

УДК 551.44

КОРАЛЛИТОВЫЕ КОРЫ – СПЕЦИФИЧЕСКАЯ ФОРМА КАРСТОВОГО МОРФОЛИТОГЕНЕЗА В ХОЛОДНОМ КЛИМАТЕ**Е. В. Трофимова^{1,*}**

Представлено академиком РАН В.М. Котляковым 25.07.2017 г.

Поступило 01.08.2017 г.

Дается обоснование условий образования кораллитовых кор из тонковолокнистых сферолитов, специфической формы карстового микрорельефа, образующейся в условиях холодного климата в области распространения многолетнемерзлых горных пород. Приводится научная трактовка конденсационного генезиса кораллитовых кор, описание которых до сих пор практически отсутствует в научной литературе.

Ключевые слова: кораллитовые коры, конденсация, природный парк “Ленские Столбы”.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-56524866733-736>

Возможности карстового морфолитогенеза в холодных климатических условиях нашли отражение в многочисленных работах, опубликованных как в России, так и за рубежом [1–5]. Но в работах коллег-карстологов отсутствует описание, а тем более объяснение генезиса, специфической формы карстового микрорельефа – кораллитовых кор из тонковолокнистых сферолитов, которые образуются в условиях холодного климата в районах распространения многолетнемерзлых горных пород. Проведённые исследования были посвящены изучению образования кораллитовых кор на территории одного из удивительно интересных природных объектов России и земного шара в целом – природного парка “Ленские Столбы” (ПП ЛС – здесь и далее природный парк “Ленские Столбы”) (рис. 1).

Природный парк “Ленские Столбы” расположен в среднем течении р. Лена, географические координаты: 60°06′30″ – 61°17′13″ с.ш. и 124°59′33″ – 128°53′00″ в.д., на площади 1 272 150 га для Буотамского (Ботомского) кластера и 114 850 га – для Синского кластера [6]. Орографически район исследований принадлежит Приленскому плато с абсолютными отметками 300–600 м, рассечённому долинами рек Лена, Буотамы и Синяя. В тектоническом отношении территория представляет собой пологую моноклинал с падением на северо-восток в 1–2°. Основной тип карстующихся пород в пределах парка – это разнообразные карбонаты (известняки, доломиты, мергели и т.д.) нижнего кембрия мощностью до 400–500 м, перекрытые криогенно-эоловыми отложениями в придолинной полосе Приленского плато, а также на водоразделах Лены, Буотамы и Синей. Карбонатные породы характеризуются вы-

сокой степенью трещиноватости, преимущественно субширотного направления, причём в подавляющем большинстве трещины ориентированы субвертикально (80°–90°) [7].

Климат региона холодный, резко континентальный. По данным многолетних (с 1960 г.) наблюдений на метеорологической станции Покровск средняя годовая температура воздуха составляет –9,8 °С, при годовой её амплитуде 98 °С и величине средних годовых осадков всего 249 мм.

Уникальность карста природного парка “Ленские Столбы” предопределяется его развитием в условиях сплошного распространения многолетнемерзлых пород мощностью до 500 м [8], где активно протекают процессы конденсации влаги, являющейся ведущим фактором карстогенеза. С одной стороны, в весенний и летний периоды почвенный покров активно конденсирует водяной пар из воздуха, что связано со значительными амплитудами суточных колебаний его температур. По данным метеорологической станции Покровск, средняя минимальная суточная температура воздуха в июне составляет 3,4 °С, в июле 7,5 °С, а в августе 5,0 °С. В то время как её средние максимальные суточные значения составляют соответственно 15,5 °С, 20,3 °С и 17,8 °С. Таким образом, амплитуды суточных температур воздуха в районе исследований превышают 12 °С, варьируя от 12,1 °С в июне до 12,8 °С в июле и августе. С другой стороны, процессам конденсации влаги в деятельном слое способствуют большие градиенты температур между поверхностью почвы и нижележащими горными породами (табл. 1).

Как видно из табл. 1, в тёплый сезон значения градиентов температуры почвы на территории ПП ЛС достигают 7,2–7,8 °С на 1 м, в то время как амплитуда суточных изменений поверхности почвы в

¹ Институт географии Российской академии наук, Москва

* e.trofimova1@gmail.com



Рис. 1. Район исследований.

Таблица 1. Изменения температуры почвы (°C) по глубине (по многолетним данным наблюдений на метеорологической станции Покровск, суглинок)

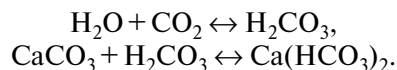
Глубина, см	Месяцы			
	VI	VII	VIII	IX
0	19,0	22,0	17,0	6,0
0,05	16,6	20,3	16,3	7,0
0,1	15,2	19,4	15,9	7,3
0,15	13,2	18,1	15,6	7,2
0,2	13,5	18,0	16,0	7,6
0,4	11,9	16,1	15	7,6
0,6	9,0	13,3	13,1	7,2
0,8	5,1	9,8	10,7	6,4
1,2	0,2	4,4	6,4	4,4
1,6	-2,4	0,2	2,8	2,4
2,4	-3,8	-2,5	-1,4	-0,7
3,2	-4	-3	-2,2	-1,5
Градиент: °C / м	7,2	7,8	6,0	2,3

летний период превышает 36 °C (по данным экспедиционных наблюдений на метеорологической площадке в устье р. Унгкюр в 2013 г.).

Натурными наблюдениями на конденсационной установке Института мерзлотоведения СО РАН была проведена оценка величины конденсации водяных паров в деятельном слое за летний сезон, которая достигает для района г. Якутск 80 мм [9], что составляет почти 50% величины летних осадков.

Рассмотрим процесс растворения карбонатных пород под воздействием конденсационной влаги. Карбонат кальция, из которого состоят карбонатные породы, в дистиллированной воде практически не

растворим. Когда углекислый газ, выделяющийся вследствие гниения и разложения органических остатков, смешивается с конденсационной влагой, образуется угольная кислота, в присутствии которой происходит растворение карбоната кальция:



Очевидно, что в районах распространения многолетнемерзлых пород вследствие пониженной деятельности аэробных почвенных бактерий объемы выделения поступления углекислого газа незначительны. Но незначительное поступление CO_2 из разлагающихся растений компенсируется его повышенной растворимостью в условиях холодного климата региона: как показал в лабораторных исследованиях венгерский карстолог Л. Якуч (Jakucs) [10], углекислый газ характеризуется наибольшей растворимостью именно в холодных водах: при температуре раствора 30 °C коэффициент абсорбции CO_2 составляет 0,665, при температуре 15 °C 1,019, а при температуре 0 °C уже 1,713. Поэтому формирующаяся в деятельном слое конденсационная влага отличается высокой агрессивностью по отношению к вмещающим горным породам, причём формирование конденсационной влаги происходит на охлаждённых поверхностях (трещин, обломков горных пород и т.д.) в ночное время.

С другой стороны, в пределах исследуемой территории в летний сезон выпадает порядка 200 мм осадков при высоком, как отмечает М.К. Гаврилова, испарении: летом испарение в Центральной Якутии

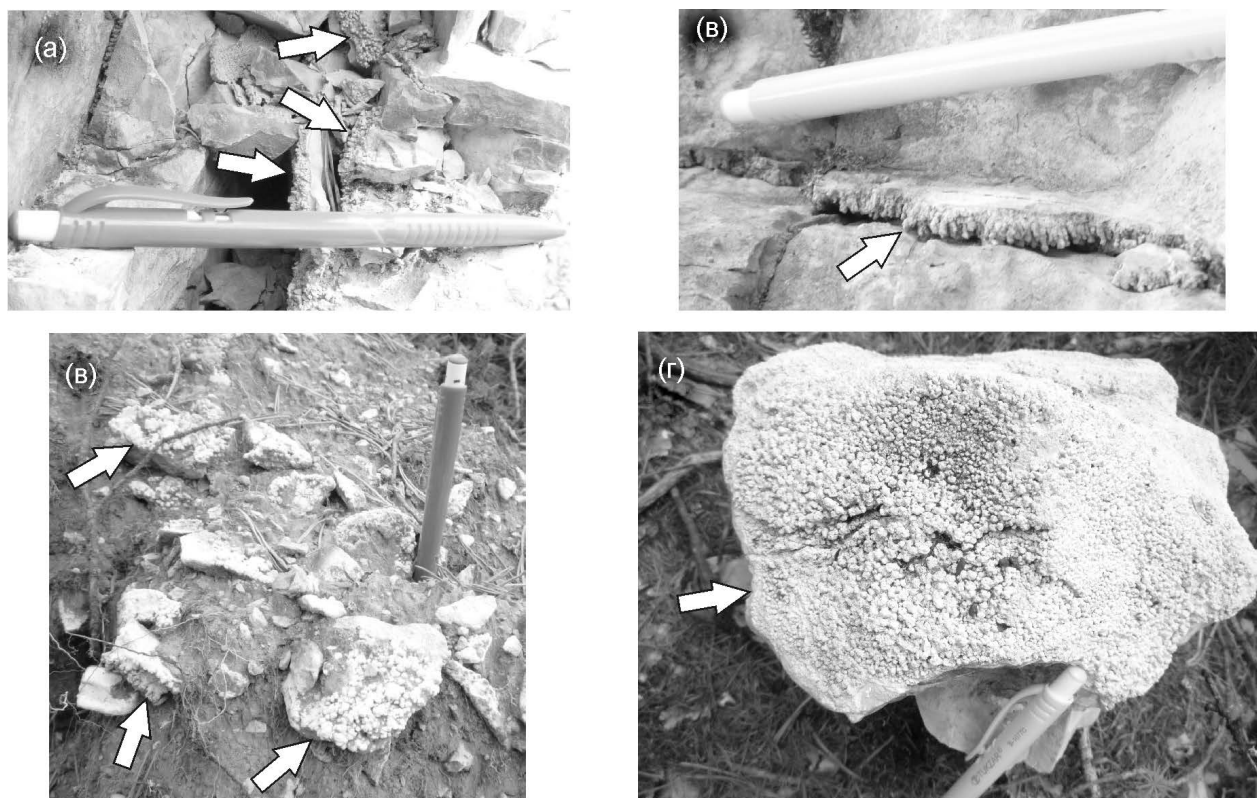
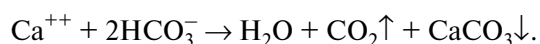


Рис. 2. Кораллитовые коры:

а, б — в трещинах; в — при обнажении рыхлых отложений; г — на отдельных обломках горных пород.

превышает количество осадков “в 4 раза, а иногда и больше” [11, с. 86]. Поэтому в дневное время вследствие высокого испарения в областях образования конденсационной влаги имеет место обратный процесс: осаждение карбоната кальция. Осаждение известкового туфа из водного раствора происходит согласно реакции:



Из-за высокого испарения поверхности горных пород находятся в сухом состоянии, а как убедительно показал С. Андре (Andrieux), исследовавший климатические условия, контролирующие образование конденсационной влаги, в случае сухого основания кристаллизация CaCO_3 из тонкой капиллярной пленки раствора при испарении растворителя происходит в виде сферолитов [12].

Уникальные формы карстового морфолитогенеза — кораллитовые коры из тонковолокнистых сферолитов, отмечаются на территории природного парка “Ленские Столбы” повсеместно: как в трещинах различных размеров и различного генезиса (рис. 2 а, б), так и при обнажении рыхлых пород (рис. 2 в), а также на отдельных обломках горных пород (рис. 2 г). Мощность кораллитовых кор варьирует от нескольких мм до 1–3 см.

2 июля 2012 г. и 6 июля 2015 г. соответственно Ботомский и Синский кластеры ПП ЛС дополнили список объектов всемирного природного наследия ЮНЕСКО по критерию VIII, как “выдающийся пример основных этапов истории Земли, включая следы древней жизни, серьёзные геологические процессы, которые продолжают происходить в развитии форм земной поверхности, существенные геоморфологические и физико-географические особенности рельефа” [13, с. 9]. Таким выдающимся примером современного геолого-геоморфологического процесса на территории природного парка “Ленские Столбы” служит карст с его уникальной, специфической для условий распространения многолетнемерзлых пород, формой микрорельефа в виде кораллитовых кор.

Источник финансирования. Исследование выполнено в рамках государственного задания ФГБУН ИГРАН № 0148–2019–0005.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Нагель А.* К вопросу о распространении карста в условиях вечной мерзлоты // Изв. ГГО. 1937. № 2. С. 261–263.
2. *Corbel J.* Les Karsts du Nord-Ouest de l'Europe et de Quelques Régions de Comparaison: Études sur le Rôle

- du Climat dans l'érosion des Calcaires. Th. de D. Lyon: Univ. Lyon, 1957. 541 p.
3. Коржухов С.С. Мерзлотный карст Среднего Приленья и некоторые особенности его проявления. В кн.: Региональное карстование. М.: Изд-во АН СССР, 1961. С. 207–220.
 4. Ford D., Williams P. Karst Hydrogeology and Geomorphology. Chichester: Wiley. 2007. 562 p.
 5. Куницкий В.В. Карбонатный карст в многолетне-мерзлых породах // Якутская геокриологическая научная школа. Якутск: Гео., 2010. С. 37–41.
 6. Lena Pillars Nature Park. М.: ANNIE, 2012. 56 p.
 7. Колосов П.Н. Выдающиеся универсальные ценности природного парка “Ленские Столбы”. Якутск: Медиа-холдинг “Якутия”, 2010. 121 с.
 8. Основы геокриологии. Ч. 4. Динамическая геокриология / Под ред. Э.Д. Ежова, Л.С. Гарагуля, С.Н. Булдович и др. М.: Изд-во МГУ, 2001. 688 с.
 9. Шенелев В.В. Роль процессов конденсации в питании подземных вод мерзлой зоны. В кн.: Взаимосвязь поверхностных и подземных вод мерзлой зоны. Якутск: Ин-т мерзлотоведения СО АН СССР, 1980. С. 43–56.
 10. Jakucs L. The Role of climate in the Quantitative and Qualitative Control of Karst corrosion. In: Proc. IGU Symp. on Karst Morphogenesis. Budapest, 1973. V. 4. P. 122–152.
 11. Гаврилова М.К. Климаты холодных регионов Земли. Якутск: ИМЗ СО РАН, 1998. 206 с.
 12. Andrieux C. Contribution à L'étude du Climat des Cavités Naturelles des Massifs Karstiques // Ann. spéléol. 1970. № 25. P. 441–559.
 13. Информационный сборник. Всемирное наследие. Париж: Центр всемирного наследия ЮНЕСКО, 2005. 29 с.

CORALLITE CRUSTS AS A SPECIFIC FORM OF KARST MORPHOLITHOGENESIS IN COLD CLIMATE

E. V. Trofimova

Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

Presented by Academician of the RAS V.M. Kotlyakov July 25, 2017

Received August 1, 2017

The background of the conditions causing the formation of corallite crusts, constituted by the fine-fibrous spherulites, is considered. The corallite crusts are the specific form of karstic relief forming in cold climate in an area of perennial cryotic rocks distribution. The scientific interpretation of corallite crusts condensation genesis, being practically absent in scientific literature, is given.

Key words: corallite crusts, condensation, Nature Park “Lena Pillars”.