В ПОРЯДКЕ ДИСКУССИИ

УДК 691.217.7:56:551.3.051:543.456:550.837

О генезисе поясов кремней в Предуральском прогибе

А. В. Кузин, Е. Ю. Лобанов
Уральский государственный горный университет
620144, Екатеринбург, ул. Куйбышева, д. 30. E-mail: kuzin-av@mail.ru, aziat1966@mail.ru
(Статья поступила в редакцию 25.08.2025 г.)

Цель работы – показать поясное распространение в Предуральском прогибе в толщах верхнего карбона, нижней перми отложений кремней гидротермальной природы, указать механизм их образования в недрах, показать парагенетическую связь гидротерм с биотой в рифах и биогермах. Проведен сбор известняков, песчаников, аргиллитов с включениями в них кремней различной формы и размеров: желваков, шаров, линз, слоистых разностей. Выделена многочисленная фауна хорошей сохранности в окремненных рифовых известняках и в кремнях. Исследованы аншлифы и шлифы окремненных пород, кремней. Электроразведкой методами сопротивлений в составе морских и прибрежных осадков артинского яруса выделены участки внедрения кремневых гидротерм – по повышению удельного электрического сопротивления. Установлена гидротермальная природа кремней в Предуральском прогибе, выделены формы их локализации в морских и континентальных отложениях, характер их проявления в аномалиях электроразведки методами сопротивлений. Сделано предположение об источниках кремневых гидротерм, указаны время и условия их выхода на дно моря и сушу. Дальнейшие исследования новых и известных проявлений кремней в геологических разрезах Предуралья позволят уточнить историю формирования региональной геологической структуры, ее геодинамическую связь с Восточно-Европейской платформой и Уралом.
Ключевые слова: *Предуральский прогиб, кремни, рифы, биогермы, гидротермы, удельное электрическое сопротивление, артинский ярус*.
DOI: 10.17072/psu.geol.25.3.301

Введение

В научной литературе довольно часто упоминаются кремни в осадочных отложениях Предуральского прогиба и других регионов, однако их генезис до сих пор практически не изучен, и термины, которые к ним применяются, являются разнородными (от более четкого «желваки» и «линзы» до нечеткого «окремнелые известняки», «прослои кремней», либо даже просто «кремни»). К сожалению, в этих изданиях не приводятся фотографии самих кремней, что весьма затрудняет их интерпретацию.

Высказывались разные точки зрения относительно их происхождения (от сингенетичного до эпигенетичного), однако практически отсутствовали доказательства. В последние годы, занимаясь проблемами генезиса кремней красноуфимской части Предуральского прогиба, мы доказали гидротермальную природу артинских кремней в рифах с. Приданниково, биогермах с. Подгорное и прибрежных терригенных фациях с. Афанасьевское (Кузин, 2022б; Кузин, Лобанов, 2023).

В данной статье мы свели данные о кремнях в карбоновых и пермских осадочных отложениях (известняки, песчаники, алевролиты) Предуральского прогиба (по печатным работам и нашим исследованиям). Интерпретация их затруднена по причинам, изложенным выше, но некоторые выводы можно сделать.

Исходя из новых данных, следует более детально на местности изучить уже описанные обнажения, особо обращая внимание на положение в них, форму и состав кремней: по крайней мере часть из них может содержать сингенетичную мелкую фауну (фораминиферы, спикулы губок, криноидеи, моллюски, мелкие одиночные кораллы и др., что

© Кузин А. В., Лобанов Е. Ю., 2026
Работа лицензирована в соответствии с CC BY 4.0. Чтобы просмотреть копию этой лицензии, посетите https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

обнаружено нами в обнажениях сс. Приданниково и Подгорное, Сим, Ахуново).

Задача статьи – привязать выходы кремней в осадочных отложениях карбона – нижней перми по всему Предуральскому прогибу не детальнее ярусов, чтобы после идти от общего к частному, а также определить возможные источники и пути поступления кремнезема на поверхность.

География кремней Предуральского прогиба

Кремни в осадочных породах (известняках, алевролитах-аргиллитах, мергелях и песчаниках) описаны на протяжении Предуралья от Кунгура до Юрюзани (Маслов, 1950; Пограничные, 1986; Чувашов и др., 1990), упоминаются в разрезах Илим (Сулем, севернее Чусового, южнее Усть-Утки, C_1), Межевая Утка, Чекарда, Алимбет C_2 (южнее Орска), Шафеевка и др. Довольно много данных о наличии кремней в осадочных породах Предуральского прогиба приведено Ф. Чернышевым (Общая геологическая карта России, 1889), причем форма кремней описывается достаточно четко:

«За устьем [реки] Вергазы Юрезань выходит из ущелья, образованного девонскими и каменноугольными известняками … левый же берег в 1 версте ниже Вергазы представляет обнажение артинских отложений… серых и темносерых глинистых сланцев, среди которых находятся эллиптические стяжения кремня и плотного серого рухляка…» (с. 78).

«На вершине горы [Кыгырбак], против мельницы на Лазе, ниже д. Куркиной, известняк С образует пологую антиклинальную складку… В известняке этом, богатом стяжениями и прослойками кремня, не было найдено органических остатков…» (с. 88).

«В 75 саж. ниже д. Мусатовой в г. Аркы-Тау … породы С… уходят под темносерый, плотный, кремнистый известняк с пропластками и огромными конкрециями кремня; последние достигают местами до 1,2 метра в поперечнике. … В тех местах, где стяжения кремня достигают значительных размеров, правильность пластования является нарушенной, причем слои известняка как бы обволакивают центральное ядро кремня; выше и ниже такой кремневой чечевицы пластование известняка представляется совершенно нормальным.» (с. 89). Это совершенно отчетливое описание говорит в пользу гипотезы о внедрении геля кремней в известняк снизу, и можно спрогнозировать возможные будущие находки желваков кремней с «хвостами», повторяющими очертания подводящего канала (см. ниже).

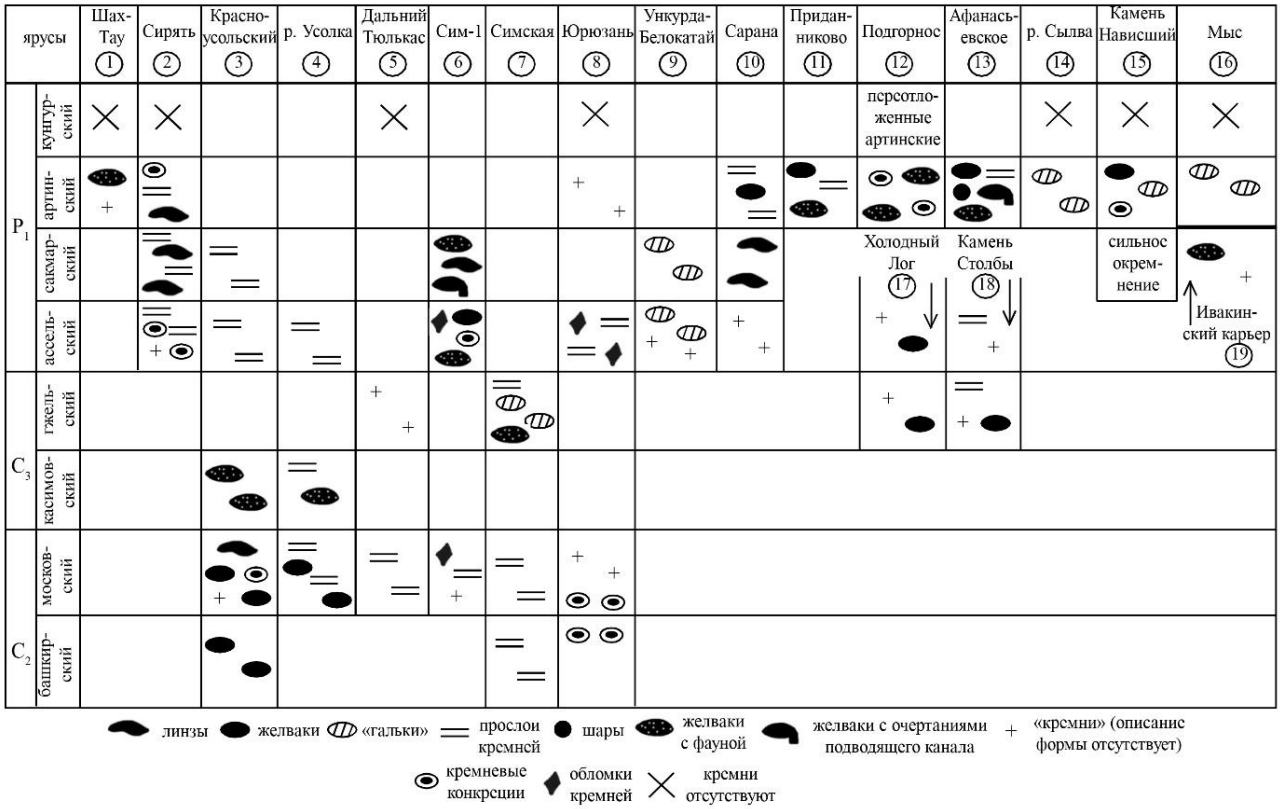
«Направо от Катава, в Вороновом долу, на правом берегу Масайского ключа огромное обнажение серого зернистого известняка… с прожилками известкового шпата и стяжениями серого кремня» (с. 104).

«В 3-х верстах за ключом «Моховое Болото», на правом берегу небольшого ключа обнажается светло-серый тонкокристаллический известняк С, с плохо сохраненными ископаемыми и большими стяжениями кремня. Под ним располагается светло-серый, плотный известняк, в котором встречены Streptorhynchus crenistria Phill., Chonetes sp., Productus semireticulatus Mark» (с. 139).

В таблице мы предприняли попытку сведения данных о кремнях в осадочных отложениях карбона и перми Предуральского прогиба (по печатным и нашим полевым данным). В части случаев кремни могут быть эпигенетичными, но все-таки более вероятна их сингенетичная гидротермальная природа (Лобанов, Кузин, 2023).

Обращает на себя внимание то, что полоса окремнения тянется от пермской до башкирской части прогиба (Красновишерск, Соликамск, Кунгур, Красноуфимск, Сим, Уфа – рис. 1) и проявляется как в морских, так и в терригенных отложениях от башкирского до артинского ярусов. В отложениях кунгурского яруса кремни (судя по печатным данным) полностью отсутствуют (что отмечается особо), их место в разрезах занимают эвапориты. Можно предположить, что обильное присутствие кремней в башкирских-артинских (Предуралье) отложениях связано с орогенной стадией развития горного Урала и тектоно-магматическими процессами в Предуральском прогибе.

Таблица. *Местонахождение кремней в разрезах Предуральского прогиба (по печатным данным, исследованиям авторов статьи (разрезы Приданниково, Подгорная, Афанасьевское) и А. А. Озимина (окрестности г. Сим)*



В автореферате диссертации на соискание ученой степени кандидата г.м.н. Г. М. Ковнурко говорится: *«Состав, происхождение и вопросы патинизации конкреций кремня» (ЛГУ, 1971) указано: «...главная масса конкреций [кремня] приурочена к отложениям верхнего девона, а также к каменноугольным и верхнемеловым известнякам»* (с. 6), что подтверждается данными других исследователей (табл.).

Форма кремней

Кремни в различных предуральских разрезах в научной литературе определяются как желваки, конкреции, гальки, прослои, линзы, обломки. Практически нигде не указывается наличие фауны в кремневых желваках и слоях, хотя она обильна во всех изученных нами обнажениях (см. ниже). В геологическом музее Екатеринбурга выставлен желвак кремня (по сопроводительной этикетке – «кремневая галька») с фораминиферами с р. Межевая (Красноуфимский р-н, артинский ярус), совершенно аналогичный желвакам с той же фауной из Подгорного.

Исходя из новых данных, следует, на наш взгляд, систематизировать наименования различных форм выхода кремневых масс, тем более что они представлены не только в Предуралье и Зауралье, но и на востоке Русской платформы (Вятка, Самара, по сообщениям и материалам Д. В. Ворощука, пересланным им авторам данной статьи, и Л. В. Леоновой, Институт геологии и геохимии УрО РАН), а также на Большом Кавказском хребте.

Формы кремневых внедрений в Предуралье (по данным авторов статьи, а также А. А. Озимина, см. ниже) показаны на рис. 2.

Желваки имеют различные размеры – от первых сантиметров до полутора метров, кремневый гель может внедряться в крупные (до первых десятков сантиметров) колонии кораллов – табулят и ругоз (Лобанов, Кузин, 2023), сохраняя или меняя (в отдельных случаях) их внутреннюю структуру (замещение голубым опалом).



Рис. 1. *Распространение кремней в Предуралье. Цифры соответствуют номерам разрезов из табл. 1. Серые кружки – карбоновые, кирпичный – пермские отложения*

В литературе по Предуралью упоминаются гальки кремней рядом с гальками вулканических пород в конгломератах. Подобные конгломераты артинского возраста изучены нами как в морских конгломератах с. Подгорное, так и в алевролитах-аргиллитах с. Афанасьевское (терригенная песчаниково-аргиллито-алевролитовая толща с отпечатками растений). Здесь кремни на самом деле представлены не гальками, а желваками с обильной фауной фузулинид идеальной сохранности. Кремневые желваки в алевролитах и аргиллитах соседствуют с вулканическими гальками, но имеют более крупные размеры и по форме отличаются от них (явно не окатаны).

Гидротермальную природу кремней, на наш взгляд, полностью доказывают находки желваков кремней с сохранившимися «хвостами», повторяющими очертания подводящего канала (несколько образцов), а также идеальной формы кремневые шары (подобные находки сделаны нами на восточном склоне Урала, во франско-фаменских морских и терригенных отложениях с. Кодинка, Каменский район, Зауралье).

Идеальная сохранность фауны в кремневых желваках говорит о быстром остывании кремневого геля.

Следует отметить, что секреции кремня с карбонатом, довольно многочисленные в карьере у с. Подгорное (морские фации), в афанасьевском терригенном разрезе полностью отсутствуют.

В дорожных выемках около с. Афанасьевское на трассе Пермь – Екатеринбург довольно многочисленны «желваки» (конкреции) аргиллитов (рядом, в этих же обнажениях, алевролиты и аргиллиты имеют слоистую форму). Для определения причин овальной формы аргиллитов (рис. 2з) мы сделали шлиф, который показал присутствие в овале кремневой массы, вероятно, просачивавшейся в аргиллит и определившей его овальную форму (рис. 3).

Линзы кремней с фауной исключительной сохранности наблюдаются и внутри раннепермского рифа на окраине с. Приданниково (южнее с. Подгорное). В непосредственно предрифовой части, по-видимому, происходило просачивание кремневых гидротерм (крупные желваки отсутствуют). У села Афанасьевское кремневая масса выдавливалась по довольно крупным каналам, у сел Подгорное (биогерм) и Приданниково (риф) – по каналам и путем просачивания.

Итак, на данном этапе исследований в Предуральском прогибе можно выделить три типа кремней (исходя из процесса образования): 1) по каналам (крупные желваки со следами подводящего канала); 2) выдавливание геля (с образованием мелких желваков); 3) просачивание (плоские линзы, «овалы» аргиллитов, шары окремненных песчаников).



Рис. 2. *а – Желваки (обн. Афанасьевское); б – желвак с фауной (обн. Сим-1); в – желвак с остатками подводящего канала (обн. Афанасьевское); г – шар (обн. Афанасьевское); д – кремневые обломки (обн. Сим-1, г. Доменная); е – секреции (обн. Подгорное); ж – слоистые внедрения (обн. Подгорное); з – аргиллитовые «желваки», пронизанные кремневыми внедрениями (обн. Афанасьевское)*

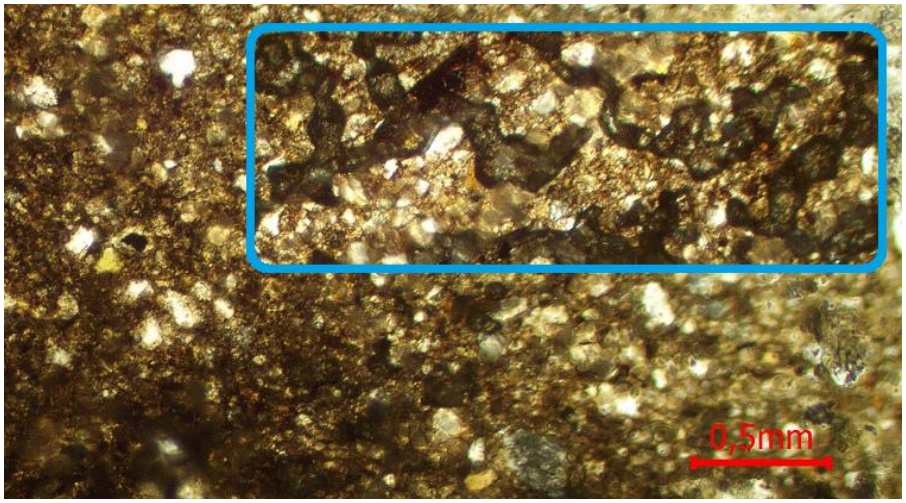


Рис. 3. *Вставка фрагмента фото шлифа аргиллитов с включениями кремней (темно-серое) в фото шлифа аргиллитов слоистых, обнажение на 212 км трассы Пермь – Екатеринбург*

Можно предположить, что в последнем случае консистенция кремневой массы была менее вязкой или газообразной.

На данном этапе исследований для кремневых гидротерм можно предложить термины «гель» (желваки, линзы, линзы с остатками подводящего канала), «кремнекислота» (менее вязкой консистенции – слоистые кремни, кремневые внедрения в алевролиты, аргиллиты, песчаники).

Изученные авторами обнажения

Авторами статьи во время полевых работ в Красноуфимском районе изучены кремни в рифогенных фациях у с. Приданниково, где непосредственно в рифе представлены желваки с фауной и линзы (Кузин и др., 2022), в предрифовой фации (желваки, но более мелкие, чем в рифе); в карьере за с. Подгорное (предрифовая фация; желваки различного размера с фауной, секреции, колонии кораллов с заполнившим пространство между кораллитами гелем кремня); в дорожных выемках у с. Афанасьевское (прибрежные и береговые фации; желваки, в т.ч. с остатками подводящих каналов, шары, аргиллиты с внедрениями кремнекислоты) (Кузин, Лобанов, 2023).

Внедрения кремневых масс найдены нами в береговой и прибрежной фациях (афанасьевские разрезы), а также в морских (рядом с биогермом в разрезе Подгорное), в т.ч. в рифогенных, предрифовых (разрез Приданниково, гора Титечная).

Полевые работы проведены нами в 2024 г. на разрезах Сим и Симская-1 (названия по [19]). Предварительно спелеолог из города Сим А. А. Озимин по нашей просьбе побывал на этих разрезах. В отобранных им кремневых желваках из разрезов Сим и Симская-1 даже на фотографиях четко видны фораминиферы, спикулы губок, членики криноидей, створки раковин, что не было указано в более ранних работах по исследованию известняков данного района (рис. 4, 5, 6, 7). Край одного из желваков можно (пока условно) интерпретировать как «хвостик» канала.

А. А. Озимин сообщил также об открытии новой пещеры между ст. Сим и Миньяром (пещера Прокудина-Горского, контакт протерозоя и ассельского яруса) со стоянкой древнего человека и о находках в ней кремневых желваков, а также орудий древнего человека – кремневых отщепов (рис. 6). Исходя из длины кремневого ножа, сделан вывод, что он был выполнен не из кремневого желвака, а из слоистых отдельностей. В пещере, судя по запаху, имеются и битуминозные известняки. Статья А. А. Озимина и др. опубликована на страничке Челябинского отделения Русского географического общества (vk.com/@chelrgo-opoznali-neizvestnuu-pescheru-po-fotografii-1910-goda).



Рис. 4. *Кремневые желваки (склон г. Доменная, обн. Сим-1, фото А. А. Озимина)*

На обнажении Симская (Чувашов и др., 1990) в слоистых кремнях встречены многочисленные спикулы губок, фораминиферы хорошей сохранности, мелкие ветвистые табуляты (?), одиночные ругозы(?), редкие двустворки, мелкие криноидеи. В описании массивных кремней данные о фауне в них отсутствуют.

Один из авторов статьи находил желваки кремней с хорошо сохранившейся фауной (фораминиферы, двустворчатые моллюски) в известняковых отложениях горы Шах-тау (Кузин, 2022б).

Исследовать участки внедрения кремневых гидротерм в осадочные породы Предуральского прогиба нам удавалось электроразведкой методами сопротивлений (Кузин, 2022б; Лобанов, Кузин, 2023). На рисунке 8 приведены примеры характерного увеличения значений кажущегося удельного электрического сопротивления при окремнении известняков, песчаников, аргиллитов.

Источники кремневых масс

После установления внедрения кремней из горячих гидротермальных источников в толщи прибрежных и морских осадков каменноугольного и пермского возраста считаем своим долгом рассмотреть вопрос о глубинных источниках двуокиси кремня, будь он в жидком или парообразном состоянии. Приведенный выше перечень мест и стратиграфических горизонтов отложений кремней в Предуральском прогибе указывает на их приуроченность к осадкам верхнего карбона, ранней перми (Басманов и др., 2001; Чувашов, 2003; Чувашов 1984). (Окремненные рифовые известняки есть на восточном склоне Урала и в других регионах в осадках более древнего возраста. Анализ этих данных оставляем другим, указывая лишь путь исследований.)

Нет сомнений, что горячие кремни в верхнюю часть геологического разреза, на дно моря могли поступить из глубинных очагов, связанных с магматическими или тектоническими процессами в регионе. Рассмотрим сначала глобальные геологические процессы, сформировавшие морские осадки самой Восточно-Европейской платформы (ВЕП) и осадки прогиба на ее восточном фланге. Фундамент ВЕП в восточной половине залегает на глубине порядка 2–6 км, представлен магматическими и метаморфическими породами возрастом более 1600 млн лет. С девонского возраста до триаса в восточной половине платформы формировался осадочный чехол из осадков моря: карбонатных и терригенных. Их мощность составляет до 2 км (рис. 12).

Какие физические силы на планете Земля порождают возникновение морей (океанов) и осадков в нем? Прогибание коры (будь она древняя консолидированная или базальтовая новая океаническая), сопровождающееся заполнением впадины водами, может быть вызвано только гравитационным притяжением коры глубинными плотными массами в вязкой подвижной мантии. Над современными морскими и океаническими впадинами наблюдаются положительные аномалии гравитационного поля в редукции Буге интенсивностью до 100–400 мГал. И на Восточно-Европейской платформе до настоящего времени есть положительная гравитационная аномалия – как северная часть Урало-Африканской гравитационной ступени.

Предуральский прогиб шириной прядка 80 км заложился в верхнем карбоне на карбонатно-терригенных отложениях девона-среднего карбона восточного фланга ВЕП. Ранее нами предложен гравитационный механизм формирования прогиба (Кузин, 2022а).

Он представляется в таком виде: в силуре – девоне при субдукции коры ВЕП под формирующийся магматическими процессами Урал плотные массы с запада придвинулись на сотню километров к Уралу.

После прекращения субдукции избыточные массы, создающие Урало-Африканскую гравитационную ступень, вызвали дополнительное прогибание всей приуральской полосы ВЕП и формирование прогиба глубиной до 6–12 км (Неганов, Родионовский, Зотеев, 2000; Фокин, Никишин, 1999) Гравитационное притяжение земной коры массами плотных пород в мантии – доминирующая сила при формировании Предуральского прогиба.



Рис. 5. *Обнажение Сим-1 (по [19]). Кремни с фауной (к) в известняках (и); а – слоистые; б – обломочные*



Рис. 6. *Кремневый нож (б) из пещеры Прокудина-Горского и образец (а), из которого он мог быть изготовлен (обн. Сим-1, кремень со спикулами губок)*

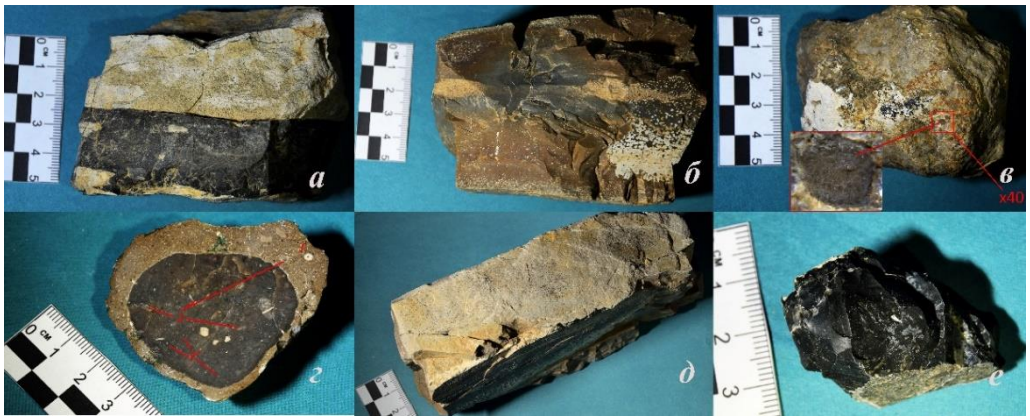


Рис. 7. *Обнажение Симская. а – контакт черного слоистого кремня и известняка; б – коричнево-голубой слоистый кремень с многочисленными спикулами губок; в – кремневый желвак с хорошо сохранившейся фораминиферой; г – кремневый желвак с многочисленной фауной: 1 – членик криноидеи, 2 – створки раковин, 3 – спикулы губок; д – кремневая линза; е – кремневый обломок с многочисленными спикулами губок*

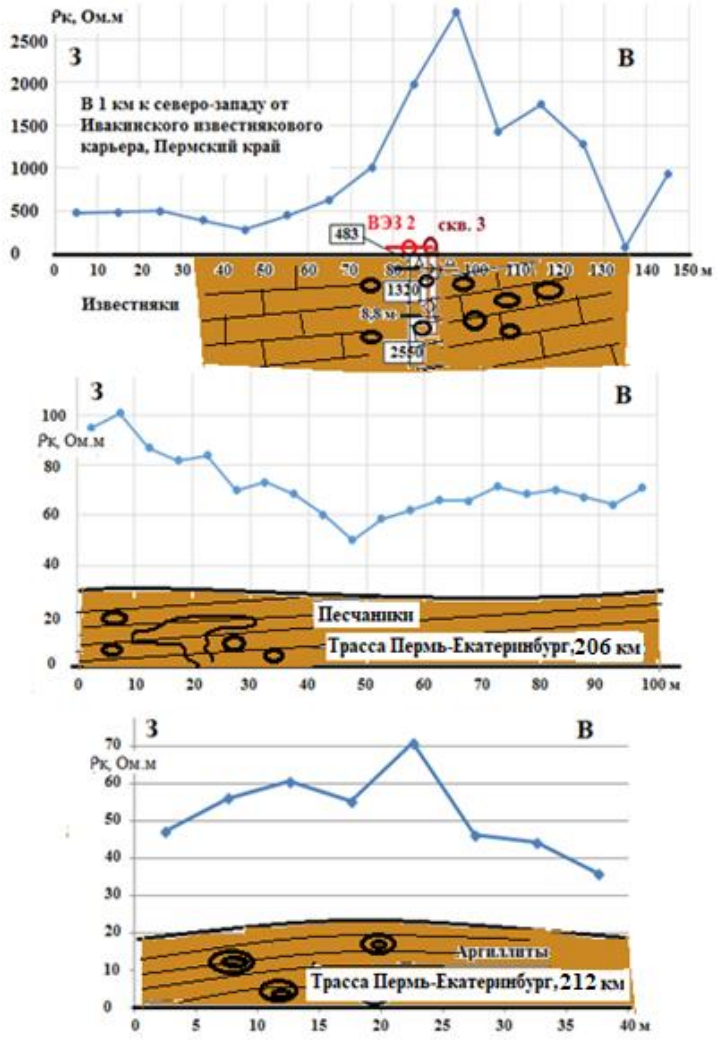


Рис. 8. *Относительное повышение $\rho_к$ участков окремнения в известняках, песчаниках, аргиллитах. Участки окремнения помечены овалами. Цифры в рамочке – значения УЭС геоэлектрических слоев окремненных известняков рифовой постройки по ВЭЗ*



Рис. 9. *Динамика во времени мощности осадконакопления каждого из ярусов Предуральского прогиба на толщу осадков девона и карбона: 1 – мощность осадков; 2 – кратковременные воздымания всей толщи прогиба и его ложа; 3 – продукты эксплозивной деятельности (пепловые туфы, вулканические стекла); 4 – гидротермальные кремни*

Зная ширину прогиба (80–100 км), мощность земной коры (40 км) на границе Урала и ВЕП по известным геотраверсам, можно оценить горизонтальную мощность аномалиеобразующего плотного объекта, вызвавшего прогибание коры – это порядка 60–80 км. На такое расстояние приблизились плотные массы мантии в недрах ВЕП к Уралу до завершения процесса субдукции в позднем карбоне. Отсутствие дополнительного прогибания восточного фланга ВЕП до окончания субдукции, до верхнего карбона, можно объяснить тангенциальными напряжениями в толще платформы, которые при наличии свободной поверхности могут вызвать изгибающие деформации осадочных пород только вверх, никоим образом не вниз, в сторону более плотных пород. Выгиба вверх не было, в целом толща осадков девона – карбона в Предуралье вровень с ВЕП погружалась под действием доминирующей силы гравитационного притяжения.

После сделанного выше вывода о доминирующем действии гравитационных сил сделаем предположение о силах, вызвавших в Предуральском прогибе кратковременные воздымания морских осадков, что привело к их частичному размыву, формированию брекчий, гравелитов, псефитов в отложениях верхнего карбона, в артинское, кунгурское время. Источниками этих сил могут быть, во-первых, магматические процессы в недрах прогиба. В составе морских отложений в Предуральском прогибе среди пород московского, ассельского, сакмарского, артинского ярусов встречаются пепловые туфы (Чувашов, 2003; Чувашов, 1984), в толще известняков Уфимского плато А. Ю. Кисиным обнаружены гипогенные минералы, диатремы (Кисин, Коротеев, 2017). В средней перми в Вятско-Камской зоне среди алевритопсаммитовых осадков встречаются пепел и обломки лав андезитодацитового состава, гиалобазальты как продукты активизации магматических процессов в авлакогенах (Копп и др., 2008; Чайкин, Месхи, 2003)

Во-вторых, силы, приводившие к временному воздыманию морских отложений Предуральского прогиба, могли иметь тектоническую природу. Это, скорее всего, были субширотные надвиги с востока, со стороны Урала, где в это время формировались крупные гранитные плутоны. Сейсмическими исследованиями, бурением глубоких структурных скважин установлены надвиги, шарьяжи палеозойских толщ Урала на осадки Предуральского прогиба (Басманов и др., 2001; Кисин, Коротеев, 2017; Неганов, Родионовский, Зотеев, 2000; Чувашов, 2003). Под надвинутыми с востока на 25–30 км породами силурийского, девонского возрастов в районе Михайловска осадки среднего карбо-

на субгоризонтальны, то есть здесь их прогибание при формировании к западу от Михайловска Предуральского прогиба не происходило. Значит, прогиб сформирован гравитационными силами на окраине ВЕП, а надвиги с востока – внедрением магматических масс Урала, как это трактует в геодинамических построениях У. Кэри. Тектонические дислокации могли быть причинами активизации магматических процессов или совпадать с ними во времени. Исследуемые нами кремни эпохи окремнения в прогибе связаны с переходом режима спокойного осадконакопления карбонатных или глинистых осадков к режиму формирования терригенных псефитовых, псаммитовых, брекчиевых отложений (Басманов и др., 2001; Неганов, Родионовский, Зотеев, 2000; Фокин, Никишин, 1999; Чувашов, 1984). Кремни могли быть частью глубинных флюидов, порожденных магматическими и тектоническими процессами в недрах Предуральского прогиба и в породах его ложа.

Один из возможных физических механизмов вывода гидротермальных кремней в процессах планетарной эволюции указывает А. И. Малышев (Малышев, Малышева, 2003). Горячие щелочи в недрах извлекают из горных пород кремнезем. При выходе солей кремнекислоты вверх и снижении их температуры происходит сброс двуокиси кремнезема, паров воды, газов. Такие процессы могут сопровождаться тектонокессоными эффектами – растрескиванием массивных кристаллических пород при снижении давления, формированием «дырчатых известняков», брекчий, находки которых известны в толщах Предуральского прогиба (Кисин, Коротеев, 2017; Чувашов и др., 1990).

Процесс затухания осадконакопления и деформации осадков в Предуральском прогибе на рубеже порядка 270 млн лет назад можно увидеть в материалах исследования методом вертикального электрического зондирования (ВЭЗ), проводившегося в 40-е гг. XX в. в северной части Уфимского плато при поисках нефтеносных структур и при комплексной интерпретации гравиметрических съемок, осуществленных научными партиями Свердловского горного института под руководством А. Я. Яроша (рис. 10).

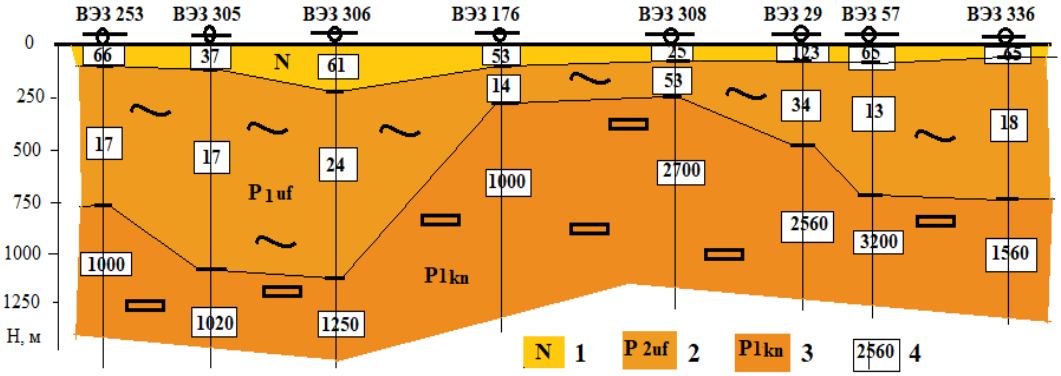


Рис. 10. *Геоэлектрический разрез толщи отложений ранней перми в северной части Уфимского плато: 1 – песчано-глинистые отложения неогенового возраста; 2 – глины уфимского яруса; 3 – гипсы, соли кунгурской свиты; 4 – значения удельного электрического сопротивления геоэлектрических слоев*

Толща солей и гипсов кунгурского яруса смята в складки субмеридионального простирания. Ширина складок – 3 км, амплитуда – до 800 м, наклон крыльев – до 30–45°. Поперечное сжатие толщи солей при этом составило около 12 %. По утверждению У. Кэри, складкообразные дислокации одного из верхних слоев толщи не влекут дислокаций всех нижезалегающих слоев: верхний слой по ним проскальзывает по срывам. Складкообразные дислокации слоя солей кунгурского яруса не означают дислокации всей 2–3-километровой толщи осадков Предуральского прогиба. О времени складкообразования солей можно судить по мощности глин уфимского яруса. При формировании хребтов и прогибов на кровле солей они в уфимский век заполнялись терригенными

осадками – глинами. Эти геоэлектрические данные подтверждают сведения геологов о прекращении формирования Предуральского прогиба на его среднеуральском отрезке в ранней перми (Неганов, Родионовский, Зотеев, 2017; Фокин, Никишин, 1999; Чувашов, 2003). Активные магматические процессы завершились в кунгурский век, как и образование гидротермальных кремней.

Выводы

Эпоха окремнения в Предуралье охватывала карбон (башкирское-гжельское время) – пермь (ассельское-артинское время), территории (с севера на юг) примерно от нынешнего Кизела до Стерлитамака и проявлялась как в морских (известняки), так и в терригенных (песчаники, аргиллиты) отложениях. Кремни представлены желваками (с остатками подводящих каналов и без них), линзами, секрециями, шарами, а также имеют слоистую форму. Кремневый гель либо выдавливался по каналам, либо просачивался, образуя слоистую отдельность. Практически во всех кремнях обнаружена фауна хорошей и даже идеальной сохранности (табуляты, ругозы, моллюски – двустворки, гастроподы; брахиоподы, мшанки, криноидеи, фораминиферы, спикулы губок). Подобное окремнение (также с фауной хорошей сохранности) известно и на Восточно-Европейской платформе (Вятка, Самара), и в Зауралье (Каменский, Режевской районы Свердловской обл., Полярный Урал, верхний девон).

Широкое распространение кремней в составе карбонатных рифов, биогермов, их насыщенность фауной указывают на приуроченность обитания биоты к участкам выхода на дно моря горячих кремней, то есть на парагенетическую связь гидротерм и рифостроителей.

Источником кремнезема, по нашему мнению, были глубинные флюиды, порожденные магматизмом и тектоническими движениями в течение карбона-ранней перми (к кунгурскому времени эпоха окремнения в Предуралье завершилась).

Поскольку особого внимания на кремни Предуральского прогиба не обращалось (чаще всего упоминалось лишь их присутствие в разрезах), назрела необходимость полевых исследований на уже описанных обнажениях, с обращением особого внимания на положение кремней в карбонатных и терригенных разрезах Предуралья, их форму и фауну в них, а также поиск и исследование кремней в других регионах. Выяснение генезиса кремней позволит существенно уточнить историю формирования Предуральского прогиба.

Библиографический список

Басманов Д. М., Говорова Н. Н., Скобелев С. Ф., Трифонов В. Г. Неотектоника Урала (проблемы и решения) // Геотектоника. 2001. № 5. С. 61–75.

Горяинов П. М., Давиденко И. В. Тектонокессоный эффект в массивах горных пород и рудных месторождений – важное явление геодинамики // ДАН. 1978. Т. 247, № 5. С. 1212–1215.

Кисин А. Ю., Коротеев В. А. Блоковая складчатость и рудогенез. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2017. 349 с.

Копп М. Л., Вержбицкий В. Е., Колесниченко А. А., Копылов И. С. Новейшая динамика и вероятное происхождение Тулвинской возвышенности (Пермское Приуралье) // Геотектоника. 2008. № 6. С. 46–69. EDN: JSKLFV

Кузин А. В. Гравитационный механизм образования Предуральского прогиба. // Вопросы теории и практики геологической интерпретации геофизических полей: мат. 48-й сессии междунар. семинара им. Д. Г. Успенского – В. Н. Страхова. 24–28 января 2022 г. СПб: Изд-во ВСЕГЕИ, 2022. С. 143–145.

Кузин А. В., Беленко Я. А., Мазухина А. А., Лобанов Е. Ю. Геолого-геофизические исследования рифовых известняков Предуральского прогиба // Геология и полезные ископаемые Западного Урала: сб. науч. статей. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2022. Вып. 5(42). С. 209–214. EDN: ACNRQG

Кузин А. В., Лобанов Е. Ю. О гидротермальной природе кремней в отложениях артинского яруса Предуралья // Известия УГГГУ. 2023. Вып. 4(72). С. 106–115. DOI: 10.21440/2307-2091-2023-4-106-115 EDN: WKXRXD

Кэри У. В поисках закономерностей развития Земли и Вселенной: история догм в науках о Земле / пер. с англ. Б. А. Борисова, Н. И. Кутузовой, М. П. Антипова. М.: Мир, 1991. 447 с.

Лобанов Е. Ю., Кузин А. В. О генезисе кремней артинского яруса у д. Подгорная в Красноуфимском районе // Уральский горный журнал. 2023. № 6. С. 95–113.

Малышев А. И., Малышева Л. К. Летучие в планетарной эволюции // Вулканизм и геодинамика: мат. II Всерос. симпозиума по вулканологии и палеовулканологии. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2003. С. 32–38. EDN: YRDUMG

Маслов В. П. Геолого-литологическое исследование рифовых фаций Уфимского плато // Труды Института геол. наук. Геологическая серия. 1950. Вып. 118, № 42. 69 с.

Неганов В. М., Родионовский В. И., Зотеев М. С. Геологическое строение Пермского Прикамья по данным геолого-геофизических исследований // Геофизика. 2000. С. 11–23. EDN: UKKLPN

Общая геологическая карта России, лист 139. Описание центральной части Урала и западного его склона / сост. Ф. Чернышев. СПб, 1889. 428 с.

Пограничные отложения карбона и перми Урала, Приуралья и Средней Азии (биостратиграфия и корреляция). М.: Наука, 1986. 152 с.

Фокин П. А., Никишин А. М. Тектоническое развитие Восточно-Европейской платформы в девоне-начале карбона. // Вестник Московского университета. Сер. 4. Геология. 1999. № 6. С. 9–20.

Чайкин В. Г., Месхи А. М. Позднепермский вулканизм Вятско-Камской межрифтовой зоны // Вулканизм и геодинамика: мат. II Всерос. симпозиума по вулканологии и палеовулканологии. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2003. С. 130–134. EDN: OQOBEF

Чувашов Б. И. Сравнительная характеристика позднепалеозойского (варисцийского) вулканизма Урала и вулканической активности в варисцийских подвижных поясах Западной и Центральной Европы // Вулканизм и геодинамика: мат. II Всерос. симпозиума по вулканологии и палеовулканологии. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2003. С. 938–945.

Чувашов Б. И. О характере сочленения Русской платформы и Предуральского прогиба // Метаморфизм и тектоника западных зон Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1984. С. 111–120.

Чувашов Б. И., Дюпина Г. В., Мизенс Г. А. и др. Опорные разрезы верхнего карбона и нижней перми западного склона Урала и Приуралья. Свердловск: УрО АН СССР, 1990. 369 с.

On the Genesis of the Chert Belts in the Pre-Ural Trough

A. V. Kuzin, E. Yu. Lobanov

Ural State Mining University, 30 Kuibysheva Str., Yekaterinburg 620144, Russia

E-mail: kuzin-av@mail.ru; aziat1966@mail.ru

The purpose of the work is to show the belt distribution of hydrothermal chert deposits in the Cis-Ural Trough in the Upper Carboniferous and Lower Permian strata, to indicate the mechanism of their formation in the subsoil, and to show the paragenetic connection of hydrotherms with biota in reefs and bioherms. Limestones, sandstones, mudstones with inclusions of cherts of various shapes and sizes (nodules, balls, lenses, layered varieties) were collected. Numerous well-preserved fauna have been identified in silicified reef limestones and cherts. Polished sections and polished sections of silicified rocks and flints have been studied. Using resistivity methods for studying the composition of marine and coastal sediments of the Artinskian stage identified by increasing the electrical resistivity the areas of introduction of siliceous hydrothermal fluids. The hydrothermal nature of cherts in the Cis-Ural Trough has been established, the forms of their localization in marine and continental sediments, and the nature of their manifestation in electrical prospecting anomalies have been identified. An assumption has been made about the sources of flint hydrothermal fluids, and the time, and conditions for their release to the seabed and land are indicated. Further studies of new and known occurrences of flints in geological sections of the Cis-Urals will make it possible to clarify the history of the formation of the regional geological structure, its geodynamic connection with the East European Platform and the Urals.

Keywords: *Cis-Ural Trough, cherts, reefs, bioherms, hydrotherms, electrical resistivity, Artinskian stage*.

References

Basmanov D.M., Govorova N.N., Skobelev S.F., Trifonov V.G. 2001. Neotektonika Urala (problemy i resheniya) [Neotectonics of the Urals (problems and solutions)]. Geotektonika. 5:61-75. (in Russian)

Goryainov P.M., Davidenko I.V. 1978. Tektonokessonnyy effekt v massivakh gornykh porod i rudnykh mestorozhdeniy – vazhnoe yavlenie geodinamiki [Tectonic-caisson effect in the rock mass and ore deposits – significant geodynamics phenomena]. DAN. 247(5):1212-1215. (in Russian)

Kisin A.Yu., Koroteev V.A. 2017. Blokovaya skladchatost i rudogenez [Block folding and ore genesis]. Ekaterinburg, IGG UB RAS, p. 349. (in Russian)

Kopp M.L., Verzhbitsky V.E., Kolesnichenko A.A., Kopylov I.S. 2008. Noveyshaya dinamika i

veroyatnoe proiskhozhdenie Tulvinskoy vozvyshennosti (Permskoe Priuralye) [The newest dynamics and probable origin of the Tulva Upland (Permian Urals)]. Geotektonika. 6:46-69. (in Russian)

Kuzin A.V. 2022. Gravitatsionnyy mekhanizm obrazovaniya Preduralskogo progiba [Gravitational mechanism of the Pre-Urals Trough formation]. *In:* Theoretical and Practical Issues of Geological Interpretation of Geophysical Fields. Proc. of the 48th Session of the D.G. Uspensky - V. N. Strakhov International Seminar. January 24-28, 2022. St. Petersburg, VSEGEI Publishing House, pp. 143-145. (in Russian)

Kuzin A.V., Belenko Ya.A., Mazukhina A.A., Lobanov E.Yu. 2022. Geologo-geofizicheskie issledovaniya rifovykh izvestnyakov Preduralskogo progiba [Geological and geophysical studies of reef limestones of the Cis-Ural Trough]. Geology and useful minerals of the Western Urals. Collection of scientific articles, 5(42):209-214. (in Russian)

Kuzin A.V., Lobanov E.Yu. 2023. O gidrotermalnoy prirode kremney v otlozheniyakh artinskogo yarusa Preduralya [On the hydrothermal nature of chert in the Artinskian deposits of the Cis-Urals]. Bulletin of the Ural State Geological University. 4 (72):106-115. (in Russian)

Carey S.W. 1988. Theories of the Earth and Universe: A History of Dogma in the Earth Sciences. Stanford University Press, p. 413.

Lobanov E.Yu., Kuzin A.V. 2023. O genezise kremney artinskogo yarusa u d. Podgornaya v Krasnoufimskom rayone [On the genesis of Artinskian cherts near the village of Podgornaya in the Krasnoufimsk region]. Ural Mining Journal. 6:95-113. (in Russian)

Malyshev A.I., Malysheva L.K. 2003. Letuchie v planetarnoy evolyutsii [Volatiles in planetary evolution]. *In:* Volcanism and geodynamics: Proceedings of the II All-Russian Symposium on Volcanology and Paleovolcanology. Ekaterinburg, IGG UB RAS, pp. 32-38. (in Russian)

Maslov V.P. 1950. Geologo-litologicheskoe issledovanie rifovykh fatsiy Ufimskogo plato [Geological and lithological study of reef facies of the Ufa Plateau]. Transactions of the Institute of Geological Sciences. 118 Geological series (n. 42), p. 69. (in Russian)

Neganov V.M., Rodionovsky V.I., Zoteev M.S. 2000. Geologicheskoe stroenie Permskogo Prikamya po dannym geologo-geofizicheskikh issledovaniy [Geological structure of the Perm Kama region based on geological and geophysical studies]. Geofizika, Special issue, pp. 11-23. (in Russian)

Obshchaya geologicheskaya karta Rossii. List 139. Opisanie tsentralnoy chasti Urala i zapadnogo ego sklona [General geological map of Russia, Sheet 139. Description of the central part of the Urals and its western slope]. *Ed.* Chernyshov F. St. Petersburg, 1889, p. 428. (in Russian)

Chuvashov B.I., Dyupina G.V., Mizens G.A. et al. 1986. Pogranichnye otlozheniya karbona i permi Urala, Priuralya i Sredney Azii (biostratigrafiya i korrelyatsiya) [Carboniferous and Permian boundary deposits of the Urals, Cis-Urals and Central Asia (biostratigraphy and correlation)]. Moskva, Nauka, p. 152. (in Russian)

Fokin P.A., Nikishin A.M. 1999. Tektonicheskoe razvitie Vostochno-Evropeyskoy platformy v devone-nazhale karbona [Tectonic development of the East European Platform in the Devonian - early Carboniferous]. Bulletin of Moscow University. Series 4. Geology. 6:9-20. (in Russian)

Chaykin V.G., Meskhi A.M. 2003. Pozdnepermskiy vulkanizm Vyatsko-Kamskoy mezhriftovoy zony [Late Permian volcanism of the Vyatka-Kama interrift zone]. *In:* Volcanism and geodynamics: Proceedings of the II All-Russian Symposium on Volcanology and Paleovolcanology. Ekaterinburg, IGG UB RAS, pp. 130-134. (in Russian)

Chuvashov B.I. 2003. Sravnitelnaya kharakteristika pozdnepaleozoyskogo (varistsiyskogo) vulkanizma Urala i vulkanicheskoy aktivnosti v varistsiyskikh podvizhnykh poyasakh Zapadnoy i Tsentralnoy Evropy [Comparative characteristics of the late Paleozoic (Variscan) volcanism of the Urals and volcanic activity in the Variscan mobile belts of Western and Central Europe]. *In:* Volcanism and geodynamics: Proceedings of the II All-Russian Symposium on Volcanology and Paleovolcanology. Ekaterinburg, IGG UB RAS, pp. 938-945. (in Russian)

Chuvashov B.I. 1984. O charaktere sochleneniya Russkoy platform i Preduralskogo progiba [On the nature of the junction of the Russian Platform and the Cis-Ural Trough]. *In:* Metamorphism and tectonics of the western zones of the Urals. Sverdlovsk, Ural Scientific Center of the USSR Academy of Sciences, pp. 111-120. (in Russian)

Chuvashov B.I., Dyupina G.V., Mizens G.A. et al. 1990. Opornye razrezy verkhnego karbona i nizhney permi zapadnogo sklona Urala i Priuralya [Upper Carboniferous and Lower Permian reference sections of the western slope of the Urals and the Cis-Urals]. Sverdlovsk, Ural Branch of the USSR Academy of Sciences, p. 369. (in Russian)