

# О гидротермальной природе кремней в отложениях артинского яруса Предуралья

Алексей Васильевич КУЗИН\*  
Евгений Юрьевич ЛОБАНОВ\*\*

Уральский государственный горный университет, Екатеринбург, Россия

## Аннотация

**Актуальность.** Приведены результаты палеонтологических, геофизических, минераграфических исследований кремней в отложениях артинского яруса в Предуралье.

**Цель работ.** Исследованы рифовые органогенные постройки с окремненными известняками и кремнями, окремненные песчаники и инъекции кремней в них. Цель – показать гидротермальную природу инъекций кремней в рифы, песчаники.

**Методы исследований.** Геофизические электроразведочные исследования рифовых известняков с целью выделения участков окремнения, геологическое и палеонтологическое картирование рифов, биостром, биогерм, песчаников, участков скопления конкреций и желваков кремней, исследование аншлифов окремненных пород, изготовление шлифов и их минераграфическое изучение.

**Результаты работ.** Палеонтологическое картирование рифовой постройки позволило установить различный видовой состав, размеры, сохранность биоты в прибрежной, вершинной и внешней частях рифа. Минераграфическими исследованиями установлена высокотемпературная гидротермальная природа кремней во всех видах осадков. Гидротермальные инъекции кремней в слои песчаников происходят по типу диффузии с формированием кремнистых конкреций и колец Лизиганга в песчаниках. Интенсивное внедрение гидротерм кремния в слои песчаников формируют в них участки окремнения в виде лакколлитов размером в десятки метров. Установлена различная степень освоения морской фауной кремневых гидротерм. Кремни могут включать малочисленные экземпляры мелкой фауны, быть насыщенной фауной хорошей сохранности, включать слои биоты, перекрытой слоями кремней, покрытых новыми колониями микроорганизмов. Иногда в кремнях встречаются только обломки раковин фауны, попавшие в горячий гель кремней.

**Выводы.** Гидротермы кремневого состава в морских рыхлых осадках могли быть условием развития биоты и основанием для рифовых построек. Повышенные значения удельного электрического сопротивления кремней и окремненных известняков позволяют электроразведкой исследовать внутреннюю структуру рифов. Высказано предположение о существовании в карбоне и ранней перми в Предуралье гидротермального пояса протяженностью от Кунгура до Стерлитамака.

**Ключевые слова:** кремни, окремненные песчаники, осадконакопление, гидротермы, палеонтология, минераграфия, электроразведка.

## Цель исследований

Цель исследований изначально была несколько иной, чем итог, обозначенный в названии статьи. Для привлечения студентов УГГУ к научным исследованиям мы решили провести зимой 2021 г. и весной 2022 г. геофизические исследования рифовой постройки на западной окраине пос. Приданниково в 5 км севернее Красноуфимска (рис. 1). Цель научной публикации этой статьи – показать гидротермальную природу инъекций кремней в толщу рифовых карбонатных построек, песчаников из глубинных магматических источников в недрах Предуралья.

Наличие кремней в известняках, песчаниках, мергелях Предуральского прогиба отмечали многие исследователи. В. П. Маслов [1] изучал их в шлифах, выделил три типа окремнения, разделил на «первичные» – отлагающиеся

вместе с органогенным материалом в виде «коагуляции кремневого геля на дне моря», и в виде вторичных корочек халцедона «благодаря приносу его в коллоидном растворе». Источник кремнезема «надо считать неорганическим (?)».

Г. А. Мизенс [2], описывая биогермы с прослоями кремния, включающими радиолярии, спикулы губок, растительный детрит, назвал их первичными седиментогенными образованиями.

Б. И. Чувашов и др. [3–5] в разрезах верхнего карбона и нижней перми среди рифовых и стратифицированных карбонатных и терригенных отложений на глубинах от поверхности до 350 м описывали слои окремненных пород мощностью в первые метры. Это, на наш взгляд, свидетельства многократных спора-

\*kuzin-av@mail.ru  
\*\*aziat1966@mail.ru



**Рисунок 1. Схема расположения участков исследований (красные звездочки): 1 – Афанасьевское; 2 – Подгорная; 3 – Приданниково; схема отложений артинского яруса (по В. Д. Наливкину [7, 8]): с запада на восток – морские известняки Уфимского плато, мергели с известняковыми рифами (белые круги), песчаники, конгломераты и песчаники**  
**Figure 1. Layout of research sites (red stars): 1 – Afanasyevskoye; 2 – Podgornaya; 3 – Pridannikovo; scheme of deposits of the Artinskian stage (according to V. D. Nalivkin [7, 8]): from west to east – marine limestones of the Ufa plateau, marls with limestone reefs (white circles), sandstones, conglomerates and sandstones**

дических проявлений окремнения в Предуральском прогибе.

На восточном фланге рифа Шахтау [6] в 1968 г. описаны окремненные известняки, генезис которых А. Г. Баранников предположительно связывал с проявлением эпохи гипергенного окремнения на Урале.

В коллективной монографии «Геология «Предуралья» приводится обширный перечень пунктов (разрез «Красноуфимский», разрез «Аскын», Камайские Зубцы, камни Коронка, Ермак, Межевой Лог, Белый Клык и Бастионы, разрезы Водокачка, Ферма, Камайский Лог и др), где в отложениях среднего карбона, артинского, кунгурского ярусов перми наблюдаются участки окремнения известняков, песчаников с фауной, подобно представленным на участках Приданниково, Подгорная, Афанасьевское. О генезисе кремней сказано: «Окремнение пород первичное и приурочено к скоплениям кремневых губок или их спикул...».

Мы, исследуя публикации коллег-палеонтологов, обратили внимание на то, что в карбонатных толщах часто наиболее богатая по видам и родам фауна приурочена к слоям и постройкам окремненных известняков: это отмечается в известняках среднего карбона на западе Урала [9], в известняках визейского возраста на Южном Урале [10], в известняках силура и девона на Гиссарском хребте в Узбекистане [11]. На эту возможную парагенетическую связь кремневых гидротерм и рифовых построек обращаем особое внимание.

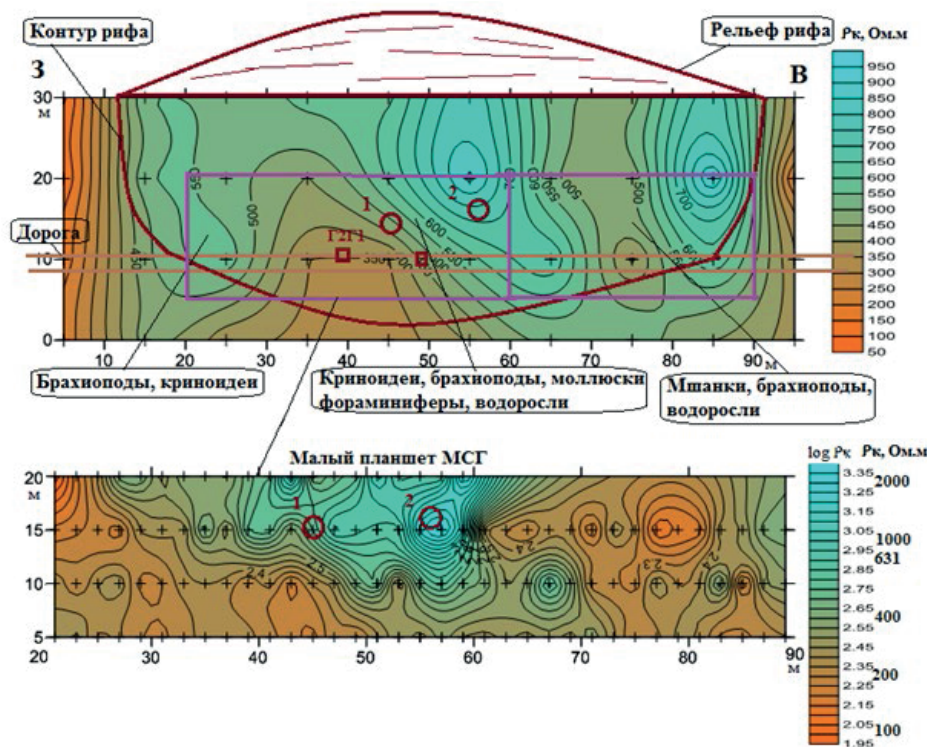
Ю. А. Кисин [12] отмечал интенсивное окремнение слоистых известняков в юго-западной части Пудлингового карьера (Уфимское плато, в 16 км к юго-западу от Красноуфимска). Окремнение располагается в зоне брекчирования известняков, дислокаций растяжения, наклона их залегания до 25°. Этому исследователю, мы уверены, не покажется неожиданным наше заявление о гидротермальной природе кремней в осадках Предуральского прогиба: в известняках на Уфимском плато он выявил «ми-

нералогическую аномалию» из гипогенных метаморфических минералов, брекчированные известняки, кольцевые и радиально-лучистые структуры – предположительно, диатремы газовых взрывов.

В работах монографического типа и справочниках, посвященных породам кремнистого состава: яшмам, фтанитам, радиоляритам, диатомитам, опокам и десяткам других, – особой формы кремнезема в виде гидротермального геля, проникающего из недр в толщу осадочных пород, не выделено [13, 14]. Только в лаконичном справочнике по качеству кремня как промышленного минерального сырья [15] описаны все его формы: желваки, линзы, окремненные участки известняков, микроскопические включения, жеоды, секреты, прожилки. Далее дан обзор взглядов ученых на генезис кремней: сингенетичные осадочные породы, диагенетичные или эпигенетичные образования. Большинство отечественных специалистов склонялись вслед за зарубежными [16] к версии осаждения кремня из нисходящих растворов. Однако есть ссылка на работу [17], где утверждается, что хорошая сохранность биоты в кремнях есть признак их сингенетичного образования в толще осадочных пород с органикой. Подтверждение этому предположению мы намерены высказать всем текстом статьи и привести в выводах.

#### Методы исследований

Ранее, в 2015 г., при инженерно-геологических изыскательских работах для застройки территории на западной окраине пос. Приданниково были проведены электроразведочные работы, установившие контакт толщи мергелей с известняками рифовой постройки. Удельное электрическое сопротивление мергелей не превышало 150–200 Ом·м. Среди известняков рифовой постройки на местности, выглядевшей как возвышенности с превышениями 50–100 м, установлено наличие разностей со значениями в сотни Ом·м, но и с повышенными (до 1500–2500 Ом·м). В обнажениях на карьерах балластного дорожного камня



**Рисунок 2.** Планы изоом на большом и малом планшетах МСГ на южной выклинке рифовой постройки к западу от Приданниково. Указаны контуры рифа, видовой состав фауны в нем, места отбора образцов известняков и кремней (цифры 1 и 2), из которых сделаны шлифы для минераграфического исследования  
**Figure 2.** Plans of isosomes on the large and small MSG tablets on the southern outcrop of the reef structure west of Pridan-nikovo. The contours of the reef, the species composition of the fauna in it, the places where samples of limestone and flint were taken (numbers 1 and 2), from which thin sections for mineragraphic research were made, are indicated

было видно, что высокоомные известняки постройки существенно окремнены (жесткие, более плотные).

После проведения методических научно-исследовательских работ 2022 г. со студентом Я. А. Беленко в группу были привлечены минераграф А. А. Мазухина и палеонтолог Е. Ю. Лобанов [18]. В итоге установлена гидротермальная природа инъекций кремней в рифовые известняки постройки вблизи пос. Приданниково, а также в образцах из западной части постройки Шахтау вблизи г. Стерлитамак Башкортостана. Материалы представлены на научной конференции в Пермском национальном исследовательском институте в мае 2022 г. [13]. Всего геофизических исследований на участке Приданниково нами выполнено: 5 планшетов МСГ, 7 точек вертикального электрического зондирования, 3 погонных километра электроразведки методом дипольного профилирования через рифы и толщу мергелей. Палеонтологическое картирование рифовой постройки, вскрытой старым карьером балластного камня, обнажений песчаников в дорожной выемке на трассе Екатеринбург–Пермь выполнил Е. Ю. Лобанов. Минераграфическое исследование шлифов и аншлифов известняков и кремней с фауной провела А. А. Мазухина.

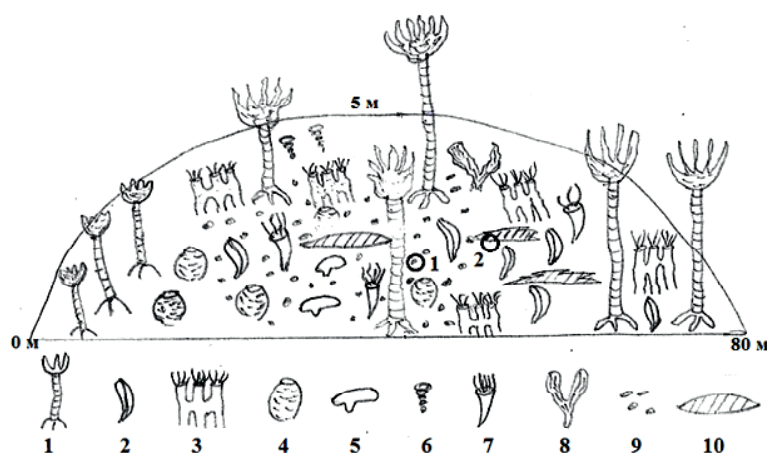
**Результаты исследований**

При проведении площадных электроразведочных работ методом срединного градиента (МСГ) на южной выклинке рифовой постройки установлено изменение значений кажущегося удельного электрического сопро-

тивления ( $УЭС, \rho_k$ ) известняков на глубине около 25–30 м в диапазоне 400–950 Ом · м. На детализационных малых планшетах МСГ значения кажущегося УЭС известняков на глубине примерно 10–15 м изменяются в диапазоне 200–2000 Ом · м (рис. 2). На большом планшете в пределах рифовой постройки выделяются три субмеридиональные полосы повышения  $\rho_k$  до значений 500–900 Ом · м. На малом планшете МСГ восточная из полос не проявляется, а в западной и центральной частях рифа выделяются участки повышения  $\rho_k$  до 1000–2000 Ом · м. Такое изменчивое положение высокоомных зон может свидетельствовать о сложной форме участков выхода кремней из недр на поверхность во время роста рифа или внедрения в его внутреннюю часть.

Палеонтологическое картирование Приданниковского рифа, вскрытого карьером по добыче балластного камня, позволило выделить разнообразие фауны, формирующей его, зональность строения рифа, обусловленную его положением относительно близкой береговой линии к востоку от него и морской акватории к западу (рис. 3). В восточной части в условиях прибрежной спокойной лагуны на рифе выросли крупные криноидеи, в западной волноприбойной зоне они мелкие, здесь встречаются обломки фауны мшанок, брахиопод. В центральной части рифа существовало самое большое сообщество рифовой фауны. В обнажении видны отдельные желваки серых кремней размером 5–15 см, две линзы размером 0,3–1,5 м. В кремнях из линзы фауны почти нет – лишь отдельные ругозы, членики





**Рисунок 3. Схематическое изображение ширины и высоты рифовой постройки к востоку от Приданиково и состав фауны:** 1 – криноидеи; 2 – брахиоподы; 3 – мшанки; 4 – губки; 5 – двустворки; 6 – гастроподы; 7 – одиночные ругозы; 8 – ветвистые кораллы; 9 – фораминиферы; 10 – линзы кремней. Кружки с цифрами 1, 2 – места отбора образцов, из образца 2 изготовлен шлиф, приведенный на рис. 7, а

**Figure 3. Schematic representation of the width and height of the reef structure east of Pridannikovo and the composition of the fauna:** 1 – crinoids; 2 – brachiopods; 3 – bryozoans; 4 – sponges; 5 – bivalves; 6 – gastropods; 7 – single rugosa; 8 – branched corals; 9 – foraminifera; 10 – lenses of flints. Circles with numbers 1, 2 are sampling sites; the thin section shown made from sample 2 is shown in fig. 7, a



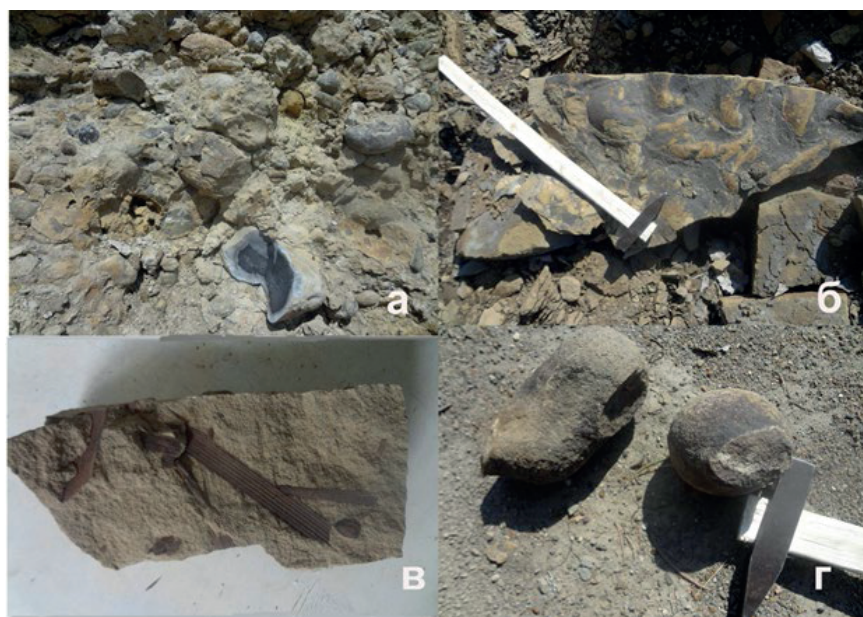
**Рисунок 4. Обнажение Афанасьевское в северной стенке дорожной выемки трасы Р 242 на 212 км:** К – выход гидротермальных кремней в толщу песчаников; М – прослой мергелей; ОП – слоистые существенно окремненные песчаники

**Figure 4. Afanasievskoye outcrop in the northern wall of the road cut on the P 242 route at km 212:** K – exposure of hydrothermal cherts into the sandstone strata; M – marl layer; ОП – layered significantly silicified sandstones

криноидей, упавшие, вероятно, в горячий гель кремня при его внедрении в риф, при выходе его на поверхность рифа.

Северное продолжение рифа, тоже вскрытое карьером на удалении в 50–100 м, представлено почти полностью субгоризонтальными слоями кремней – от серых до темных, большей частью серых плотных, с обилием фауны отличной сохранности (фузулиниды, спикулы губок, мелкие брахиоподы, редкие ругозы, мелкие, до 1 мм, гастроподы, членики криноидей, тоже до 1 мм в диаметре, мелкие, до 2 мм, аммоноидеи). Кремневая масса внедрилась в известковые отложения: их присутствие доказывается реакцией на соляную кислоту. Вопрос о заселении рифовой фауной кремней рассмотрим далее, при описании участка Подгорная.

Участок обнажения толщи конгломератов и песчаников прибрежных фаций отложений артинского яруса [5, 7, 8] Афанасьевский дает возможность наблюдать внедрение и растекание гидротерм кремнекислоты в толщу песчаников и прослой мергеля (рис. 4). Гидротермы формируют в песчаниках структуры, подобные лакколлитам или батолитам, почти полностью представленные кремнями. Справа от фигуры человека на снимке можно видеть, что кремни полностью заменили собой прослой мергеля на участке восхождения гидротерм. Окремненные субгоризонтальные слои песчаников вблизи подводящего канала имеют мощность около 3 м, к западу и востоку уходят на 80–100 м, с постепенным снижением мощности окремнения до 1–0,5 м. Возможно, здесь про-



**Рисунок 5. Литология обнажения Афанасьевское:** а – линзы кремней с обильной фауной в отложениях прибрежных песчаников; б – знаки ряби на поверхности песчаников; в – отпечатки растений на них же; з – кремневые образования с четко видимыми очертаниями подводных каналов (в нижней части), по которым происходило их выдавливание на поверхность или в массив песчаников

**Figure 5. Lithology of the Afanasyevskoye outcrop:** а – lenses of cherts with abundant fauna in coastal sandstone deposits; б – ripple marks on the surface of sandstones; в – imprints of plants on them; з – flint formations with clearly visible outlines of supply channels (in the lower part), through which they were extruded onto the surface or into the sandstone massif

исходило субгоризонтальное растекание кремнекислоты во время осаждения песчаников.

Песчаники мелкозернистые и пылеватые, полимиктовые, с карбонатным цементом. При инъеции в них кремнекислоты цвет их из серого становится темно-серым. Карбонатный цемент замещается не полностью. Часто в слоях песчаников наблюдаются шарообразные конкреции, выполненные окремненным песчаником, размер их от первых сантиметров (рис. 5, з) до 0,5 м. Во внешней зоне конкреции в песчаниках есть кольца Лизеганга серого и светло-коричневого цвета. Кольца Лизеганга как раз и указывают на диффузию кремнекислоты в песчаники [19]. Здесь же в песчаниках отмечаются знаки приборной ряби, отпечатки растений, желваки кремней (рис. 5).

Участок Подгорная в региональном представлении В. Д. Наливкина располагается в западной части полосы песчаников артинского яруса, но реально он сложен толщей галечника мощностью до 3 м. Гальки и валуны представлены желваками и конкрециями кремней, галькой из органогенных известняков. Эти прибрежные фации отложений вскрыты карьерами балластного камня за северо-западной окраиной д. Подгорная, расположенной в 1–2 км от пос. Александровский и двух сопкок-рифов, имеющих статус памятников природы и оригинальные названия: Остренькая и Титечная [1, 3, 8]. Среди галек и конкреций кремней можно наблюдать свидетельства различной степени освоения представителями рифовой и морской фауны кремневых гидротерм (рис. 6).

В конкрециях голубых фарфоровидных кремней наблюдается многочисленная фауна идеальной сохранности: спикулы губок, фораминиферы, в одной из конкреций отмечена одиночная ругоза диаметром около 1 см, а также одиночный хвостовой отпечаток трилоби-

та (около 2 мм), один экземпляр брахиоподы (диаметр около 1 см).

Кремни с многочисленными переплетенными колониями тециид (рис. 6, з). Часть колоний погибала от внедрявшихся поверх них кремневых масс, оставшиеся в живых зооиды надстраивали колонию, часть колоний нарастала друг на друга.

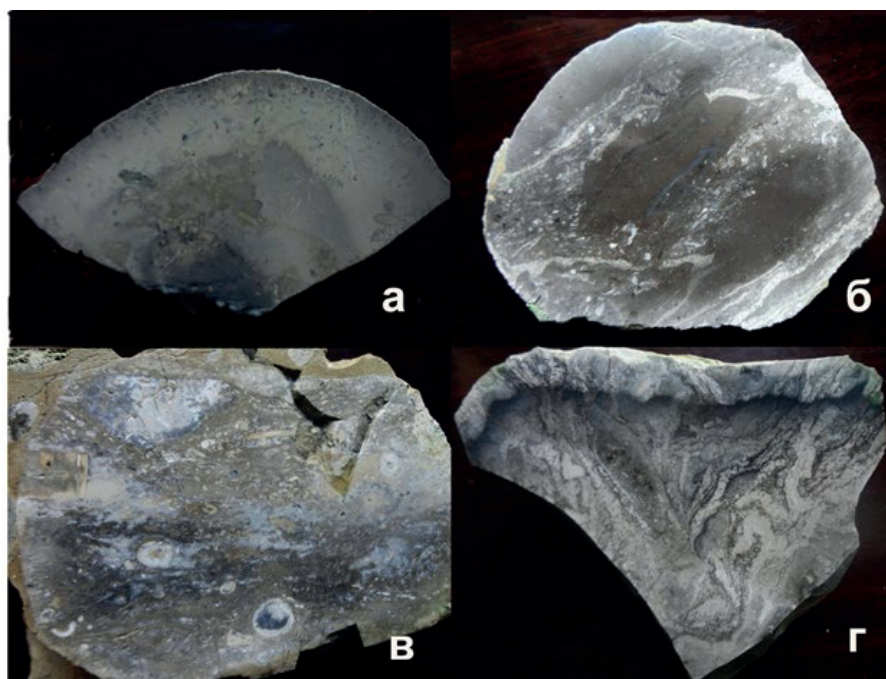
Кремни с мелкими довольно редкими одиночными ругозами, стеблями криноидей и многочисленными фораминиферами (колониальные организмы полностью отсутствуют); рис. 6, в показывает, что кремневая масса внедрялась в пески: по краю образца видны гальки.

Кремни с концентрической зональностью, мелкими брахиоподами и фораминиферами; другая фауна, в том числе колониальная, отсутствует (рис. 6, а). По-видимому, кремневая масса выдавливалась, потом застывала (верхняя часть), после чего выдавливалась следующая порция и тоже застывала.

На рис. 6, б виден процесс выдавливания кремневой массы: на выдавленную массу падали простейшие (фораминиферы), частично селились колонии, потом снова происходило выдавливание, на отложившуюся массу опять опускались простейшие.

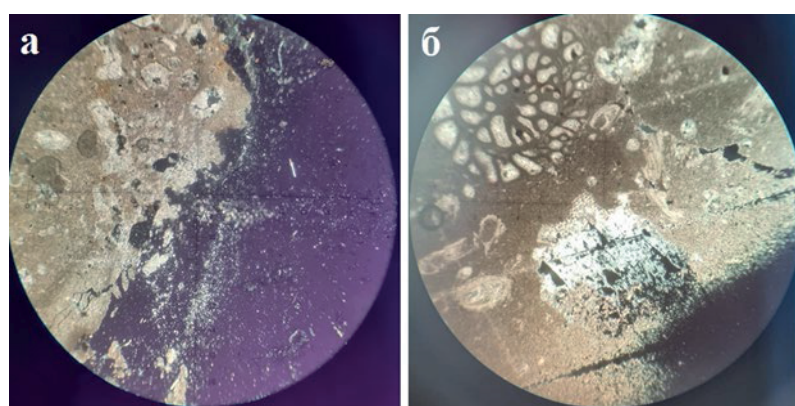
Поскольку кремневая масса была горячей и довольно плотной, то для колонии риск быть полностью занесенной рыхлыми осадками, обычный в илистых отложениях, был минимальным, и фауна «освоила» кремни. Один из авторов статьи находил конодонты хорошей сохранности в голубых прозрачных кремнях на Полярном Урале (р. Средняя Лагорта), что подтверждает возможность жизни фауны в кремневой массе. Расположение рифовых построек среди карбонатно-глинистых отложений (мергелей) Юрюзано-Сылвенской депрессии [20], воз-





**Рисунок 6. Участок Подгорная:** а – кремневая конкреция с четко выраженной зональностью и малочисленной фауной (фузулиниды и редкие мелкие брахиоподы); б – три цикла выдавливания кремневой массы на поверхность, каждый из которых «перекрывался» фузулинидами и редкими колониальными мшанками; в – кремневая линза в песчаниках с довольно многочисленной фауной (фузулиниды, редкие мелкие брахиоподы, членики криноидей и ругозы); г – кремневая линза с многочисленными колониальными тецидами, рост которых неоднократно прерывался как из-за поступления новых порций кремневых масс, так и из-за нарастания колоний друг на друга

**Figure 6. Podgornaya site:** а – flint nodule with clearly defined zonation and a small fauna (fusulinids and rare small brachiopods); б – three cycles of extrusion of the flint mass onto the surface, each of which was “overlaid” by fusulinids and rare colonial bryozoans; в – flint lens in sandstones with a fairly numerous fauna (fusulinids, rare small brachiopods, crinoid segments and rugosa); г – flint lens with numerous colonial theciids, the growth of which was repeatedly interrupted both due to the arrival of new portions of flint masses and due to the growth of colonies on top of each other



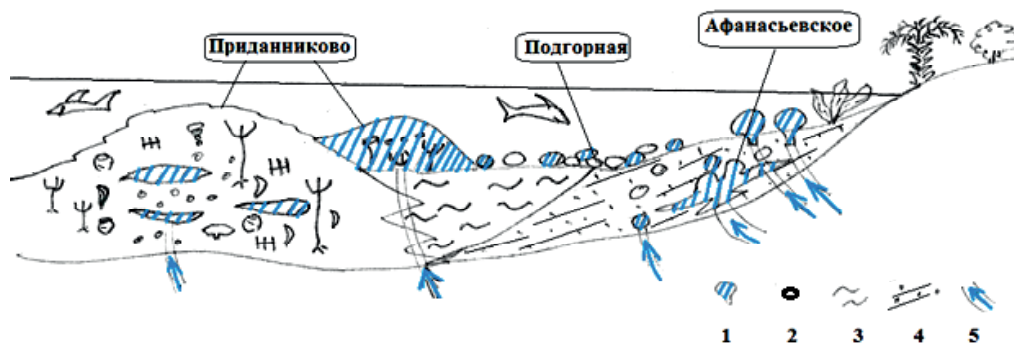
**Рисунок 7. Фото шлифов (поле зрения 2,3 мм):** а – контакт кремней (темное с белыми зернами кристаллизации кварца) с органогенными известняками постройки Приданниково; б – кристаллы кварца (белое) и кремнь (черное) в изометричном пространстве поры в органогенном известняке из западной части рифовой постройки Шахтау

**Figure 7. Photo of thin sections (field of view 2.3 mm):** а – contact of cherts (dark with white grains of quartz crystallization) with organogenic limestones of the Pridannikovo building; б – quartz crystals (white) and flint (black) in the isometric space of a pore in organogenic limestone from the western part of the Shakhtau reef structure

можно, и обусловлено наличием выходов здесь гидротерм кремния.

Нам гидротермальный генезис кремней представился очевидным уже при исследовании рифа вблизи пос. Приданниково. Студентка 4 курса УГГУ А. А. Мазухина, имеющая практику минералогических исследований на кафедре минералогии и в лабори-

ториях Института геологии и геохимии УрО РАН, при просмотре шлифов окремненных известняков сразу же отметила не холодный, а термальный тип контакта кремней с органогенными известняками, увидела структуры кристаллизации кварца в кремнях [13]. Это указывает на температуру кремней, поступающих в риф, в первые сотни градусов, т. е. на гидротермальную



**Рисунок 8. Схема расположения опорных разрезов в отложениях артинского яруса, фауны и флоры в них, участков внедрения гидротермальных кремней: 1 – кремни; 2 – галька, валуны; 3 – мергель; 4 – песчаники; 5 – предполагаемые каналы гидротерм кремневого состава**

**Figure 8. Scheme of the location of reference sections in the deposits of the Artinskian stage, fauna and flora in them, areas of introduction of hydrothermal cherts: 1 – cherts; 2 – pebbles, boulders; 3 – marl; 4 – sandstones; 5 – supposed hydrothermal channels of siliceous composition**

в изначальном значении этого термина природу инъекций кремней (рис. 7).

Наблюдение окремнения в различных фациях отложений артинского яруса дает возможность построить схему внедрения гидротерм кремнекислоты по каналам из недр Предуральского прогиба (рис. 8). Источник кремнекислоты – недра Предуральского прогиба. В верхнем карбон-нижней перми на Урале, в 100–300 км восточнее, бурно проявлялись процессы орогенеза с формированием крупных гранитных батолитов. В прогибе в это время происходило опускание земной коры, которое не могло не сопровождаться выделением из недр горячих газов и гидротерм.

На наш взгляд, после установления гидротермальной природы кремней в Предуральском прогибе, систематизации известных сведений об ареале и времени окремнения отложений карбона и перми необходимо ввести понятие «верхнепалеозойский гидротермальный пояс западного склона Урала». Он начал формироваться в среднем карбоне, завершился в перми и протягивался практически по всему западному склону Среднего и Южного Предуралья – от Кунгура до Шахтау. В кунгурский век, с угасанием магматической активности, пояс прекращает свою деятельность, в вышележащих отложениях кремни уже не встречаются даже в остаточном виде.

**Краткие выводы**

1. Различие удельного электрического сопротивления литологических разностей органогенных известняков по-

зволяет при помощи электроразведки методами сопротивлений проводить исследование внутренней структуры рифовых построек, в частности, выделять участки окремнения.

2. Палеонтологическое картирование рифовой постройки вблизи пос. Приданниково установило формирование ее различных частей биотой лагунных, центральных возвышенных и волноприбойных сообществ.

3. Минераграфическими исследованиями образцов окремненных известняков доказана гидротермальная природа инъекций кремней в рифовые постройки.

4. Выходы гидротерм кремния в толщу мергелей могли быть определяющим условием для заложения и существования здесь рифовых органогенных построек.

5. Внедрение кремней установлено в песчаники и конгломераты прибрежных и морских отложений артинского яруса.

6. Сделано предположение о наличии гидротермального пояса протяженностью от Среднего (Кунгур) до Южного (Стерлитамак) Предуралья, с которым связано формирование артинских и, вероятно, более ранних, карбоновых, кремней.

7. Объединенному разрезу отложений артинского яруса Афанасьевское–Подгорная–Приданниково следует в Предуралье придать статус геологического памятника, в котором соединены прибрежные терригенные, прибрежные морские, предрифовые и рифовые фации.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Маслов В. П. Геолого-литологическое исследование рифовых фаций Уфимского плато // Труды Института геологических наук АН СССР. Сер. геол. 1950. Вып. 118. № 42. 69 с.
2. Мизенс Г. А. Верхнепалеозойский флиш Западного Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 1997. 230 с.
3. Путеводитель геологических экскурсий по карбону Урала / под ред. Б. И. Чувашова. Екатеринбург: Ин-т геологии и геохимии УрО РАН, 2002. 72 с.
4. Чувашов Б. И. Особенности тектонического развития территории западного склона Среднего Урала в позднем палеозое // Геология палеозоя и мезозоя Урала и Зауралья. Свердловск, 1975. С. 43–57.
5. Опорные разрезы верхнего карбона и нижней перми западного склона Урала и Приуралья / Б. И. Чувашов [и др.]. Свердловск: УрО АН СССР, 1990. 369 с.
6. Знаменитые месторождения Урала / Д. А. Клейменов [и др.]. Екатеринбург: Уральский рабочий, 2007. Ч. II. 240 с.
7. Наливкин В. Д. Стратиграфия и тектоника Уфимского плато и Юрюзано-Сылвенской депрессии // Труды ВНИГРИ. М.; Л., 1949. Вып. 46. 206 с.
8. Наливкин В. Д. Фации и геологическая история Уфимского плато и Юрюзано-Сылвенской депрессии // Труды ВНИГРИ. М.; Л., 1950. Вып. 47. 127 с.

9. Горский И. И. Кораллы среднего карбона западного склона Урала. М.: Наука, 1978. 224 с.
10. Степанова Т. И. Комплекс фораменифер каменскоуральского горизонта верхнего визе в разрезе «Худолаз» // Ежегодник-2009: труды ИГГ УрО РАН. 2010. Вып. 157. С. 44–49.
11. Михайлова Е. Д., Тарасенко А. Б., Рахмонов У. Ж., Ерина М. В., Ремизова С. Т. Строение и условия образования пограничных отложений силура и девона на западе Зеравшано-Гиссарской горной области (Разрез Оби-Сафит, Китабский государственный геологический заповедник, Узбекистан) // Литосфера. 2017. № 17(6). С. 40–61. <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2017-6-040-061>
12. Кисин А. Ю., Коротеев В. А. Блоковая складчатость и рудогенез. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2017. 349 с.
13. 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: сборник науч. статей / под ред. П. А. Красильникова. Пермь: ПГНИУ, 2022. Вып. 5(42). С. 209–214. <https://elibrary.ru/acnrqg>
14. Кремнистые породы СССР (диатомиты, опоки, трепелы, спанголиты, радиоляриты). Казань: Татарское кн. изд-во, 1976. 412 с.
15. Требования промышленности к качеству минерального сырья: справочник для геологов. Вып. 18. Кремень. М.: ГНТИ, 1963. 20 с.
16. Green A. T., Stewart G. N. Ceramics: a symposium. U. K., Stoke-on-Trent: British Ceramic Society, 1953. 877 p.
17. Rutten M. Remarks on the genesis of flints // American Journal of Science. 1957. Vol. 255. No. 6. P. 432–439.
18. Богоявленская О. В., Лобанов Е. Ю. Рифогенные сообщества раннего и среднего палеозоя Уральского палеобассейна // Биостратиграфия среднего-верхнего палеозоя Русской платформы и складчатых областей Урала и Тянь-Шаня: сборник науч. трудов. М., 1995. С. 164–170.
19. Кузнецов В. Г. Эволюция осадочного породообразования в истории Земли. М.: Научный мир, 2016. 211 с.
20. Геология «Предуралья»: геология, геохимия и геофизика учебно-научной базы «Предуралье» / Г. Ю. Пономарева [и др.]; отв. ред. Г. Ю. Пономарева, И. Ю. Герасимова, И. С. Хопта. Пермь: ПГНИУ, 2017. 216 с.

*Статья поступила в редакцию 13 сентября 2023 года*



# On the hydrothermal nature of cherts in the Artinskian stage deposits of the Cis-Urals

Aleksey Vasil'evich KUZIN\*  
Evgeniy Yur'evich LOBANOV\*\*

Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia

## Abstract

**Relevance.** The results of paleontological, geophysical, and mineragraphic studies of flints in Artinskian stage deposits in the Cis-Urals are presented.

**Purpose of the work.** Reef organogenic structures with silicified limestones and flints, silicified sandstones and injections of flints into them have been studied. The goal is to show the hydrothermal nature of chert injections into reefs and sandstones.

**Research methods.** Geophysical electrical prospecting studies of reef limestones with the aim of identifying areas of silicification, geological and paleontological mapping of reefs, biostromes, bioherms, sandstones, areas of accumulation of nodules and flint nodules, study of polished sections of silicified rocks, production of thin sections and their mineragraphic study.

**Results of the work.** Paleontological mapping of the reef structure made it possible to establish the different species composition, size, and preservation of biota in the coastal, summit and outer parts of the reef. Mineragraphic studies have established the high-temperature hydrothermal nature of chert in all types of sediments. Hydrothermal injections of chert into sandstone layers occur by diffusion with the formation of siliceous nodules and Lysigang rings in sandstones. Intensive penetration of silicon hydrotherms into sandstone layers forms areas of silicification in them in the form of laccoliths tens of meters in size. Various degrees of development of flint hydrotherms by marine fauna have been established. Flints may include small specimens of small fauna, be rich in well-preserved fauna, or include layers of biota overlain by layers of flints covered with new colonies of microorganisms. Sometimes cherts contain only fragments of faunal shells caught in the hot gel of cherts.

**Conclusions.** Hydrotherms of siliceous composition in loose marine sediments could be a condition for the development of biota and the basis for reef structures. Increased values of electrical resistivity of flints and silicified limestones allow electrical prospecting to explore the internal structure of reefs. It has been suggested that in the Carboniferous and Early Permian in the Cis-Urals there was a hydrothermal belt extending from Kungur to Sterlitamak.

**Keywords:** cherts, silicified sandstones, sedimentation, hydrotherms, paleontology, mineragraphy, electrical prospecting.

## REFERENCES

1. Maslov V. P. 1950, Geological and lithological study of reef facies of the Ufa plateau. *Trudy Instituta geologicheskikh nauk Akademii Nauk SSSR* [Proceedings of the Institute of Geological Sciences of the USSR Academy of Sciences], issue 118, no. 42, 69 p. (In Russ.)
2. Misens G. A. 1997, Upper Paleozoic flysch of the Western Urals. Ekaterinburg, 230 p. (In Russ.)
3. Chuvashov B. I. 2002, Guide to geological excursions through the carbon fiber of the Urals. Ekaterinburg, 72 p. (In Russ.)
4. Chuvashov B. I. 1975, Features of tectonic development of the territory of the western slope of the Middle Urals in the late Paleozoic. *Geology of the Paleozoic and Mesozoic Urals and Trans-Urals*. Sverdlovsk, pp. 43–57. (In Russ.)
5. Chuvashov B. I. [et al.]. 1990, Reference sections of the Upper Carboniferous and Lower Permian of the western slope of the Urals. Sverdlovsk, 369 p. (In Russ.)
6. Kleimenov D. A. [et al.]. 2007, Famous deposits of the Urals. Ekaterinburg, 240 p. (In Russ.)
7. Nalivkin V. D. 1949, Stratigraphy and tectonics of the Ufa Plateau and the Yuryuzan-Sylven depression. *Trudy Vsesoyuznogo neftyanogo nauchno-issledovatel'skogo geologorazvedochnogo instituta* [Proceedings of the All-Union Petroleum Research Geological Prospecting Institute], Moscow, Leningrad, issue 46, 206 p. (In Russ.)
8. Nalivkin V. D. 1950, Facies and geological history of the Ufa Plateau and the Yuryuzan-Sylven depression. *Trudy Vsesoyuznogo neftyanogo nauchno-issledovatel'skogo geologorazvedochnogo instituta* [Proceedings of the All-Union Petroleum Research Geological Prospecting Institute], Moscow, Leningrad, issue 47, 127 p. (In Russ.)
9. Gorsky I. I. 1978, Corals of the Middle Carboniferous of the western slope of the Urals. Moscow, 224 p. (In Russ.)
10. Stepanova T. I. 2010, Foraminiferal complex of the Kamensk-Ural horizon of the Upper Viséan in the Khudolaz section. *Yearbook 2009: Proceedings of the Institute of Geology and Geochemistry, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*, issue 157, pp. 44–49. (In Russ.)
11. Mikhailova E. D., Tarasenko A. B., Rakhmonov U. Zh., Erina M. V., Remizova S. T. 2017, Structure and conditions of formation of boundary deposits of the Silurian and Devonian in the west of the Zeravshan-Gissar mountain region (Obi-Safit section, Kitab State Geological Reserve, Uzbekistan). *Litosfera* [Lithosphere], no. 17 (6), pp. 40–61. (In Russ.) <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2017-6-040-061>
12. Kisin A. Yu., Koroteev V. A. 2017, Block folding and ore genesis. Ekaterinburg, 349 p. (In Russ.)

\*kuzin-av@mail.ru

\*\*aziat1966@mail.ru

13. Kuzin A. V., Belenko Ya. A., Mazukhina A. A., Lobanov E. Yu. 2022, Geological and geophysical studies of reef limestones of the Cis-Ural trough. *Geologiya i poleznyye iskopayemyye Zapadnogo Urala* [Geology and minerals of the Western Urals], issue 5 (42), pp. 209–214. (In Russ.) <https://elibrary.ru/acnrqg>
14. 1976, Siliceous rocks of the USSR (diatomites, opoka, tripoli, spangolites, radiolarites). Kazan, 412 p. (In Russ.)
15. 1963, Industry requirements for the quality of mineral raw materials: a guide for geologists, vol. 18. Moscow, 20 p. (In Russ.)
16. Green A. T., Stewart G. N. 1953, *Ceramics: a symposium*. U. K., Stoke-on-Trent: British Ceramic Society, 877 p.
17. Rutten M. 1957, Remarks on the genesis of flints. *American Journal of Science*, vol. 255, no. 6, pp. 432–439.
18. Bogoyavlenskaya O. V., Lobanov E. Yu. 1995, Reefogenic communities of the early and middle Paleozoic of the Ural paleobasin. Biostratigraphy of the Middle-Upper Paleozoic of the Russian Platform and folded regions of the Urals and Tien Shan. Moscow, pp. 164–170. (In Russ.)
19. Kuznetsov V. G. 2016, Evolution of sedimentary rock formation in the history of the Earth. Moscow, 211 p. (In Russ.)
20. Ponomareva G. Yu. [et al.]. 2017, Geology of the Cis-Urals: geology, geochemistry and geophysics of the educational and scientific base Cis-Urals. Perm, 216 p. (In Russ.)

The article was received on September 13, 2023