переслаиваются с плотными кристаллическими карбонатными породами согласно напластованию. Кремни этого типа более рыхлые, чем трубчатые конкреции, неравномерной окраски и мощностью от 2 до 25 см (рис. 2, в). Данный тип представлен криптокристаллическими кремнями халцедонового состава (рис. 4, а). Кремни обычно переслаиваются с доломитами микритовой структуры (рис. 4, б). Вторичная природа кремнистых образований этого типа остается дискуссионной, хотя в них и отсутствуют первичные компоненты, которые указывали бы на источник биогенного кремнезема. Благодаря

сходству структурно-текстурных особенностей доломитов и кремнистых образований их переслаивание выделяется в разрезе в одну пачку и представляет собой единый цикл осадконакопления [1].

Тип В — *кремнистые линзовидные конкреции*. Представлены линзовидными конкрециями, приуроченными к кровле крупно-среднеплитчатых биоморфных доломитизированных известняков. Они имеют резкие контакты с вмещающими карбонатными породами и зональную окраску, которая становится темнее от периферии линз к центру. Поверхность конкреций покрыта белой корочкой толщиной 2–5 мм, менее плотной, чем основная масса кремней. Их размер довольно крупный относительно предыдущих форменных типов и достигает 20–30 см в длину и 10–15 см в ширину (рис. 2, з). Породы конкреций представлены криптокристаллическими биоморфными кремнями халцедонового состава с участками раскристаллизации до кварца (рис. 5, а). Эти участки часто приурочены к остаткам организмов, сохраняющим свой первичный облик, но полностью замещенным кварцем (рис. 5, б). Окремнение раковин, по-видимому, могло начаться в еще нелигифицированном осадке. Меньшая степень кристаллическости минералов кремнезема основной массы конкреций свидетельствует о ее более поздней метасоматической перекристаллизации по сравнению с окремнением известкового детрита.

Тип Г — *окремнение кристаллических карбонатных пород*. Приурочено к верхней части разреза, стратиграфически соответствующей началу угловатой свиты (рис. 2, а). Кремнистые образования развиты неравномерно, их проявления связаны с выполнением кварцем жезд, трещин и пустот в карбонатных породах. Мощность пачек от 0,35 до 1,62 м (рис. 2, д). Для данного типа окремнения характерны яснокристаллические структуры (рис. 6, а, б). Окремненные кристаллические карбонатные породы, как правило, доломиты, характеризуются микритовой структурой, что указывает на более раннюю кристаллизацию (или генерацию) доломита по сравнению с кремнистым веществом. В породах наблюдаются поры доломитизации, частично или целиком заполненные кварцем. Такие

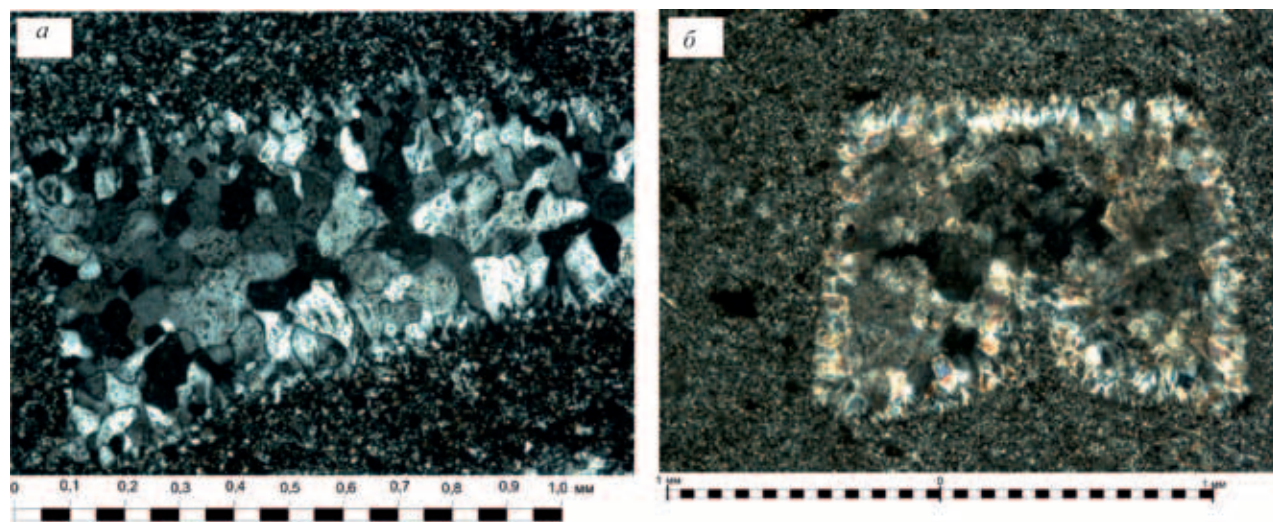


Рис. 4. Вещественно-структурные разновидности тонкопластовых кремнистых образований (тип Б)

а — фото шлифа — криптокристаллический кремнь, ув. 5, николи X; б — фото шлифа — микрокристаллический доломит, ув. 5, николи X

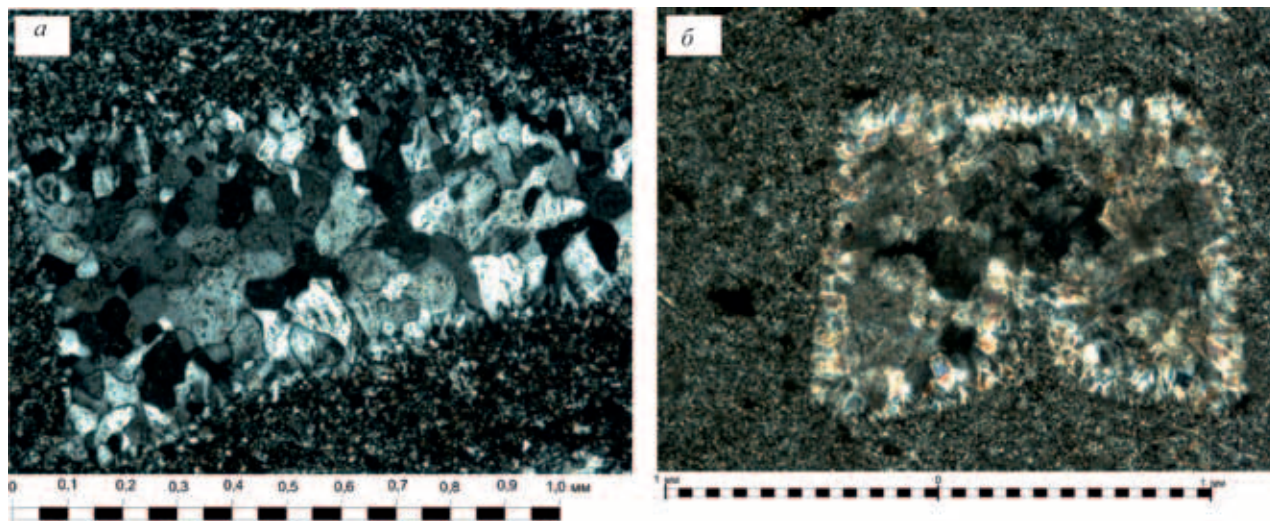


Рис. 5. Вещественно-структурные разновидности линзовидных кремнистых конкреций (тип В)

Фото шлифа – криптокристаллический биоморфный кремний: *a* – ув. 10, николи X; *б* – ув. 5, николи X

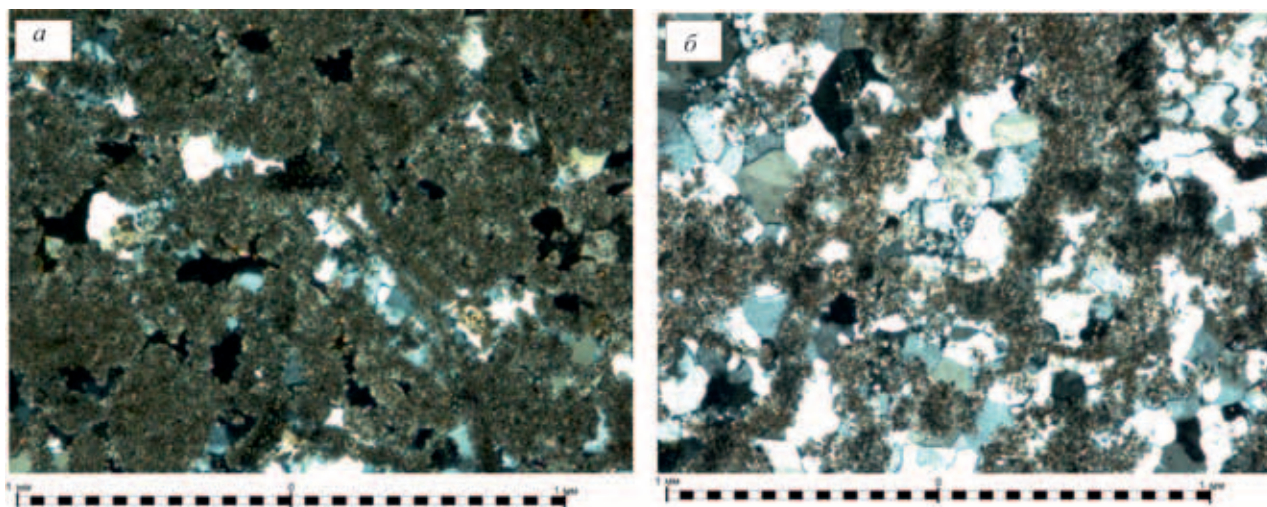


Рис. 6. Окремнение кристаллических карбонатных пород (тип Г)

Фото шлифа – окремненный доломит: *a* – поры доломитизации частично заполнены кварцем, ув. 5, николи X; *б* – замещен преимущественно кварцем, ув. 5, николи X

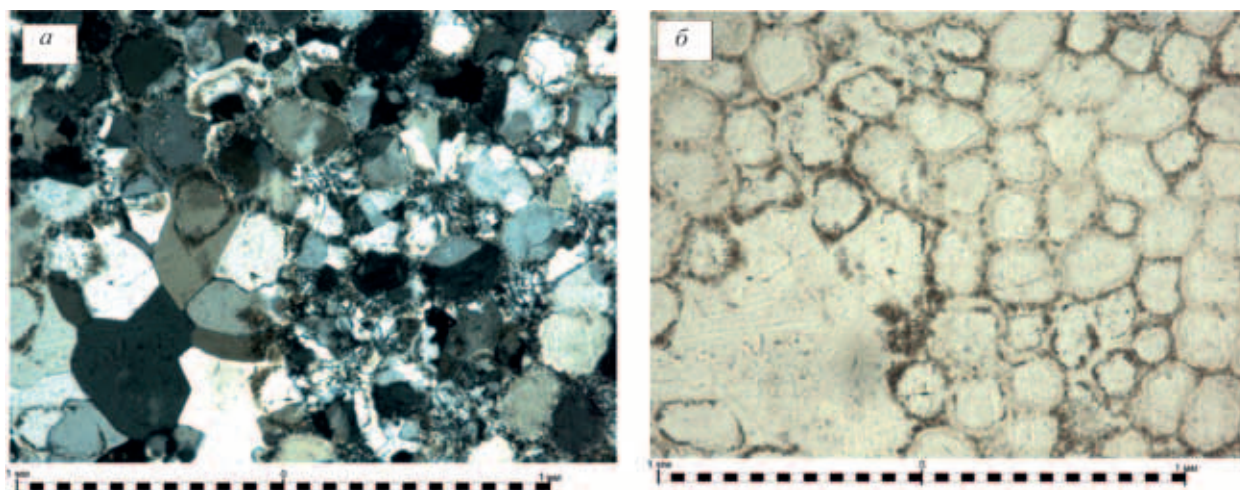


Рис. 7. Вещественно-структурные разновидности окремнения биоморфных карбонатных пород (тип Д)

Фото шлифа – окремненный остаток коралла: *a* – ув. 5, николи X; *б* – николи II

структурные соотношения указывают на его более позднее минералообразование уже после формирования пор доломитизации.

Тип Д — *окремнение биоморфных карбонатных пород, «корковое» по раковинам*. Приурочено к кровле пачек биоморфных известняков с обильной фауной брахиопод, двустворчатых моллюсков, кораллов, фораминифер, криноидей, гастропод (рис. 2, а). Окремнение данного типа развивается как по целым раковинам, так и по детриту (рис. 2, е). В разрезе пачки биоморфных известняков с корковым окремнением резко сменяются доломитами. Основная структурная особенность пород типа Д — сплошное замещение детрита халцедоном и кварцем. Характер окремнения проявлен разнообразно: сферические агрегаты, частичная раскристаллизация опала до халцедона, а в меньшей степени до кварца (рис. 7, а, б).

Заключение. В карбонатной толще серпуховского яруса выделено пять вещественно-структурных типов кремнистых образований, которые отличаются особенностями минерального состава, характером распределения породообразующих минералов, их взаимоотношениями с биоморфными остатками. Изучение вещественно-структурных особенностей этих образований показало, что, во-первых, они являются не седиментационными образованиями, а результатом заполнения кремнеземом пустот и продуктом метасоматического замещения карбонатного вещества кремнистым; во-вторых, они образовывались после начала или даже окончания процессов постседиментационной доломитизации известняков. В породах, отнесенных к типу А, выделяется несколько вещественно-структурных разновидностей, проявленных на петрографическом уровне. Структуры конкреций варьируют от криптокристаллической до сферолитовой в зависимости от особенностей состава и структур вмещающих пород. Установлена совокупность вещественных признаков, подтверждающих, что процессы окремнения являются постседиментационными диа-катагенетическими. Линзовидные конкреции (тип В) представляют собой криптокристаллические биоморфные кремни, в которых халцедон составляет почти 80 % от всего объема породы, биоморфные остатки, окремненные до кварца, 15–20 %. Окремнение первичного известкового детрита проходит на более ранних стадиях диагенеза в отличие от основной массы породы, представленной микритовым карбонатным веществом, образование кремней в которой происходило на более поздних стадиях диагенеза и в катагенезе. Породы типов Г и Д схожи между собой как на макроскопическом, так и на микроскопическом уровнях. Они сохраняют свои первичные седиментационные признаки, такие как известковые сгустки и биоморфные остатки. А минералы кремнезема развиваются по пустотам, кавернам (тип Г) и биоморфным остаткам (тип Д), где представлены преимущественно кварцем. Интенсивность проявления окремнения и степень раскристаллизации кремнистого вещества свидетельствуют о вторичной природе данного процесса. Так, А. П. Виноградов [4] считает, что одним из возможных источников является вынос растворенного кремнезема реками с суши, который происходил параллельно с седиментацией карбонатных осадков. Определенное подтверждение

этого — для разных временных отрезков периоды повышенного накопления кремнистых осадков соответствуют эпохам химического выветривания на суше, появлению каолинистых кор выветривания и вообще каолинистых глин. В данном случае наиболее вероятным процессом высвобождения кремнезема было химическое разложение каолинистых глин, слагающих продуктивный горизонт визейского яруса* [14], а непосредственным источником — продукты этого разложения, поступающие или поступившие в бассейн. Другой точкой зрения на формирование кремнистых образований типа В является мнение В. Г. Кузнецова [9], считающего, что подмосковные каменноугольные карбонатные отложения — типичный пример пород, в которых первичный кремнезем практически отсутствует, но привносится извне после их формирования. Так, юрские глины, покрывающие каменноугольные известняки и доломиты, во время континентального перерыва могли подвергаться химическому выветриванию, а воды с растворенным кремнеземом, освободившимся в результате этого процесса, просачиваться вниз, где по карбонатным породам он мог мигрировать и осадиться в первичном поровом пространстве.

С. Г. Вишняков, специально рассматривавший вопрос формирования кремнистых образований в каменноугольных отложениях платформы, достаточно убедительно показал, что они возникли путем концентрации (стяжения) аутигенного кремнезема, находившегося в осадке в рассеянном состоянии. Источник последнего, по мнению одних исследователей (А.Д. Архангельского, С. Г. Вишнякова и др.), — вносимые в бассейн продукты глубокого химического выветривания на суше, по мнению других (Я. В. Самойлова, Е. В. Рожковой, Г. И. Бушинского и Г. И. Теодоровича), — кремнистые органические остатки. Н. М. Страхов [16] на основе анализа современных условий седиментации показал, что за исключением особых случаев (район подводного вулканизма) хемогенной садки SiO_2 в современных морских бассейнах не происходит, и кремнезем поступает в грунт в виде скелетов кремневых организмов. По мнению И. В. Хворовой, SiO_2 был в основном биогенным в отложениях каменноугольного возраста, но остатки организмов, служивших источником кремнекислоты, как правило, не сохранились [19]. Далее Н. М. Страхов [15], рассматривая диагенетические изменения осадков, справедливо указал, что некоторые биогенные компоненты, такие как SiO_2 , обладая растворимостью гораздо большей, чем наличное содержание их в морской воде, начинают в силу этого растворяться в иловой воде. Затем этот растворенный кремнезем стягивается в точках с пониженным рН, образуя кремнистые тела.

Таким образом, SiO_2 мог поставляться любым из вышеперечисленных источников, при этом, вероятно, их влияние было последовательным или преобладающим одного из них в зависимости от условий образования карбонатных осадков (глубина накопления и удаленность от берега) и захоронения, на что в какой-то степени указывают неоднородность и разнообразие форм тел кремней нижнего карбона, хотя прямых доказательств от-

* Разрез визейского яруса в районе р. Мста — переслаивание глинисто-карбонатных пород, глинистые породы — каолинистые глины.

сутствия или преобладания того или иного источника не выявлено. Выводы об их приуроченности к определенным фациям известняков, полученные нами на основании детальных петрографических исследований, отличаются от выводов, сделанных С. Г. Вишняковым. Обособленные формы кремней (типы А, В), пластовые (тип Д) и окремнение по раковинам (тип Г) приурочены к прибрежно-мелководным и мелководным обстановкам с низкой и высокой гидродинамикой, а тонкопластовые кремнистые образования (тип Б) — к относительно глубоководным обстановкам с низкой гидродинамикой, что, вероятно, в последнем случае может указывать на преобладание биогенного источника кремнезема.

Кремни, сложные для изучения и понимания их происхождения, представляя собой объект, заслуживающий пристального внимания исследователей, в том числе и при рассмотрении седиментологии вмещающих карбонатных отложений. Они являются показателями глубины, динамики и химизма среды и несомненно интересны с точки зрения выяснения сложных процессов диагенеза и эпигенеза. По всей видимости, кремни указывают также и на существование процессов глубокого химического выветривания на континенте.

Автор выражает благодарность кандидату геолого-минералогических наук А. Р. Нестерову за помощь в проведении электронно-микроскопических исследований.

1. Бигун И.В. Закономерности строения и условия образования карбонатных толщ серпуховского яруса нижнего карбона Новгородской и Ленинградской областей // Рифы и карбонатные псефитолиты: Материалы Всероссийского литологического совещ. — Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УРО РАН, 2010. — С. 28–29.

2. Богданова З.А. К литологии карбонатных пород нижнего карбона Подмосковского бассейна. — Л.: ВСЕГЕИ, 1940. — 57 с.

3. Бушинский Г.И. Кремнистые породы // Справочное руководство по петрографии осадочных пород. 1958. Т. 2. — С. 255–267.

4. Виноградов А.П. Введение в геохимию океана. — М.: Наука, 1967. — 215 с.

5. Вишняков С.Г. Кремнистые образования в карбонатных породах нижнего и среднего карбона северо-западного крыла Подмосковского бассейна // Изв. АН СССР. Серия геол. 1953. № 4. — С. 80–91.

6. Геккер Р.Ф. Следы беспозвоночных стигмарий в морских отложениях нижнего карбона Московской синеклизы. — М.: Наука, 1980. — 84 с. 37–39 (Тр. ПИН АН СССР. Т. 178).

7. Егоров А.Ю. Окремнение и сопутствующие процессы в каширском горизонте Верхнего Поволжья // Постседиментационные изменения карбонатных пород и их значение для историко-геологических реконструкций. — М.: Наука, 1980. — С. 43–62.

8. Зарицкий П.В. Кремнистые конкреции в известняках угленосных отложений Донбасса и их генезис // Литология и полезные ископаемые. 1968. № 4. — С. 130–134.

9. Кузнецов В.Г. Карбонатные отложения докембрия. Состав, условия образования, нефтегазоносность. — М.: И.П. Матушкина, 2010. — 151 с.

10. Махнач А.А., Гулис Л.Ф. Желваковые кремни в карбонатных отложениях девона и мела Беларуси. Сообщение 1. Петрография и минералогия // Литология и полезные ископаемые. 1993а. № 1. — С. 49–63.

11. Махнач А.А., Гулис Л.Ф. Желваковые кремни в карбонатных отложениях девона и мела Беларуси. Сообщение

2. Геохимия // Литология и полезные ископаемые. 1993б. № 2. — С. 78–87.

12. Махнач А.А., Гулис Л.Ф. Желваковые кремни в карбонатных отложениях девона и мела Беларуси. Сообщение 3. Генезис // Литология и полезные ископаемые. 1993в. № 6. — С. 55–68.

13. Решетняк Н.Д. К вопросу о кремнистых образованиях нижнего карбона юго-западной окраины Донбасса // ДАН СССР. 1955. Т. 100. № 5. — С. 973–976.

14. Савицкий Ю.В. и др. Опорный разрез нижнего карбона реки Мсты: Путеводитель экскурсий 21–24 сентября 2012 г. III Всерос. совещ. «Верхний палеозой России: региональная стратиграфия, палеонтология, гео- и биособытия» / Ю.В. Савицкий, О.Л. Косовая, Е.О. Евдокимова, Я.А. Вевель. — СПб., 2012. — 55 с.

15. Страхов Н.М. Диагенез осадков и его значение для осадочного рудообразования // Изв. АН СССР. Серия геол. 1953. № 5. — С. 12–49.

16. Страхов Н.М. и др. Образование осадков в современных водоемах. — М.: Изд-во АН СССР, 1954. — 792 с.

17. Теодорович Г.И. Литология карбонатных пород палеозоя Урало-Волжской области. — М.—Л.: Изд-во АН СССР, 1950. — 215 с.

18. Уилсон Дж.Л. Карбонатные фации в геологической истории / пер. с англ. А.С. Арсанова, Н.П. Григорьева, Б.В. Ермакова под ред. В.Т. Фролова. — М.: Недра, 1980. — С. 15–44.

19. Хворова И.В. Атлас карбонатных пород среднего и верхнего карбона Русской платформы. — М.: АН СССР, 1958. — С. 86–88.

20. Хворова И.В. Кремнистые породы. Справочник по литологии / под ред. Н.Б. Вассоевича. — М.: Недра, 1983. — 163 с.

21. Шванов В.Н., Фролов В.Т., Сергеева Э.И. и др. Систематика и классификация осадочных пород и их аналогов. — СПб.: Недра, 1998. — 352 с.

1. Bigun I.V. *Zakonomernosti stroeniya i usloviya obrazovaniya karbonatnykh tolshch serpukhovskogo yarusa nizhnego karbona Novgorodskoy i Leningradskoy oblastey // Rify i karbonatnyye psefitolity: Materialy Vseros. litologicheskogo soveshch.* [Laws of structure and formation conditions of the Serpukhovian (Lower Carboniferous) carbonate strata in the Novgorod and Leningrad regions // Reefs and carbonate psepholites: Proc. Rus. Lithological Conf.]. — Syktvykar: IG Komi SC UrB RAS, 2010. — P. 28–29. (In Russia).

2. Bogdanova Z.A. *K litologii karbonatnykh porod nizhnego karbona Podmoskovnogo basseyna* [Towards the lithology of the Lower Carboniferous carbonate rocks of the Moscow Basin]. — L.: VSEGEI, 1940. — 57 p. (In Russia).

3. Bushinsky G.I. *Kremnistye porody // Spravochnoe rukovodstvo po petrografii osadochnykh porod* [Siliceous rocks // Reference book on petrology of sedimentary rocks]. 1958. Vol. 2. — P. 255–267. (In Russia).

4. Vinogradov A.P. *Vvedeniye v geokhimiyu okeana* [Introduction to ocean geochemistry]. — M.: Nauka, 1967. — 215 p. (In Russia).

5. Vishnyakov S.G. *Kremnistye obrazovaniya v karbonatnykh porodakh nizhnego i srednego karbona severozapadnogo kryla Podmoskovnogo basseyna // Izv. AN SSSR. Seriya geol.* [Siliceous formations in the Lower and Middle Carboniferous carbonate rocks of northwestern wing of the Moscow Basin // Bull. USSR Academy of Sciences. Series Geol. 1953. N 4. — P. 80–91.

6. Gekker R.F. *Sledy bespozvonochnykh stigmariy v morskikh otlozheniyakh nizhnego karbona Moskovskoy sineklizy* [Invertebrate Stigmaria traces in marine sediments of the Lower Carboniferous of the Moscow Syncline]. — M.: Nauka, 1980. — 84 P. 37–39 (Proc. PIN USSR Academy of Sciences. Vol. 178). (In Russia).

7. Egorov A.Yu. *Okremneniye i soputstvuyushchie protsessy v kashirskom gorizonte Verkhnego Povolzhya // Postsedimentatsionnye izmeneniya karbonatnykh porod i ikh znachenie dlya istoriko-geologicheskikh rekonstruktsiy* [Silicification and accompanying processes in Kashira horizon

of the Upper Volga Region // Postsedimentary changes in carbonate rocks and their significance for historical and geological reconstructions]. – M.: Nauka, 1980. – P. 43–62. (In Russia).

8. Zaritsky P.V. *Kremnistye konkretii v izvestnyakakh uglennykh otlozheniy Donbassa i ikh genezis // Litologiya i poleznye iskopaemye* [Siliceous limestone concretions in the Donbass coal-bearing deposits and their genesis // Lithology and Mineral Resources]. 1968. N 4. – P. 130–134. (In Russia).

9. Kuznetsov V.G. *Karbonatnye otlozheniya dokembriya. Sostav, usloviya obrazovaniya, neftegazonosnost* [Carbonate deposits of the Precambrian. Composition, formation conditions, oil and gas content]. – M.: I.P. Matushkina, 2010. – 151 p. (In Russia).

10. Makhnach A.A., Gulis L.F. *Zhelvakovye kremni v karbonatnykh otlozheniyakh devona i mela Belarusi. Soobshchenie 1. Petrografiya i mineralogiya // Litologiya i poleznye iskopaemye* [Nodular flints in carbonate sediments of the Devonian and Cretaceous in Belarus. Presentation 1. Petrography and mineralogy // Lithology and Mineral Resources]. 1993a. N 1. – P. 49–63. (In Russia).

11. Makhnach A.A., Gulis L.F. *Zhelvakovye kremni v karbonatnykh otlozheniyakh devona i mela Belarusi. Soobshcheniye 2. Geokhimiya // Litologiya i poleznye iskopaemye* [Nodular flints in carbonate sediments of the Devonian and Cretaceous in Belarus. Presentation 2. Geochemistry // Lithology and Mineral Resources]. 1993b. N 2. – P. 78–87. (In Russia).

12. Makhnach A.A., Gulis L.F. *Zhelvakovye kremni v karbonatnykh otlozheniyakh devona i mela Belarusi. Soobshcheniye 3. Genezis // Litologiya i poleznye iskopaemye* [Nodular flints in carbonate sediments of the Devonian and Cretaceous in Belarus. Presentation 3. Genesis // Lithology and Mineral Resources]. 1993c. N 6. – P. 55–68. (In Russia).

13. Reshetnyak N.D. *K voprosu o kremnistykh obrazovaniyakh nizhnego karbona yugozapadnoy okrainy Donbassa // DAN SSSR* [Towards the Lower Carboniferous siliceous formations on the southwestern margin of Donbass // Proc. USSR Academy of Sciences]. 1955. Vol. 100. N 5. – P. 973–976. (In Russia).

14. Savitsky Yu.V. et al. *Opornyy razrez nizhnego karbona reki Msty: Putevoditel ekskursii 21–24 sentyabrya 2012 g. III Vseros. soveshch. "Verkhniy paleozoy Rossii: regionalnaya stratigrafiya, paleontologiya, geo- i biosobytiya"* / Yu.V. Savitskiy, O.L. Kossovaya, E.O. Yevdokimova, Ya.A. Vevel [Reference section of the Lower Carboniferous of the Msta River: Guidebook of field trips on 21–24 September 2012 of the III Russian Conf. "Upper Paleozoic in Russia: regional stratigraphy, paleontology, geo- and bio-events"]. – SPb., 2012. – 55 p. (In Russia).

15. Strakhov N.M. *Diagenoz osadkov i yego znachenie dlya osadochnogo rudoobrazovaniya // Izv. AN SSSR. Seriya geol.* [Sedimentary diagenesis and its significance for sedimentary ore formation // Bull. USSR Academy of Sciences. Series Geol. 1953. N 5. – P. 12–49. (In Russia).

16. Strakhov N.M. et al. *Obrazovanie osadkov v sovremennykh vodozemakh* [Sediment formation in modern water basins]. – M.: USSR Academy of Sciences Press, 1954. – 792 p. (In Russia).

17. Teodorovich G.I. *Litologiya karbonatnykh porod paleozoya Uralo-Volzhskoy oblasti* [Lithology of the Paleozoic carbonate rocks in Urals-Volga area]. – M.; L.: USSR Academy of Sciences Press, 1950. – 215 p. (In Russia).

18. Wilson J.L. *Karbonatnye fatsii v geologicheskoy istorii* [Carbonate facies in geological history] / Transl. from English by A.S. Arsanov, N.P. Grigorieva, B.V. Ermakova ed. by V.T. Frolov. – M.: Nedra, 1980. – P. 15–44. (In Russia).

19. Khvorova I.V. *Atlas karbonatnykh porod srednego i verkhnego karbona Russkoy platformy* [Atlas of the Middle and Upper Carboniferous carbonate rocks of the Russian Platform]. – M.: USSR Academy of Sciences, 1958. – P. 86–88. (In Russia).

20. Khvorova I.V. *Kremnistyye porody. Spravochnik po litologii* [Siliceous rocks. Reference book on lithology] / ed. by N.B. Vassoevich. – M.: Nedra, 1983. – 163 p. (In Russia).

21. Shvanov V.N., Frolov V.T., Sergeeva E.I. et al. *Sistematika i klassifikatsii osadochnykh porod i ikh analogov* [Systematics and classification of sedimentary rocks and their analogs]. – SPb.: Nedra, 1998. – 352 p. (In Russia).

Бигун Ирина Владимировна – вед. инж., Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ). Средний пр., 74, Санкт-Петербург, 199106, Россия. <bollun@rambler.ru>

Bigun Irina Vladimirovna – Leading Engineer, A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute (VSEGEI). 74, Sredny prospect, St. Petersburg, 199106, Russia. <bollun@rambler.ru>