

УДК 631.4

## **РАЗНООБРАЗИЕ КАРБОНАТНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ И ОСОБЕННОСТИ ИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ В ПОЧВАХ ТЕРМАЛЬНОГО УРОЧИЩА ПЫМ-ВА-ШОР**

© 2018 г. Т. В. Романис\*, М. П. Лебедева

*Почвенный институт им. В.В. Докучаева,  
Россия, 119017, Москва, Пыжевский пер., 7, стр. 2  
\*e-mail: romanis.tatyana@yandex.ru*

Карбонатные включения в почвах урочища Пым-Ва-Шор (Ненецкий автономный округ) представляют интерес с точки зрения возможности диагностики современного и древнего воздействия термальных вод на почвенный покров. Минерализация вод 1.48 г/л, содержание гидрокарбоната 0.15–0.16 г/л, рН 8.0–8.5, SAR 4.9–10.1, что позволяет им формировать травертины кальцитового состава (со скоростью 0.037–0.090 мм/год). По макростроению классифицированы карбонатные включения двух типов: первый – плотные кальцитовые породы нижнего девона и карбона; второй – пористые травертины. Сравнительный анализ микропризнаков обломков пород и травертинов позволил выявить преобладание зерен криптокристаллического и микритового кальцита с характерной плотной упаковкой. Признаки растворения отмечены исключительно с внешних сторон обломков. В породах всегда есть включения фораминифер и отсутствуют железистые и глинистые пленки, характерные для травертинов почвенных горизонтов. Для травертинов также отмечены следы раковин моллюсков и преобладание участков с разным размером и плотностью упаковки кальцита. Преобладают рыхло упакованные зоны с криптозернами (<5 мкм), между ними расположены плотно упакованные более крупные кристаллы (5–35 мкм и >35 мкм). Особенности микростроения травертинов свидетельствуют о формировании их при активном участии микробов и растений, низком расходе вод температурой около 30°C. Определены микропризнаки травертинов, отражающие процессы их трансформации в обнажениях и почвенном профиле: укрупнение кристаллов кальцита (процесс перекристаллизации – характерен для стабильных условий в обнажениях); образование высокой внутренней тонкой пористости (процесс выщелачивания характерен для разрушающихся травертинов в почвах вблизи современных гидротерм); поры-трещины между минералами (процесс физического разрушения включений в почвах вне гидротерм). Все изученные почвы, кроме подбура оподзоленного, включают аналогичные по микростроению травертины на глубине 90 см, что

является признаком существования предшествующей «древней» более мощной гидротермальной системы.

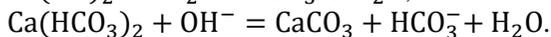
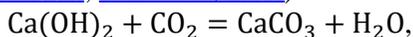
*Ключевые слова:* микростроение травертинов, гидротермальная система, тундра, Европейский Север

**DOI:** 10.19047/0136-1694-2018-92-16-34

## ВВЕДЕНИЕ

Кристаллические карбонатные осадки, формирующиеся в результате деятельности гидротермальных вод (или гидротерм), называемые «травертинами» или «карбонатными туфами» ([Швецов, 1958](#)), широко распространены в мире ([Ford, Pedley, 1996](#)). По мнению исследователей ([Viles, Goudie, 1990](#)), «травертин» и «карбонатный туф» – абсолютно равнозначные понятия, а классифицировать известковые отложения возможно по ботаническому составу, геоморфологическим и гидрологическим характеристикам. В современных публикациях, освещающих различные аспекты изучения кристаллических отложений карбоната кальция в гидротермальных системах ([Систематика и классификация..., 1998](#)), активно используется термин «травертин» ([Pentecost, 2005](#); [D'Alessandro et al., 2007](#); [Tomoyo et al., 2012](#); [Nduwumuremyi et al., 2013](#); [Фирстов и др., 2011](#)), которого в дальнейшем мы будем придерживаться.

Необходимые условия осаждения травертина – насыщенность углекислым газом гидротермальных вод и их прохождение через карбонатные образования ([Hammer et al., 2010](#)). Минимальные показатели воды для процесса седиментации: минерализация 0.6 г/л, реакция среды 7.3 ([Лепокурова, 2005](#)). При этом газовый и химический состав, температура вод могут варьироваться в широком диапазоне ([Евченко и др., 2011](#); [Логвиненко, 1987](#)). Механизм возникновения травертина сводится к увеличению скорости воды при преодолении препятствия и последующему уменьшению внутреннего давления газов, что приводит к дегазации вод и седиментации карбонатных отложений согласно уравнениям реакции ([Viles, Goudie 1990](#); [Pentecost, 2005](#)):



Активно принимают участие в образовании травертинов бактерии ([Pentecost, Terry 1988](#)). Таким образом, травертин – результат

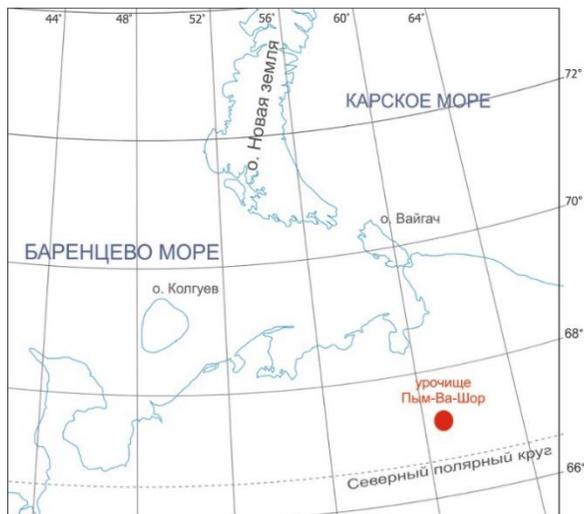
химических, физических и биологических процессов осаждения карбонатов, соотношение которых регулируется температурами вод ([Gocke, Kuzyakov 2011](#)). Объекты, подходящие для изучения современных и древних комплексов почва–травертин, единичны и расположены локально (табл. 1).

На территории европейского севера России есть функционирующая в настоящее время уникальная гидротермальная система, формирующая травертины – урочище Пым-Ва-Шор (восток Большеземельской тундры, Ненецкий автономный округ: 67°09' N, 60°51' E) (рис. 1).

Территория исследования относится к Среднеадзвинскому району южной кустарниковой (крупноерниковой) тундры Печорской провинции ([Функционирование субарктической..., 2009](#)). Территория урочища сформирована в результате тектонического разлома плит ([Malov et al., 2015](#)). Источники берут свое начало в верхней части склона, сложенного известняками нижнего карбона различного типа (в большей степени представленные тонко- и среднеплитчатыми крепкими серыми и желтовато-серыми известняками, реже песчановидными желтоватыми доломитами) ([Силаев и др., 2008](#)). В рамках исследования влияния отепляющего воздействия термальных источников на компоненты окружающей среды (экспедиция Института экологических проблем Севера УрО РАН (г. Архангельск)), в том числе и на почвы, отобраны образцы ненарушенного сложения из почв, расположенных на склоне урочища Пым-

**Таблица 1.** Опубликованные данные о почвах на травертинах

Почвы	Ссылка
Дерново-карбонатные на 250-летнем травертине, Англия	<a href="#">Pentecost, 2005</a>
Палеопочвы постледникового травертинового комплекса, Уэльс	<a href="#">Pedley, 1987</a>
Почвы на отложениях травертинов	<a href="#">McFarland, Sherwood, 1990</a>
“Massanetta Variant Soil Series” – азональная разновидность “mollisols”, Вирджиния	<a href="#">Edmonds, Martens, 1990</a>
“Мерзлотные маломощные перегнойные почвы” на травертинах, центральная часть Восточного Саяна	<a href="#">Лопатовская и др., 1999;</a> <a href="#">Лопатовская, 2009</a>
Палеопочвы травертиновых каскадов бассейна Денизли, Турция	<a href="#">Özkul et al., 2002</a>



**Рис. 1.** Карта-схема местоположения урочища Пым-Ва-Шор ([Romanis et al., 2016](#)).

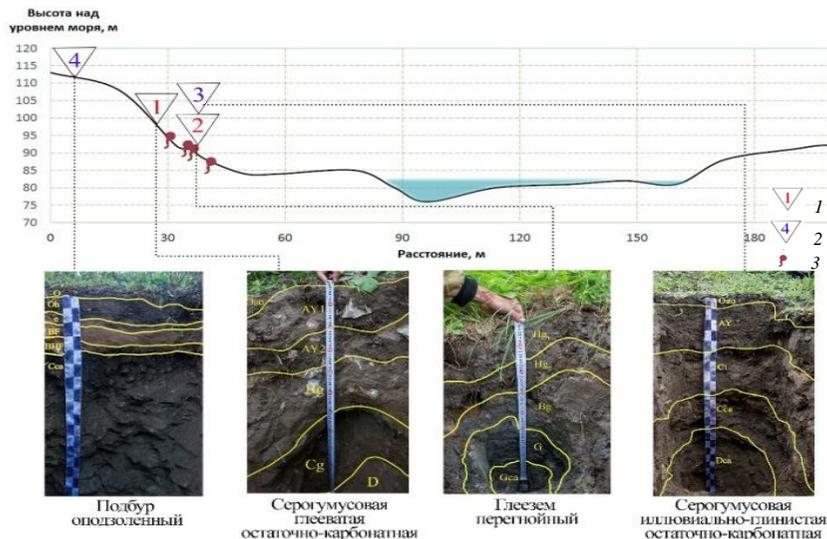
Ва-Шор, и выходов карбонатных пород вблизи них – образцы травертинов из обнажений и обломков плит известняков, являющихся подстилающими породами.

Цель работы – изучение особенностей микростроения карбонатных включений разного генезиса (травертинов, исходных девонских пород) и их преобразований в почвах, развивающихся в условиях различного влияния теплых гидротерм.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Гидротермальный комплекс Пым-Ва-Шор включает 9 действующих источников, но только 4 источника действуют на контакте с почвами различной мощности и типов (рис. 2).

Источники выходят из толщи нижнекаменноугольных отложений, а их минерализация обусловлена разным содержанием ионов натрия и хлора (табл. 2). Ртищева (1952) классифицирует их как слаботермальные, трещинно-пластовые и трещинно-жильные, высоконапорные, газлирующие, отмечает наличие в них Br, Sr, Ba и небольшого количества сероводорода, а также повышенную радиоактивность вод по радону и радию. В дальнейшем дана дополнена



**Рис. 2.** Схема расположения разрезов по высотному профилю рельефа местности в зоне (1) и вне зоны (2) воздействия современных источников, 3 – место выхода современных термальных источников.

химическая характеристика этих источников содержанием гидрокарбонат-иона на уровне 0.15–0.16 г/л (Силаев и др., 2008). Значение минерализации вод не превышает 1.48 г/л, что по классификации подземных вод соответствует слабосоленатым водам (Шварцев, 1996). Опасность осолонцевания почв возникает при сочетании показателей минерализации и SAR соответственно: 1 г/л и более 10 SAR; 2 г/л и более 6 SAR и т.д. (Вальков и др., 2004). В таком случае, источником засоления почв в ряду изученных гидротерм может выступать лишь один ручей (№ 2) со значениями минерализации 1.5 г/л и 10.1 SAR.

**Таблица 2.** Физико-химические параметры вод термальных источников

№	t, °C	рН	Минерализация, г/л	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	SAR
				ммоль экв/л					
1	26.7	8.5	1.4	21.0	1.8	5.4	2.6	19.2	9.6
2	25.7	8.1	1.5	22.3	1.6	5.6	2.6	20.5	10.1
3	27.4	8.0	1.4	20.9	1.5	6.0	2.5	18.5	9.0
4	27.4	8.1	0.3	3.2	0.3	1.7	0.6	5.3	4.9

Морфологических признаков засоления в исследованных почвах не выявлено, что связано с отсутствием испарительного барьера в данных климатических условиях при среднегодовом количестве осадков 300–400 мм ([Научно-прикладной справочник..., 1989](#)). По опубликованным данным ([Силаев и др., 2008](#)) с 1900 по 1954 гг. источники сформировали слой травертина толщиной 2–5 мм. Таким образом, скорость осаждения современного травертина составляет от 0.037 до 0.090 мм/год. К сожалению, расчетов на конец XX–начало XXI вв. не приведено. В отдалении от современных источников находится массивная террасированная постройка травертинов. Средняя длина террасы составляет  $94.5 \pm 10.5$  см, средняя высота террасы –  $29 \pm 4$  см ([Любас, 2016](#)). На микроуровне нами изучены образцы ненарушенного сложения из основных генетических горизонтов почв (табл. 3), находящихся как в зоне влияния

**Таблица 3.** Объекты исследования

Разрез №	Почва	Мощность профиля (см), глубина разреза (см), генетические горизонты	Растительность; проективное покрытие ТКЯ/МХЯ*, %	Воздействие современных источников**
1	Серогумусовая глееватая остаточно-карбонатная	60, 110, Oa <sub>0</sub> –AY <sub>1</sub> –AY <sub>2</sub> –Bg–Cca–Dca	Разнотравный закустаренный луг; 40/5	Да
2	Глеезем перегнойный	75, 75, Hg <sub>1</sub> –Hg <sub>2</sub> –Bg–G–Gca	Вейниково-осоковое низинное болото; 60/10	Да
3	Серогумусовая иллювиально-глинистая остаточно-карбонатная	64, 115, Oa <sub>0</sub> –AY–Ctca–Cca–Dca	Ивово-крупноерничково-кустарничково-моховая тундра; 40/55	Нет
4	Подбур оподзоленный	30, 100, O–Oh–e–BF–ВНF–Cca–Dca	Можжевельно-ерничково-кустарничковая тундра; 70/30	Нет

\* ТКЯ – травяно-кустарничковый ярус; МХЯ – мохово-лишайниковый ярус.

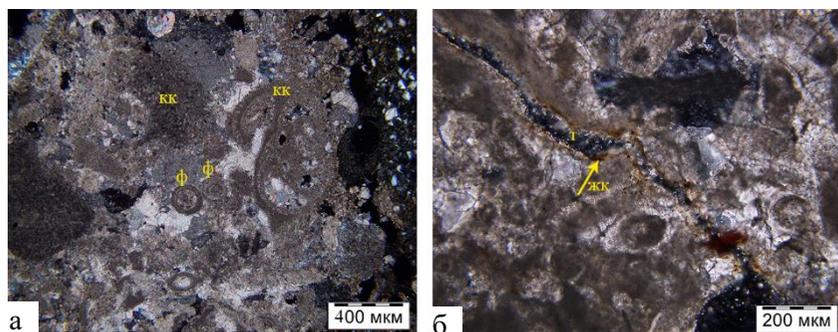
\*\* Оценка территории воздействие современных источников проведена на основании данных аэрофотосъемки и термосъемки в инфракрасном диапазоне ([Функционирование субарктической..., 2011](#)).

современного теплового воздействия гидротерм, так и вне его. Индексация горизонтов почв проведена по морфологическим признакам в соответствии с классификацией почв России (2004) и более подробно рассмотрена ранее ([Романис и др., 2015](#)). Шлифы изготовлены в лаборатории минералогии и микроморфологии почв Почвенного института им. В.В. Докучаева М.А. Лебедевым. Исследование микростроения образцов проведено на микроскопе Olympus BX 51.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На основании сравнительного анализа микропризнаков подстилающих плотных известняков нижнего карбона и обломков травертинов из разных почвенных горизонтов и обнажений выявлены их существенные различия. *Известняки*, аналогичные по микропризнакам подстилающим породам, вскрыты только в подбуре оподзоленном и в незначительных количествах в подстилающих породах серогумусовой глееватой остаточно-карбонатной почвы.

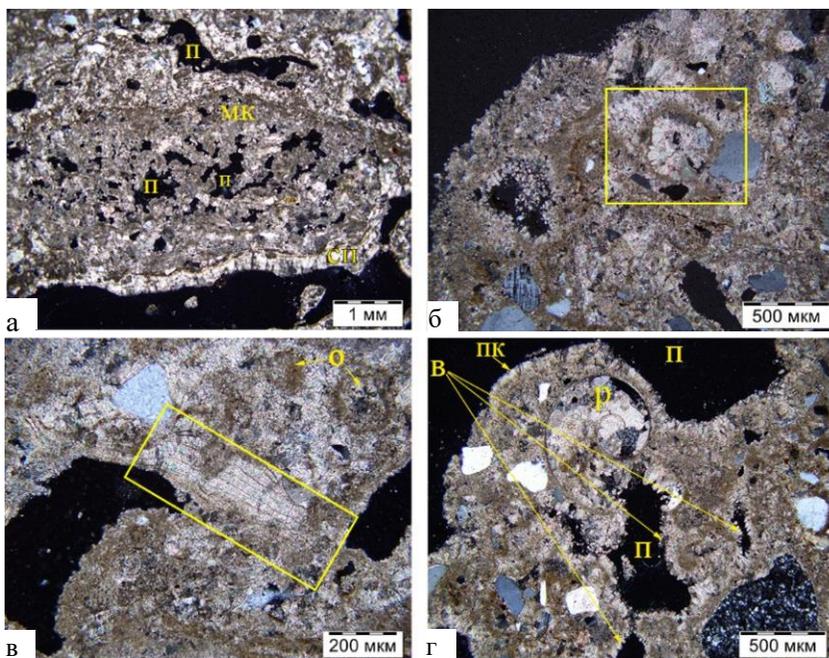
Для известняков характерно массивное микростроение (рис. 3а), преобладание криптокристаллического кальцита в структуре, отсутствие зон перекристаллизации и растворения материала. Признаки разрушения связаны с их физическим растрескиванием (рис. 3б). Однако на стенках трещин отмечены глинисто-железистые кутаны, что предположительно связано с процессом иллювирования этих веществ в подбуре оподзоленном.



**Рис. 3.** Микростроение включений известняков нижнего карбона в подбуре оподзоленном иллювиально-железистом (XN): а – массивное строение, криптокристаллический кальцит (кк), фораминиферы (ф); б – трещина (т) в карбонатном материале с железистой кутаной (жк).

На основании результатов сравнения образцов из обнажений каскада травертинов древнего происхождения и включений травертинов в почвенный профиль определены микропризнаки их разрушения в почвах. *Травертины из обнажений* характеризуются неоднородным микростроением и относительно высокой пористостью (рис. 4а).

Наряду с тонкозернистыми кальцитовыми участками с размером зерен <5 мкм (микритом) с рыхлой упаковкой зерен, в образцах присутствуют плотные участки кальцита с зернами 5–35 мкм (микроспаритом) и >35 мкм (спаритом). Микритовые зоны и небольшого размера поры преимущественно формируются при активном



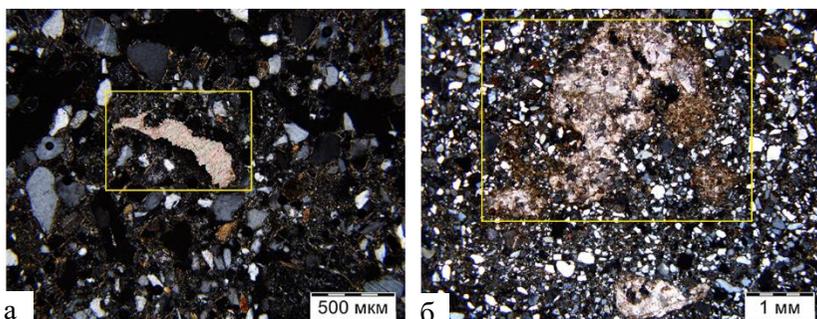
**Рис. 4.** Микростроение травертинов из обнажений (XN): а – высокая неоднородность по размерности кристаллов кальцита и пористости обломков (мк – микрит; сп – спарит; п – пора); б – перекристаллизация внутри травертина (в квадрате); в – прослойки чистого кальцита ламинарного строения (в прямоугольнике) и ооидные образования (о); г – внутренние зоны с тонкодисперсным органико-минеральным веществом, кайма перекристаллизации (пк), выщелачивание (в) на контакте с порами (п).

участии микробов и растений, низком расходе вод температурой до 30°C ([Tomoyo et al., 2012](#)). Отдельные внутренние части обнажений травертинов окружены тонкими бурыми прослойками, предположительно, криптокристаллического кальцита и спарита с силикатно-органическим тонкодисперсным веществом. По мере нахождения на дневной поверхности травертины Пым-Ва-Шор “стареет”, что выражается в укрупнении кристаллов кальцита и уменьшении порового пространства в границах раковин моллюсков (рис. 4б). В структуре травертинов наблюдаем нерегулярные округлые образования – ооиды размером 50–200 мкм (рис. 4в). Подобные структуры описаны при биореминерализации карбоната с участием цианобактерий ([Wu et al., 2014](#)). Единичные участки слоев кальцита ламинарного строения (рис. 4в) в массе травертинов являются свидетельством кратких периодов преобладания физико-химических процессов седиментации обнажений. На границе с внешней средой в травертине из обнажений формируются карбонатные зерна спаритовой размерности с плотной упаковкой. Спарит ориентирован перпендикулярно к поверхности раздела обломка и среды (рис. 4г).

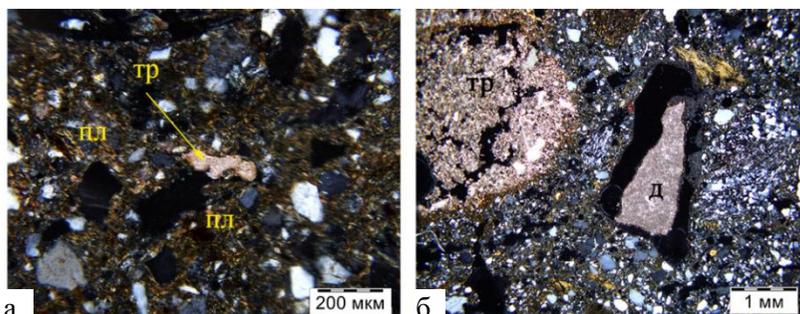
Исследование микростроения шлифов почв вблизи теплового воздействия современных гидротерм и вне его выявило наличие включений травертинов в трех разрезах из четырех. Исключение составил разр. 4. Соответствующий ему тип почв по морфологическим признакам определен как подбур оподзоленный иллювиально-железистый. Он является зональным типом почв плакора на песчаных отложениях и в дренированных позициях рельефа на территории Большеземельской тундры ([Горячкин, 2010](#)).

*Разр. 3 (серогумусовая глинисто-иллювирированная остаточно-карбонатная почва)* заложен вне зоны современного воздействия термальных вод на склоне урочища Пым-Ва-Шор. Включения травертинов, появляющиеся в профиле на глубине 75 см, свидетельствуют о древнем воздействии гидротермальной системы. Для разр. 3 характерны плотные мелкие остатки травертинов размером 200 мкм (рис. 5а) с зубчатой границей выщелачивания; пористые фрагментированные травертины спаритово-микритового состава, подобные участкам ненарушенных обнажений травертинов размером до 1000 мкм (рис. 5б).

Первые включения карбонатов размером 200–400 мкм в зоне действия гидротерм появляются в разр. 2 (почва – глеезем



**Рис. 5.** Включения травертинов в профиле серогумусовой глинисто-иллювирированной почвы (XN): а – глубина 75–80 см; б – глубина 85–92 см.



**Рис. 6.** Карбонатные включения в почвах в зоне действия гиротерм (XN): а – глеезем перегнойный 32–39 см (тр – травертин, пл – плазма); б – серогумусовая глееватая почва 91–100 см (тр – травертин; д – обломок известняков нижнего девона).

*перегнойный*, находящаяся в непосредственной близости к источникам) на глубине 30 см. Они также состоят из плотно упакованного микрита (рис. 6а). Включения представляют собой остатки после растворения карбоната и приурочены к зонам повышенного содержания тонкодисперсного вещества (плазмы) глинисто-гумусового состава. С глубиной их размеры постепенно увеличиваются до 1000 мкм (рис. 6б), повторяя черты строения травертинов, контактирующих с моховым покровом и воздухом. Они не перекристаллизованы, но увеличена степень пористости по сравнению с ненарушенными образцами, а также появляются поры-каналы. Наиболее стабильными оказались ооиды, составляющие травертины. В разрезе серогумусовой глееватой остаточно-карбонатной почвы

отмечены растворяющиеся обломки карбонатов нижнего девона (рис. 6б) с характерной плотной микритовой упаковкой зерен, равномерным растворением карбоната с внешних сторон обломка, а также отсутствие железистых и глинистых пленок.

## ВЫВОДЫ

На основе особенностей микростроения травертинов вблизи современных гидротерм выявлен метаморфизм минерального вещества, а именно их перекристаллизацию и разрушение. В почвах, расположенных вне гидротерм, травертины при сопоставимых размерах и формах несут меньше признаков разрушения: мало пор, более плотная упаковка зерен, покрытие железисто-глинистыми кутанами. Разрушающее действие термальных вод проявляется путем перекристаллизации и растворения травертинов, в то время как зональные процессы ведут к механическому дроблению карбонатов на кристаллы (табл. 4).

Выделено три основных признака изменения травертинов: 1 – перекристаллизация, выражающаяся в укрупнении кристаллов карбоната кальция (характерен для стабильных условий в обнажениях); 2 – растворение – выщелачивание с образованием высокой внутренней тонкой пористости (характерен для разрушающихся травертинов в почвах вблизи современных гидротерм); 3 – физическое дробление плотных обломков с образованием пор-трещин между минералами (процесс физического разрушения обломков в почвах вне гидротерм). В случае выщелачивания травертинов наиболее устойчивой формой являются ооиды, что, видимо, связано с особенностями их биореминализации. На глубине 90 см размер и форма травертинов в представленных разрезах почв, кроме подбура оподзоленного, сопоставимы. По нашему мнению, это свидетельство того, что ранее гидротермальные воды осаждали травертин на большей площади урочища. В современной гидротермальной системе вблизи источников идет интенсивное разрушение свидетельств древней гидротермальной системы, существование которой предполагали исследователи ([Malov et al., 2015](#); [Любас, 2016](#)). Устойчивость травертинов в почвах к разрушению определялась исходной пористостью и наличием железисто-глинистых кутан на поверхности.

**Таблица 4.** Информативность микростроения травертинов

Процесс	Диагностические микропризнаки	Ссылка
Растворение карбоната	Зубчатая кайма на контакте с порами, большое количество внутренних пор	<a href="#">Croci, 2016;</a> <a href="#">Pentecost, 2005</a>
Чередование гидрологических и температурных условий при седиментации травертинов	Сочетание микрита, микро-спарита, спарита сопряжено со слоистостью или микроразнональностью материала	<a href="#">Pentecost, 2005</a>
Перекристаллизация, “старение” травертинов	Плотный материал спаритового состава в границах раковин моллюсков	<a href="#">Török, 2004</a>
Преобладание физико-химических процессов седиментации травертинов	Плотное строение карбоната кальция с выраженной субпараллельной ориентацией кристаллов (преимущественно сопряжено с наличием ламинарных слоев)	<a href="#">Brasier, 2011</a>
Биогенная инициация седиментации травертина	Высокая пористость и разнообразие форм сочетаний микрита и микро-спарита	<a href="#">Tomoyo et al., 2012;</a> <a href="#">Brasier, 2011</a>
Влияние диатомитовых водорослей и цианобактериальных нитей на седиментацию (процесс биореминерализации)	Ооиды	<a href="#">Wu et al., 2014</a>
“Консервация” травертинов – кутаны препятствуют проникновению влаги внутрь карбонатов, сохраняют их строение	Железисто-глинистые и глинистые кутаны на поверхности карбонатов и в порах-трещинах	<a href="#">Бронникова, Гаргульян, 2005</a>

Вне зоны современной активности термальных вод кутаны мощнее и содержат больше железа, чем вблизи гидротерм. Оба фактора затрудняют растворение карбонатов. Микроморфологический анализ особенностей строения травертинов в почвах урочища Пым-Ва-Шор позволяет подтвердить предположение И.В. Силаева (2008) о сравнительно недавнем омоложении системы: ранее существовала другая гидротермальная система, создавшая

травертиновые каскады, наблюдаемые сегодня. Современные гидротермы, несмотря на способность к формированию карбонатных образований, в большей степени разрушают следы былой активности, нежели создают новые.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бронникова М.А., Таргульян В.О.* Кутанный комплекс текстурно-дифференцированных почв на примере дерново-подзолистых суглинистых почв Русской равнины. М., 2005. 197 с.
2. *Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И.* Экология почв. Ч. 2. Разрушение почв. Дегумификация. Нарушение водного и химического режима почв. Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 2004. 54 с.
3. *Горячкин С.В.* Почвенный покров Севера (структура, генезис, экология, эволюция). М.: ГЕОС, 2010. 414 с.
4. *Евченко С.Б., Жеребцов И.Е., Кузнецов В.Ю., Максимов Ф.Е., Медведева А.А., Никитин М.Ю., Баранова Н.Г.* Генезис и геологический возраст травертиноподобных карбонатов Пудостского массива // Общество. Среда. Развитие (terraghumana). 2011. № 4. С. 231–236.
5. *Лепокурова О.Е.* Геохимия подземных вод Севера Алтае-Саянского горного обрамления, формирующих травертины: Автореф. дис. ... канд. геол. мин. наук. Томск, 2005. 21 с.
6. *Логвиненко И.В.* Петрография осадочных пород (с основами методики исследований). М.: Высшая школа, 1967. 404 с.
7. *Логвиненко Н.В., Орлова Л.В.* Образование и изменение осадочных пород на континенте и в океане. Л.: Недра, 1987. 237 с.
8. *Лопатовская О.Г.* Почвы зоны влияния минеральных источников предгорий Восточного Саяна // Почвоведение. 2009. № 8. С. 911-916
9. *Лопатовская О.Г., Тугарина М.А., Судакова Е.А., Чатта Е.Н., Данилова Э.В.* Некоторые аспекты комплексной оценки состояния экосистем минеральных источников центральной части Восточного Саяна // Биоразнообразии Байкальского региона. Тр. Иркут. гос. ун-та. Вып. 1. 1999. С. 43-51.
10. *Любас А.А.* Палеорекострукция среды обитания пресноводных моллюсков в неоген-четвертичных водотоках с экстремальными природными условиями. Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. СПб., 2016. 24 с.
11. Научно-прикладной справочник по климату СССР, серия 3 многолетние данные. Ч. 1–6. Вып.1. Архангельская, Вологодская области, Коми АССР. Л.: Гидрометеиздат, 1989. Кн. 1. 484 с.
12. *Романис Т.В., Лебедева М.П., Болотов И.Н.* Микроморфологическая диагностика современного гидротермального воздействия на почвы урочища Пым-Ва-Шор Большеземельской тундры // Материалы науч. конф.

“Почвы холодных областей: генезис, география, экология (к 100-летию со дня рождения профессора О.В. Макеева)”. Улан-Удэ, 2015. С. 30–31.

13. *Ртищева Е.В.* О рекогносцировочном обследовании минеральных вод и грязей на территории Коми АССР и Ненецкого национального округа Архангельской области (Минераловодская партия экспедиции 17-го района). Л.: Министерство геологии СССР, 1953. Т. 1. 83 л. Т. 2. 204 л. (Фонды Полярно-Уральского производственного геологоразведочного объединения, инв. № 1890)

14. *Силаев И.В., Чайковский И.И., Митюшева Т.П., Хазов А.Ф.* Современные карбонатные минерализации на испарительных и седиментационно-диагенетических изотопно-геохимических барьерах. Сыктывкар: Геопринт, 2008. 68 с.

15. *Фирстов П.П., Рашидов В.А., Мельникова А.В., Андреев В.И., Шульженкова В.Н.* Ядерно-геофизические исследования в природном парке “Нальчево” (Камчатка) // Вестник КРАУНЦ. Науки о земле. 2011. Т. 17. № 1. С. 91–101.

16. Функционирование субарктической гидротермальной экосистемы в зимний период / Под. ред. Боголицына К.Г., Болотова И.Н. Екатеринбург: УрО РАН, 2011. 252 с.

17. *Шванов В.Н., Трофимов В.Т., Сергеева Э.И. и др.* Систематика и классификация осадочных пород и их аналогов. СПб.: Недра, 1998. 352 с.

18. *Шварцев С.Л.* Общая гидрогеология. М.: Недра, 1996. 424 с.

19. *Швецов М.С.* Петрография осадочных пород. М.: Госгеолтехиздат, 1958. 412 с.

20. *Brasier A.T.* Searching for travertines, calcretes and speleothems in deep time // Processes, appearances, predictions and the impact of plants Earth-Science Reviews. 2011. V. 104. P. 213–239.

21. *Croci A., Porta G.D., Capezzuoli E.* Depositional architecture of a mixed travertine-terrigeneous system in a fault-controlled continental extensional basin (Messinian, Southern Tuscany, Central Italy) // Sedimentary Geology. 2016. V. 332. P. 13–39.

22. *D'Alessandro W., Giammanco S., Bellomo S., Parello F.* Geochemistry and mineralogy of travertine deposits of the SW flank of Mt. Etna (Italy): Relationships with past volcanic and degassing activity // J. Volcanology Geothermal Res. 2007. V. 165 (1–2). P. 64–70.

23. *Edmonds W.J., Martens D.C.* Influence of CaCO<sub>3</sub> dissolution and deposition on flood plain soils in the Valley and Ridge province // Travertine-marl: Stream Deposits in Virginia. 1990. V. 101. P. 163–176.

24. *Ford T.D., Pedley H.M.* A review of tufa and travertine deposits of the world // Earth-Science Reviews. 1996. V. 41 (3–4). P. 117–175.

25. *Gocke M., Kuzyakov Y.* Effect of temperature and rhizosphere processes on pedogenic carbonate recrystallization: Relevance for paleoenvironmental applications // *Geoderma*. 2011. V. 166 (1). P. 57–65.
26. *Hammer Ø., Dysthe D.K., Jamtveit B.* Travertine terracing: patterns and mechanisms // *Geological Society*. 2010. V. 336. P. 345–355.
27. *Malov A.I., Bolotov I.N., Pokrovsky O.S., Zykov S.B., Tokarev I.V., Arslanov Kh.A., Druzhinin S.V., Lyubas A.A., Gofarov M.Y., Kostikova I.A., Kriachunas V.V., Chernov S.B., Maksimov F.E., Bespalaya Yu.V., Aksenova O.V.* Modeling past and present activity of a subarctic hydrothermal system using O, H, C, U and Th isotopes // *Appl. Geochem*. 2015. V. 63. P. 93–104
28. *McFarland E.R., Sherwood W.C.* Massanetta variant soil series at Mount Crawford, Virginia // *Travertine-marl: Stream Deposits in Virginia*. 1990. №. 101. C. 151–163.
29. *Nduwumuremyi A., Ruganzu V., Mugwe J.N., Rusanganwa A.C.* Effects of Unburned Lime on Soil pH and Base Cations in Acidic Soil // *Soil Science*. 2013. URL:<http://dx.doi.org/10.1155/2013/707569>
30. *Özkul M., Varol B., Cicek M.C.* Depositional environments and petrography of the Denizlitravertines // *Miner. Res. Expl. Bull*. 2002. V. 125. P. 13–29
31. *Pedley H.M.* The Flandrian (Quaternary) Caerwys tufa, North Wales: an ancient barrage tufa deposit // *Proc. Yorks. Geol. Soc*. 1987. V. 46. P. 141–152
32. *Pentecost A.* Travertine. Germany: Springer-Verlag, 2005. 446 p.
33. *Pentecost A., Terry C.* Inability to demonstrate calcite precipitation by bacterial isolates from travertine // *Geomicrobiology J*. 1988. V. 6 (3–4). P. 185–194.
34. *Romanis T., Sinelnikov I., Hadyko I., Chirak E.* Analysis of bacterial and archeal communities in geothermal system Pymvashor // 16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM, June 28–July 6, 2016, Book 6. V. 1. P. 377–382.
35. *Tomoyo O., Chizuru T., Shiraishi F., Akmaluddin, Kano A.* Textural transition in an aragonite travertine formed under various flow conditions at PancuranPitu, Central Java, Indonesia // *Sedimentary Geology*. 2012. V. 265–266. P. 195–209.
36. *Török A.* Comparison of the process of decay of two limestones in a polluted urban environment // *Land Reconst. Management*. 2004. V. 3. P. 73–92.
37. *Viles H.A., Goudie A.S.* Tufas, travertines and allied carbonate deposits // *Progress in Physical Geography*. 1990. V. 14. P. 19–41.
38. *Wu C., Yi H., Hui B., Xia G., Ma X.* A new sediment type of coated grain: Oolitic sinter // *Science China: Earth Sciences*. 2014. V. 57 (9). P. 2013–2024.

## **THE DIVERSITY OF CALCAREOUS INCLUSIONS AND THE SPECIFICITIES OF THEIR TRANSFORMATION WITHIN THE SOILS OF THERMAL PYM-VA-SHOR AREA**

**T. V. Romanis, M. P. Lebedeva**

*V.V. Dokuchaev Soil Science Institute,  
Russia, 119017, Moscow, Pyzhevskii per. 7-2*

The calcareous inclusions in soils of Pym-Va-Shor (Nenets Autonomous District) are interesting due to the possibility of observation of ancient and present impact of thermal waters on the soil cover. The water mineralization 1.48 g/l, the content of hydrocarbonate-ion 0.15–0.16 g/l, pH 8.0–8.5, SAR 4.9–10.1 which allows them to form the travertines of calcareous composition (with the rate of 0.037–0.090 mm/year). The two types of calcareous inclusions are classified according to the macrostructure: first are the dense calcitic rocks from the early Devonian and Carbonic periods; the second are the porous travertines. The comparative analysis of microspecificities allowed us to observe the prevalence of grains of the cryptocrystalline and micritic calcite with specifically dense package. The solution specificities are marked precisely from the outer sides of pieces. There are always inclusions of foraminifera in rocks and there are no ferric and clay films specific for travertines of soil horizons. Travertines also show traces of mollusks shells and prevailing of sites with different size and density of calcite packing. Loose packed zones with crypto-grains (<5  $\mu\text{m}$ ), the coarser and more compactly packed crystals are located between them (5–35  $\mu\text{m}$  and >35  $\mu\text{m}$ ). The specificities of travertines microcomposition stipulate about the active microbial participation during their forming, along with participation of vegetation, and low expense of water with temperature about 30°C. We determined the microspecificities of travertines, reflecting the processes of their transformation in denudations and the soil profile: increase of calcite crystals (the process of recrystallization is specific for sustainable denudation conditions); forming of high internal fine porosity (the leaching process is specific for travertines decomposition in soils near modern thermal springs); cracky pores between minerals (the process of physical decomposition of inclusions in soils outside thermal springs). All of the studied soils, except the podzolized podbur, include the travertines similar in microstructure at the depth of 90 cm, which is a feature of the existence of the previous “older” and more powerful hydrothermal system.

*Keywords:* travertines microstructure, hydrothermal system, tundra, European North

## REFERENCES

1. Bronnikova M.A., Targul'yan V.O. *Assemblage of cutans in texturally differentiated soils*, Moscow, 2005, 197 p. (in Russian)
2. Val'kov V.F., Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I. *Ecology of soils. Part 2. Soils destruction. Dehumification. Violation of the water and chemical regime of soils*, Rostov-na-Donu, RGU Publ, 2004, 54 p. (in Russian)
3. Goryachkin S.V. *Soil cover of the North (patterns, genesis, ecology, evolution)*, Moscow, GEOS Publ, 2010. 414 p. (in Russian)
4. Evchenko S.B., Zherebtsov I.E., Kuznetsov V.Yu., Maksimov F.E., Medvedeva A.A., Nikitin M.Yu., Baranova N.G., Genesis and geological age of travertine-like carbonates of the Pudost massif, *Obshchestvo. Sreda. Razvitie (terrahumana)*, 2011, No. 4, pp. 231–236. (in Russian)
5. Lepokurova O.E. *Geochemistry of underground waters of the North of the Altai-Sayan mountain frame forming travertines*: Candidate's thesis, Tomsk, 2005, 21 p. (in Russian)
6. Logvinenko I.V. *Petrography of sedimentary rocks (with the basics of research methodology)* Moscow, Vysshaya shkola Publ, 1967, 404 p. (in Russian)
7. Logvinenko N.V., Orlova L.V. *Formation and alteration of sedimentary rocks on the continent and in the ocean*, Leningrad, Nedra Publ, 1987, 237 p. (in Russian)
8. Lopatovskaya O.G., Tugarina M.A., Sudakova E.A., Chatta E.N., Danilova E.V., Some integrated assessment aspect of the mineral springs ecosystems status in the central part of the Eastern Sayan, *Bioraznoobrazie Baikal'skogo regiona. Tr. Irkut. gos. un-t, biol.-pochv. fak.*, Irkutsk, 1999, V. 1, pp. 43–51 (in Russian)
9. Lopatovskaya O.G. Soils in the Zone Affected by Mineral Water Springs at the Foothills of the Eastern Sayan Ridge, *Eurasian Soil Science*, 2009. V. 42 (8), pp. 844–849. doi: 10.1134/S106422930908002X
10. Lyubas A.A. *Paleoreconstruction of the habitat of freshwater mollusks in the Neogene-Quaternary watercourses with extreme natural conditions*, Avtoref. dissert. na soiskanie uchenoi stepeni kand. geogr. nauk, Sankt-Peterburg, 2016, 24 p. (in Russian)
11. *Scientific and Applied Handbook on Climate of the USSR, Series 3 long-term data*, Vol.1, Arkhangel'skaya, Vologodskaya oblasti, Komi ASSR, Gidrometeoizdat, 1989, 484 p. (in Russian)
12. Romanis T.V., Lebedeva M.P., Bolotov I.N. Micromorphological diagnostics of hydrothermal impact on the soils (thermal area Pym-Va-Shor, Bolshezemelskaya tundra) // “Soils of cold regions: Genesis, geography, ecology (to the 100 anniversary from the birthday of Professor O. V. Makeeva)”, Ulan-Ude, 2015, pp 30–31. (in Russian)
13. Rtishcheva E.V. *On the reconnaissance survey of mineral waters and muds on the territory of the Komi ASSR and the Nenets national district of the*

- Arkhangelsk region* (Mineralovodskaya partiya ekspeditsii 17-go raiona). 1952. L.: Ministerstvo geologii SSSR, 1953, V. 1, 83 p., V. 2, 204 p. (Fondy Polyarno-Ural'skogo proizvodstvennogo geologorazvedochnogo obединeniya, inv. №1890)
14. Silaev I.V., Chaikovskii I.I., Mityusheva T.P., Khazov A.F. *Modern carbonate mineralizations on evaporative and sedimentation-diagenetic isotope-geochemical barriers*, Syktyvkar, Geoprint Publ, 2008, 68 p. (in Russian)
15. *Systematics and classification of sedimentary rocks and their analogs*, Spb., Nedra Publ., 1998, 352 p. (in Russian)
16. Firstov P.P., Rashidov V.A., Mel'nikova A.V., Andreev V.I., Shul'zhenkova V.N. Nuclear-geophysical studies in the "Nalychevo" nature Park (Kamchatka), *Vestnik KRAUNTS. Nauki o zemle*, 2011, No 17, p. 91–101. (in Russian)
17. *Functioning of subarctic hydrothermal ecosystem in winter*, Ekaterinburg, UrO RAN Publ., 2011, 252 p. (in Russian)
18. Shvartsev S.L. *General hydrogeology*, Moscow, Nedra Publ., 1996, 424 p. (in Russian)
19. Shvetsov M.S., *Petrography of sedimentary rocks*, Moscow, Gosgeoltekhizdat Publ., 1958, 412 p.
20. Brasier A.T. *Searching for travertines, calcretes and speleothems in deep time: Processes, appearances, predictions and the impact of plants* *Earth-Science Reviews*, 2011, V. 104, pp. 213–239
21. Croci A., Porta G.D., Capezzuoli E. Depositional architecture of a mixed travertine-terrigeneous system in a fault-controlled continental extensional basin (Messinian, Southern Tuscany, Central Italy), *Sedimentary Geology*, 2016, V. 332, pp. 13–39
22. D'Alessandro W., Giammanco S., Bellomo S., Parello F. Geochemistry and mineralogy of travertine deposits of the SW flank of Mt. Etna (Italy): Relationships with past volcanic and degassing activity, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 2007, V. 165, Issues 1–2, pp. 64–70.
23. Edmonds, W.J., Martens, D.C. Influence of CaCO<sub>3</sub> dissolution and deposition on flood plain soils in the Valley and Ridge province, *Travertine-marl: Stream Deposits in Virginia*, 1990, No. 101, pp. 163–176.
24. Ford T.D., Pedley H.M. A review of tufa and travertine deposits of the world, *Earth-Science Reviews*, *Earth-Science Reviews*, V. 41, Issues 3–4, 1996, pp. 117–175.
25. Gocke M., Kuzyakov Y. Effect of temperature and rhizosphere processes on pedogenic carbonate recrystallization: Relevance for paleoenvironmental applications, *Geoderma*, V. 166, Issue 1, 2011, pp. 57–65.
26. Hammer Ø., Dysthe D.K., Jamtveit B. Travertine terracing: patterns and mechanisms, *Geological Society*, London, Special Publications. V. 336, 2010, p. 345-355.
27. Malov A.I., Bolotov I.N., Pokrovsky O.S., Zykov S.B., Tokarev I.V., Arslanov Kh.A., Druzhinin S.V., Lyubas A.A., Gofarov M.Y., Kostikova I.A.,

- Kriauchiunas V.V., Chernov S.B., Maksimov F.E., Bepalaya Yu.V., Aksenova O.V Modeling past and present activity of a subarctic hydrothermal system using O, H, C, U and Th isotopes, *Applied Geochemistry*, V. 63, 2015, pp. 93–104.
28. McFarland E. R., Sherwood W. C. Massanetta variant soil series at Mount Crawford, Virginia, *Travertine-marl: Stream Deposits in Virginia*, 1990, No 101, pp. 151–163.
29. Nduwumuremyi A., Ruganzu V., Mugwe J. N., Rusanganwa A. C. Effects of Unburned Lime on Soil pH and Base Cations in Acidic Soil, *Soil Science*, V. 2013 (2013), Article ID 707569, URL:<http://dx.doi.org/10.1155/2013/707569>
30. Özkul, M., Varol, B. and Cicek, M.C. Depositional environments and petrography of the Denizlitravertines, *Miner. Res. Expl. Bull.*, 2002, V. 125, pp. 13–29.
31. Pedley H.M. The Flandrian (Quaternary) Caerwys tufa, North Wales: an ancient barrage tufa deposit, *Proc. Yorks. Geol. Soc.*, 1987, V. 46, pp. 141–152
32. Pentecost A. *Travertine*, Springer-Verlag Publ, Germany, 2005, 446 pp.
33. Pentecost A., Terry C. Inability to demonstrate calcite precipitation by bacterial isolates from travertine, *Geomicrobiology J.*, 1988, V. 6 (3–4), pp.185-194.
34. Romanis T., Sinelnikov I., Hadyko I., Chirak E. Analysis of bacterial and archeal communities in geothermal system Pymvashor // *16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2016*, June 28–July 6, 2016, Book 6. V. 1, pp. 377–382.
35. Tomoyo O., Chizuru T., Shiraishi F., Akmaluddin, Kano A., Textural transition in an aragonite travertine formed under various flow conditions at PancuranPitu, Central Java, Indonesia, *Sedimentary Geology*, 2012, V. 265–266, pp. 195–209.
36. Török A. Comparison of the process of decay of two limestones in a polluted urban environment, *Land Reconst. Management*, 2004, V. 3, pp. 73–92.
37. Viles H.A., Goudie A.S. Tufas, travertines and allied carbonate deposits, *Progress in Physical Geography*, 1990, V. 14, pp. 19-41.
38. Wu C., Yi H., Hui B., Xia G., Ma X. A new sediment type of coated grain: Oolitic sinter, *Science China: Earth Sciences*, 2014, V. 57, No. 9, pp. 2013–2024.

### **Ссылки для цитирования**

- Романис Т. В., Лебедева М. П. Разнообразие карбонатных включений и особенности их преобразования в почвах термального урочища Пым-Ва-Шор // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2018. Вып. 92. С. 16-34. doi: 10.19047/0136-1694-92-16-34
- Romanis T.V., Lebedeva M.P. The diversity of calcareous inclusions and the specificities of their transformation within the soils of thermal Pym-Va-Shor area, *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2018, Vol. 92, pp. 16-34. doi: 10.19047/0136-1694-92-16-34