

УДК 551.442

ИЗВЕСТКОВЫЕ ТУФЫ ДОЛГОРУКОВСКОГО КАРСТОВОГО МАССИВА В КРЫМУ

Самохин Г.В.

*Таврический национальный университет имени В.И.Вернадского, Симферополь,
Украина*

E-mail: gen-samokhin@yandex.ru

В пределах Долгоруковского массива описано 32 участка (из них 28 впервые) современных и четвертичных туфовых отложений. Кратко охарактеризованы геолого-гидрогеологические особенности Долгоруковского массива. Освещены основные механизмы образования туфов и приведена объединенная схема классификации туфов. Проведенные исследования туфов на Долгоруковском карстовом массиве установили наличие здесь автохтонных отложений рудитов по берегам рек, речные гуры, речные и озерные кальцитовые корки, болотные туфы. По микроструктуре выделяются туфы образованные мхами, карбонатные рафты, натечные туфы, пизолиты, «вспененная туфы». А также аллохтонные отложения в виде сцементированных туфами осыпей в долинах рек, аллювиальные и пролювиальные отложения образующие уступы в руслах рек по микроструктуре являющиеся пеллоидными интракластами. На основе анализа данных по исследованию туфов Долгоруковского массива, предложена система кадастрового учета туфовых отложений Крыма.

Ключевые слова: Карст, Крым, Долгоруковский массив, туф, туфовые площадки, классификация туфов

Известковые туфы являются существенным классом осадочных пород занимающих огромные площади в разных частях мира [20; 32; 33; 34; 36; 37]. На территории Горного Крыма туфовые отложения современного и четвертичного возраста также имеют достаточно широкое распространение [6].

Туфы использовались местными жителями, как отделочный камень еще в 18 веке. Известны факты локальных распилов туфов вблизи Красных пещер. Первые сведения в научной литературе о туфах Крыма и Долгоруковского массива опубликованы профессором Зайцевым А.М. в 1908 году [7]. В литературе [6; 9; 16] имеется описание четырех туфовых площадок расположенных в пределах Долгоруковского массива.

В формате данной работы мы рассмотрим данные в изучении более 32 новых участков туфообразования в пределах Долгоруковского массива (рис 1).

Долгоруковский карстовый массив входит в состав Восточных яйл Крыма. Согласно карстологическому районированию Горного Крыма Долгоруковская яйла относится к Долгоруковскому карстовому району Горно-Крымской карстовой области [3].

Для понимания особенностей формирования туфовых отложений вкратце приведем геолого-гидрогеологическую характеристику Долгоруковского массива.

В геологическом строении массива принимают участие ряд стратиграфических комплексов, разделенных крупными несогласиями. В основании разреза залегает терригенно-осадочные отложения верхнего триаса, нижней и средней юры. Они вскрыты буровыми скважинами и прослежен геофизическими методами [14].

Верхний комплекс, с несогласием налегающей на предыдущий, представлен известняками с прослоями песчаников и конгломератов. Он охватывает отложения верхней юры (титон) и незначительные по площади отложения нижнего мела (берриас), граница между которыми проходит севернее сел Опушки – Ивановка. Мощность верхнеюрских отложений к северу резко уменьшается вплоть до выклинивания. Нижнемеловые отложения прослеживаются за северную границу массива и далее в пределы равнинного Крыма [1]. В структурном отношении Долгоруковский массив сложен моноклинально залегающими пластами известняка. Углы падения уменьшаются с 20-30° на юге до 10-15° на северном макросклоне. Центральная и западная части массива имеют общий уклон к северо-западу.

На восточном блоке установлено наличие серии пластов северо-восточного простирания. Анализ этих данных позволяет выделить антиклинальное поднятие на восточной части массива которое контролирует дифференциацию подземного стока и разгрузку [12;13]. Верхний стратиграфический комплекс является главным водоносным горизонтом карстовых вод, основным пунктом разгрузки которого приурочены к источникам западного, северного и восточного бортов массива.

На плато расположена река Суботхан и малодобитный источник Ярмачокрак. Во время гидрогеологической съемки, выполненной Институтом минеральных ресурсов [14], было закартировано 286 выходов подземных вод в интервале высот 400-1030 м, из них 62 временных и 222 постоянных. Геолого-гидрологические факторы являются ведущими в формировании известковых туфов (травертинов) Долгоруковского массива.

Так как существует некоторая неопределенность в понятиях и терминах, используемых при описании туфовых отложений, дадим краткий исторический и терминологический обзор данной проблемы.

Термин «travertine» произошел от названия «lapis tiburtinus» - известкового строительного камня используемого в древнем Риме. Он встречается в многотомной работе Витрувия «Об архитектуре», поэзии Стация, работах Плиния [10; 11; 15]. Исторические месторождения травертина расположены возле источника Баньи ди Тиволи, в 20 километрах к востоку от Рима. Другой похожий по внешнему виду, но более мягкий камень распространенный в окрестностях Рима, известный как tufo, упомянут в то же историческое время и так же использовался для строительства, но относился к группе вулканических пород.

К 12 веку термин «туф» стал использоваться в Англии, Франции и Германии. Термин «Tuff», «tufa», «towfè» применяется как к вулканическим пеплам, так и к пресноводным, карбонатным отложениям.

В начале 19-ого столетия появились различные приставки, например, «Kalktuff», «tuf calcaire», «calcareous tufa». Авторы показывали различия между вулканическим пеплом и травертином. Можно встретить названия: spring limestone, spring chalk, calc, stream tufas, calc-sinter [31].

Большинство ученых используют понятие «травертин» в качестве термина, означающего все карбонатные биохемогенные отложения, а известковый туф – пористая разновидность травертиновых отложений источников. Термин «травертин», поскольку он произошел от названия породы добытой возле города

ИЗВЕСТКОВЫЕ ТУФЫ ДОЛГОРУКОВСКОГО КАРСТОВОГО МАССИВА В КРЫМУ

Тиволи, чаще используется в отношении более прочных разновидностей. Многие исследователи обозначают термином «туф» более мягкие породы [17; 18; 30; 35]. Сегодня к ним относятся широкий диапазон пресноводных речных и озерных карбонатных отложений. В научной литературе эти термины часто являются синонимами [30]. В данной статье мы также присоединяемся к подобной трактовке рассматриваемых терминов.

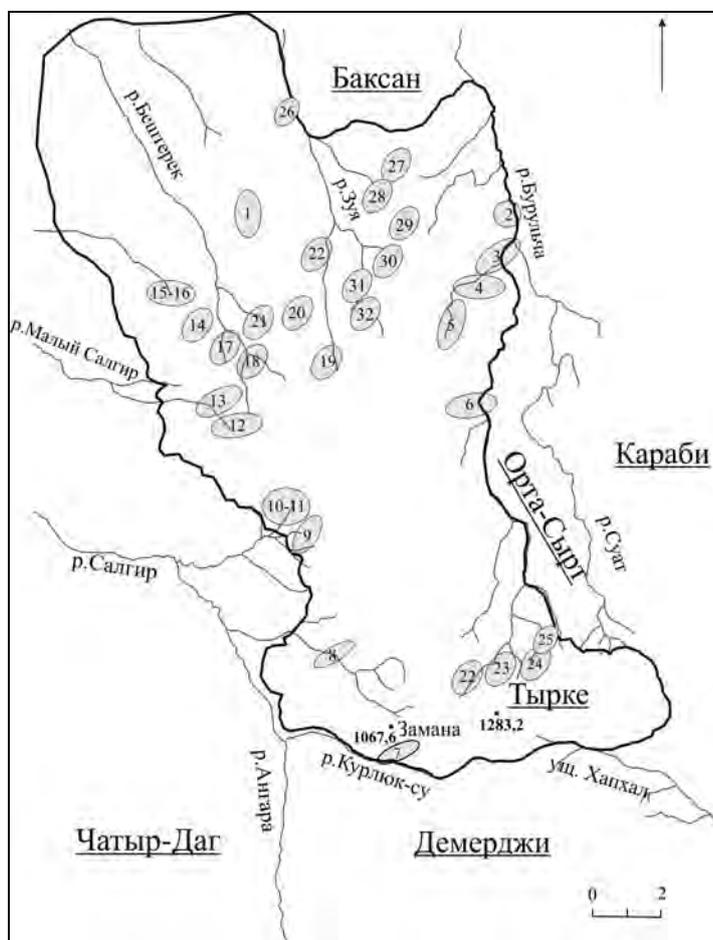


Рис. 1. Схема расположения туфовых отложений Долгоруковского массива.
1-32 порядковые номера туфопоявлений.

Многообразие типов известкового туфа обусловлено их генетическими особенностями. К основным условиям влияющих на формирования туфов можно отнести:

1. Геологические – наличие карбонатных пород, особенности залегания, трещиноватости и тектонических разломов.

2. Гидролого-гидрохимические – наличие, насыщенной карбонатом кальция воды, особенности водного объекта и его гидродинамики.

3. Геоморфологические – положение в рельефе (русло, склон, терраса и др.), влияние русловых и склоновых процессов, уклон земной поверхности.

4. Климатические и микроклиматические условия – преимущественно теплая и влажная внешняя среда.

5. Биологические – влияние живых организмов на формирование туфов

6. Антропогенные – туфы, как динамичные системы, активно реагируют на результаты человеческой деятельности

При пространственном и временном совпадении указанных условий могут возникать физико-химические барьеры, результатом которых является выпадение из раствора (водного потока) карбоната кальция с образованием соответствующих генетических форм рельефа. При определении седиментационной способности карстовых вод применима ...«третья и четвертая геохимическая ситуация имеющая геолого-геоморфологическое выражение в карбонатном карсте» [4].

В общем виде механизм образования туфов следующий - подземные воды выходят на дневную поверхность, находясь в определенном химическом равновесии. Травертин образуется в результате дегазации CO_2 и осаждения CaCO_3 . Следовательно, наиболее важным фактором является скорость дегазации CO_2 [30].

Дегазация CO_2 из подземных вод и выпадение из раствора CaCO_3 происходит при определенных условиях – а) если подземные воды выходят на поверхность и углекислый газ высвобождается на контакте раздела вода-воздух при последующем падении парциального давления; б) при перемешивании воды в больших и малых водопадах или порогах; в) при пленочном растекании воды по наклонным поверхностям; г) углекислый газ извлекается из воды растениями (мхи, печеночники, водоросли) или микроорганизмами (цианобактерии).

Особым случаем является смешивание карбонатных и сульфатных подземных вод. Растворимость CaCO_3 уменьшается в растворе, содержащем общий ион Ca^+ . Этот процесс называют «common-ion-effect» [29; 23], для Крыма не характерен.

К осаждению туфа на водопадах и перекатах приводят три взаимосвязанных процесса: эффект аэрации, турбулентное течение и понижение парциального давления. CO_2 Основными критериями служат ускорение скорости потока и увеличение границы раздела между воздухом и водой. Эти два параметра увеличивают скорость дегазации CO_2 и благоприятствуют осаждению CaCO_3 . Этот эффект назван "эффект водопада" и был смоделирован в лабораторных условиях. Полевые измерения химического состава воды рек также показывают, что осаждение туфа происходит только на участках водопадов и каскадов [36].

В связи с многофакторностью формирования туфов при их классификации используются три основные группы критериев (рис. 2):

1. Геохимические - по происхождению углекислого газа: метеогенное и термальное.
2. Морфолого-геоморфологические – по внешнему виду и положению в рельефе
3. По форме залегания и строению – текстура и структура туфов.

ИЗВЕСТКОВЫЕ ТУФЫ ДОЛГОРУКОВСКОГО КАРСТОВОГО МАССИВА В КРЫМУ

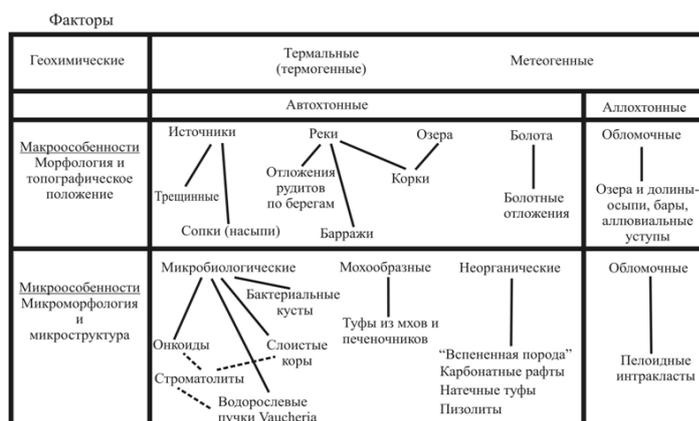


Рис. 2. Объединенная схема классификации травертинов по [27].

Формируясь в турбулентном русловом потоке, туф часто подвергается размыву. Как следствие, туфовые отложения содержат значительную долю обломочного материала (рис. 3). Выделяется пять типов туфов сложенных обломочными материалами [26; 19].

1. Фитокластовые туфы – туфовые корки образуются вокруг остатков растений.
2. Онколитовые туфы – округлые стяжения с концентрической слоистостью, сформированных вокруг сине-зеленых водорослей или бактерий и переотложенные на некоторое расстояние.
3. Интракластовые туфы – карбонатные обломочные образования, сцементированные известковым раствором
4. Микродетритовые туфы – морские озерные известковые туфы отлагающиеся на фрагментах раковин, скелетных частей животных или обрывков растений.
5. Пелитовые туфы – туфы сформированные вокруг глинистых частиц.

Особое влияние на отложения туфов оказывают мхи. Введен специальный термин «Cratoneurion» подчеркивающий воздействие мха *Cratoneuron commutatum* на формирование туфов. Водоросли и мхи представляют собой субстрат для отложения кальцита. Они также могут захватывать мелкие обломки породы, ускоряя осаждение туфа. Испарение может привести к пересыщению в поверхностном слое воды и вызывать осаждение растворенного CaCO_3 , но количество таких отложений относительно невелика [36].

Образованию травертинов также способствует богатая лесная растительность, которая интенсивно поглощая углекислый газ снижает парциальное давление атмосферного CO_2 . В некоторых случаях туф является результатом кальцификации биопленок образованных цианобактериями (строматолитовые образования). Формирование микробиологического карбоната кальция зависит от индекса насыщенности, который определяется значением pH и активностью ионов Ca^{2+} , CO_3^{2-} и появление внеклеточных полимерных веществ EPS (extracellular polymeric

substances). EPS содержащие карбоксильные и/или гидроксильные группы ускоряют связывание катионов, что и приводит к осаждению CaCO_3 . Скорость роста строматолитоподобных структур составляет 1,8 мм в год [20; 37].

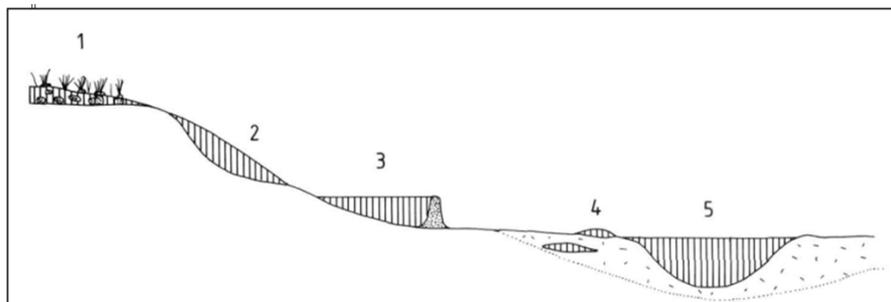


Рис. 3. Схема-разрез форм аллохтонных травертиновых отложений: 1) болотные комплексы, 2) склоновые отложения, 3) отложения находящиеся выше гуровых плотин, 4) пойменные бары, 5) заполненные травертином долины [27].

Проведенные исследования туфов на Долгоруковском карстовом массиве установили наличие здесь автохтонных отложений рудитов (состоящих из аллохемов величиной более 1 мм) по берегам рек, речные гурь, речные и озерные кальцитовые корки, болотные туфы. По микроструктуре выделяются туфы образованные мхами, карбонатные рафты, натечные туфы, пизолиты, «вспененная туфы». А также аллохтонные отложения в виде сцементированных туфами осыпей в долинах рек и аллювиальные уступы по микроструктуре являющиеся пелоидными интракластами.

Особое место в морфологическом разнообразии туфопроявлений занимают так называемые «туфовые площадки» [6], приуроченные к выходам карстовых вод. По генетическому типу слагающих их туфов они относятся к комплексным образованиям. В исследуемом регионе насчитывается 8 туфовых площадок.

К ранее известным туфовым площадкам - возле пещеры Красная и Грифон, в урочище Васильки (в среднем течении), у источника Крестовый добавлены новые – в верховьях Васильковской балки, возле пещеры Алешина вода, в верховьях реки Бурульча на границе с массивом Тырке, в среднем течении реки Зуя, возле Балановского водохранилища.

Ниже приводится краткое описание карбонатных туфов расположенных в пределах Долгоруковского массива (нумерация соответствует номерам на рисунке 1).

1. Русло балки Матайская, левый притоке Зуи. По днищу балки протекает ручей, истоком которого является одноименный карстовый источник воды с расходом 5 л/с. Туфообразование начинается в 15 метрах ниже выхода подземных вод и продолжается в русле на протяжении около 400 метров. Туфы представлены каскадом барражей - гуровых плотин, мощностью до 0,5 и шириной до 3 метров. Ниже по течению встречены переотложенные пелоидные интракластовые туфовые

ИЗВЕСТКОВЫЕ ТУФЫ ДОЛГОРУКОВСКОГО КАРСТОВОГО МАССИВА В КРЫМУ

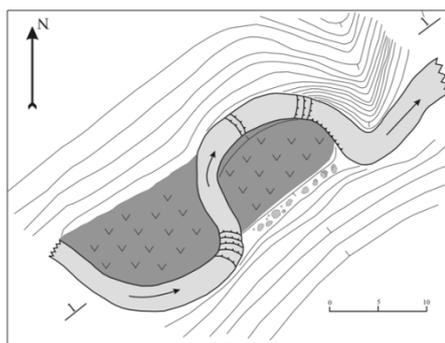
образования связанные с размывом паводковыми водами и последующей аккумуляцией.

2. Русло реки Бурульчи, между балкой Домуз-джилга (Балабан-токуш) и урочищем Васильки. В левом борту рассеянный выход воды с расходом около 1 л/с. Формируются современная, слабонаклонная с нечеткими границами туфовая плотина, имеющая размеры 3 на 15 метров. Выход воды рассеянный. Мощность туфовых отложений достигает 0,1-0,2 метра. Отмечается сочетание туфов образованных мхами и интракластовых отложений (глинисто-песчаные частицы, сцементированные известковым раствором).

3. Урочище Васильки – левый приток реки Бурульча. От места впадения в Бурульчу вверх по балки на протяжении более 1000 метров происходит интенсивное отложение современных туфов, мощностью до 1,5 метров. Ширина русла занятого травертином 15-17 метров. Встречаются туфы, сформированные мохообразными, отложениями рудитов по берегам и речные барражи.

4. В средней части Васильковской балки расположена сильно размытая туфовая площадка - «Васильки средняя» (рис.3). Впервые упоминается в работе В.Н. Дублянского [6]. Мощность туфовых отложений достигает 6 метров. Площадь около 170 м². Площадка испытала повторный размыв современным водным потоком, в русле которого формируются каскады молодых травертиновых отложений барражного типа. Помимо речных барражей в составе площадок имеются натечные туфы и карбонатные рафты. Туфы имеют моховидную структуру.

5. В верховьях Васильковской балки обнаружен участок самых древних туфовых отложений - площадка «Васильки верхняя», поросшая густым буковым лесом. Мощность туфовых отложений более 7 метров, площадь более 1200 м². (Рис. 4). Современный источник представляет собой рассеянный выход воды сквозь коллювиальные отложения. Верхней точкой разгрузки является пещера-источник Васильки. Высота входа над уровнем моря составляет 529 м, что на 80 метров выше русла Бурульчи при впадении Васильковской балки. Протяженность пещеры составляет около 50 метров. В дальней части пещеры расположен небольшой зал с сифонным озером. Четвертичные отложения в восточной части испытали частичный размыв временными водотоками/ Туфы представлены барражами, состоящими из русловых плотин, а также поверхностно сцементированными рудитами.



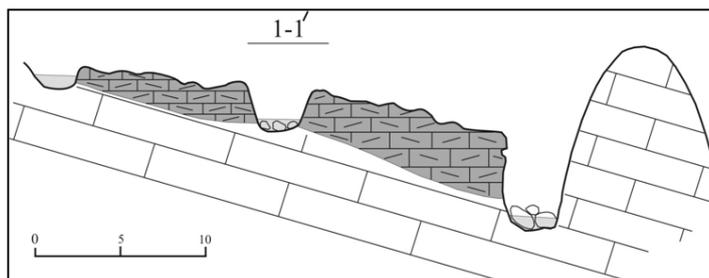
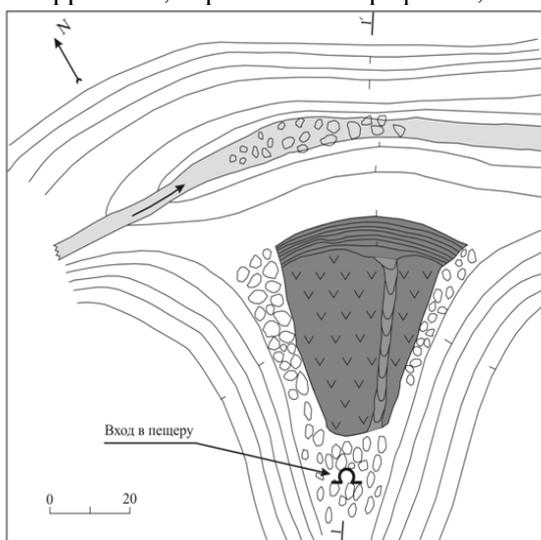


Рис. 4. Схема четвертичных травертиновых отложений площадки «Васильки-средняя».

6. Среднее течение реки Бурульча, в районе вершины Колан-баир, возле источника Крестовый. Туфовые отложения залегают от места слияние левого притока с руслом реки Бурульчи и вверх по склону вплоть до выходов воды из глыбового завала (рис 5). Площадка впервые описана В.Н. Дублянским [6]. В межень в тыльной части площадки действует два источника. В паводок 7-8 источников. Паводковый сброс осуществляется через крупноглыбовый развал камней, за которым расположена пещера-источник, протяженностью более 500 метров. В межень данный источник является основным истоком реки Бурульча. Расход воды источника составляет около 40-50 л/с. На данном участке имеются как травертины четвертичного возраста, так и современные туфовые отложения. Четвертичные туфовые отложения занимают площадь около 600 м². и образуют вертикальный уступ к руслу реки Бурульчи высотой до 6 метров. Современные отложения представлены туфами сформированными при участии мхов и переотложенных интракластовых обломочных отложений. Хорошо прослеживаются барражи в виде гуровых плотин высотой до 1,5 метров. Четвертичные туфы представлены древними барражами, карбонатными рафтами, натечными туфами.



ИЗВЕСТКОВЫЕ ТУФЫ ДОЛГОРУКОВСКОГО КАРСТОВОГО МАССИВА В КРЫМУ

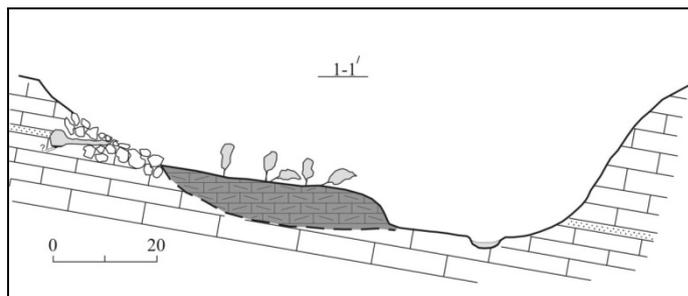


Рис. 5. Схема четвертичных травертиновых отложений площадки «Васильки-верхняя».

7. Южный склон горы Замана, правый приток реки Курлюк-су. В верховьях балки расположен небольшой источник, с расходом менее 0,1 л/с. Туфы расположены вдоль тальвега балки, представлены речными барражами и сцементированными аллювиальными отложениями. Протяженность туфовых отложений около 100 метров при ширине не более 5 метров. Имеют структуру натечных туфов, карбонатных рафтов и пизолитов. Обломочные отложения представлены пеллоидными интракластами. На некоторых участках отмечены поверхностно-сцементированные рудиты (щебень и каменистые осыпи).

8. Балка Малинная – правый приток реки Ангара. Изученные отложения туфа расположены на 50 метров выше источника «Малиновый звон» в пересыхающем русле на протяжении около 70 метров. Ширина – 2-3 метра. Формируются на днище долины и на щебнистых осыпях склонов в виде поверхностно-сцементированных рудитов и гуровых плотин с моховидной структурой.

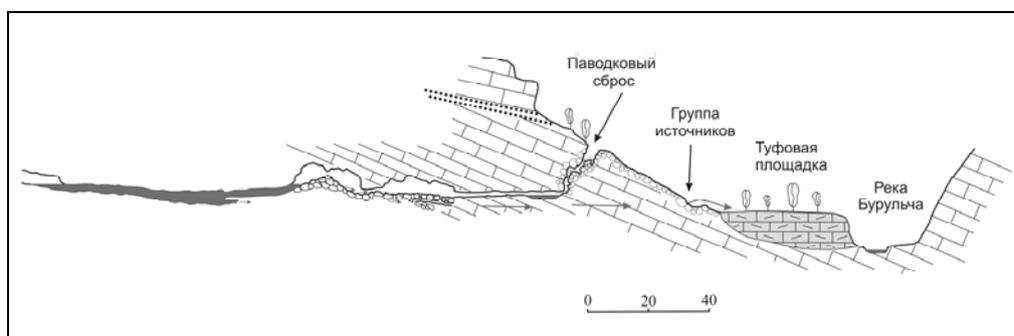


Рис. 6. Схематический профиль: источник Крестовый – Туфовая площадка – река Бурульча.

9. Урочище Ашлама в районе источника Алешина Вода. Ширина отложений 15-20 метров, протяженность 120 метров. Мощность отложений до одного метра. Травертиновые отложения четвертичного возраста образуют систему каскадов и небольших туфовых площадок. Современное отложение туфов не происходит.

10. Туфовая площадка возле пещеры Грифон (район Красной пещеры) Тыльная часть площадки сильно размыта, в результате чего она имеет форму сравнительно обособленного массива. Видимая мощность туфов составляет 5-7 метров. В основании туфовой площадки расположена горизонтальная пещера протяженностью около 8 метров. Туфы комплексного типа. Представлены карбонатными рафтами, натечными туфами в сочетании с туфами сформированными при участии мохообразных.

11. Туфовая площадка Красных пещер, детально описана в литературе [6; 9; 16]. Нами впервые отмечено, что туфовые отложения расположены в двух уровнях: верхний сильно денудирован и представлен отдельными фрагментами блоков травертинов мощностью до трех метров, нижний – непосредственно сама туфовая площадка. Отдельно расположены линейно вытянутые туфовые отложения вдоль основания северо-восточного эскарпа. Представлены туфами комплексного типа.

12.13. Иванова балка, в районе села Дружное на западном склоне Долгоруковского массива. В пределах балки отмечены два участка современных туфовых русловых отложений. Первый от места слияния безымянного правого притока с рекой Малый Салгир вверх по течению более чем на 200 метров. Второй – в верховьях реки Малый Салгир. Формирование туфов происходит при участии мхов и интракластовых отложений (глинисто-песчаные частицы сцементированные известковым раствором).

14. Верховье реки Бештерек. В истоках реки имеются современные отложения туфов, в виде гуровых плотин. Ширина 1-3 метра, протяженность 25 м, максимальная мощность около полуметра. Происходит интенсивная кальцификация растительных остатков и мхов. Образуются флювиальные поверхностные корки и частично сцементированные онколиты.

15. Верховья балки Терендаирская (в районе сел Ивановка – Денисовка). Площадь туфов около 5 м². Приурочены к выходу малобежитного источника, сложены пеллитовыми интракластами и туфами сформированными при участии мохообразных.

16. Среднее течение балки Терендаирская (в районе сел Ивановка – Денисовка). Вода выходит из развала камней, где устроен примитивный каптаж в виде железной трубы. Протяженность отложений 50 метров, ширина 1-1,5 метра. Мощность 3-5 см. Туфы русловые интракластовые в основном аллохтонного происхождения.

17. Источник "Тюфек-Алан" (исток Бештерек). Каптаж: пять бетонных корыт размером 5x1,5 каждое, глубина 0,4 м. К корытам из источника ведет железная труба. Вода выходит из источника выложенного бетонными плитами. Туфовые отложения мощностью до 0,6 м. начинают образовываться в 16 метрах ниже источника. Площадь туфа 50-70 м². Туфы натечные, пизолиты. Формируются гуровые плотины.

18. Среднее течение реки Бештерек. Отложения туфа возле источника выходящего в русле реки из-под скального обнажения. Мощность 0,1 м., площадью около 2 м². Туфы образованы при участии мохообразных.

ИЗВЕСТКОВЫЕ ТУФЫ ДОЛГОРУКОВСКОГО КАРСТОВОГО МАССИВА В КРЫМУ

19. Исток реки Зуя. Источник начинается из пещеры Ларисанина. Небольшие отложения сильно размытого туфа. Площадь туфа около 3 м². Туфы образованы при активном участии мхов, а также представлены интракластовыми пелоидами.

20. Русло реки Зуя. Источник в левом борту, возле уступа 1,7 метра. В основании уступа расположен пласт конгломерата. Вода выходит по кровле пласта конгломерата из глыбового завала, задернованного коричневыми лесными почвами. На уступе слой современных туфовых отложений мощностью 0,5-1 см. Ниже по течению отмечено 5 прорванных туфовых плотин мощностью 0,3-0,4 м. Ширина русла перегороженного плотинами 2-3 метра, высота плотин 0,4 м. Ширина плотин – 0,2 м. Имеются автохтонные и аллохтонные отложения. Туфы имеют натечную и пизолитовую структуру

21. Родник Круглый фонтан на реке Бештерек. Каптаж - прямоугольное корыто – полуразрушенная кладка из ракушечника. Примерно через 20 метров ниже по течению появляются туфовые отложения. Далее, вплоть до слияния с основным руслом реки на протяжении около 1,5 километров по руслу располагаются туфовые плотины высотой до 2,5 м, мощностью до 1 м, шириной до 3,5 м. Между плотинами скопления интракластовых отложений.

22. Первый левый приток реки Зуя. Рассеянный выход воды сквозь аллювиальные отложения в тальвеге балки. Ширина выходов шесть метров. Туфовые отложения появляются в 50 метрах ниже источников. Вниз по течению на протяжении около 600 метров отмечены как автохтонные туфовые плотины (гуры), так и обильные аллохтонные отложения туфов - как продукт разрушения туфовых плотин и вторичной кальцификации.

23. Верховья реки Бурульча, на склонах массива Тырке. Сухое русло реки имеет многочисленные меандры по дну долины. Дно долины плоскостное, шириной 70-100 метров. От места впадения до истока отмечены выходы рыхлого туфа, мощностью до 20 см. Ширина русла составляет 1,5 метра. По структуре преобладают карбонатные рафты, пизолиты и туфы сформированные при участии мохообразных.

24. Верховья реки Бурульча на границе с массивом Тырке. Туфы отмечены возле источника, выходящего из крупноглыбового завала. От истока до впадения в основное русло на протяжении около 300 метров обильные отложения современного и четвертичного туфа. Ширина туфовых плотин около 20 метров. Высота плотин до 1 метра. Отложения древнего, четвертичного туфа расположены на 3-4 метра выше современного водотока. По морфологии преобладают речные барражи, по текстуре – туфы из мхов, пизолиты и натечные туфы. Автохтонные четвертичные туфы имеют натечную структуру и морфологию сформированную мохообразными. Аллохтонные туфы имеют структуру пелоидных интракластов.

25. Южная часть Долгоруковского массива на границе с Тырке в верховьях реки Бурульча. На субгоризонтальном участке склона, сквозь почвенный покров имеется площадной, рассеянный выход воды диаметром около 5 метров. Образуются своеобразные болотные туфовые отложения. Туфы онколитовые, представлены в виде отдельных зерен, сформированные при кальцификации растительных остатков.

26. Среднее течение реки Зуя, выше Балановского водохранилища, склон долины. Погребенные древние туфовые отложения, вскрытые при постройке дороги. Современный водоток отсутствует. Туфы сильно преобразованы процессами физического выветривания. Видимая мощность около 2 метров. Площадь 50 м². Туфы представлены карбонатными рафтами и натечными туфами.

27. Источник в среднем течении русла реки Зуя. Расход воды 0,5 л/с. Туфовые отложения встречаются эпизодически непосредственно в русле реки. Мощность туфов до 0,2 м. Имеют интракластовую структуру.

28. Долина реки Зуя. На данном участке река имеет подрусловой сток. В сухом русле представлены натечные туфы, интракластовые и туфы плотины - барражи. Ширина плотин до 6 метров, высота до 1,5 метров.

29. Источник в левом притоке долины реки Зуя. Вода выходит из развала камней. Расход около 2 л/с. Туфы появляются в 10 метрах от источника. Представлены в основном интракластовыми отложениями.

30. Источник «Чешме». Верхнее течение долины реки Зуя. Выходит из-под бетонной стенки длиной 2 метра, высотой 0,4 м. В основании асбестовая труба и бетонный колодец прямоугольной формы. Глубина колодца 0,6 м, ширина 0,7 м, длина 1 м. Туфовые отложения представлены плотинами - барражами. Высота плотин до 0,3 м. Ширина плотин 5-6 метров. Отложения отмечены на расстоянии до 20 метров от источника.

31. Источник в левом борту долины реки Зуя. Имеются туфовые площадки в двух уровнях. Верхняя площадка на высоте 7 метров над руслом, нижняя - 3 метра. Ширина площадок 8 метров, высота уступа 4 и 3 метра соответственно. Далее, вниз по руслу на протяжении около 2 км имеются туфовые плотины барражи шириной до 5 метров, высотой до 1 метра.

32. Четвертичная туфовая площадка. Высота 4 метра. Ширина 10 метров. Представлена натечными туфами, плотинами - барражами. Имеются небольшие пещеры и каверны. Современный водоток отсутствует.

Таким образом, детальное исследование туфов Долгоруковского массива показало значительно более широкое распространение этих образований, чем представлялось ранее. Несомненно, исследование других карстовых массивов расширит географию распространения туфов, что приведет к решению вопросов их типизации, возраста и генезиса. Одной из главных задач является разработка, составление и ведение генерального кадастра туфовых образований Горного Крыма. Для унификации данных по карстовым объектам Крыма мы предлагаем вести кадастровый учет туфовых отложений на основе разработанной совместно Украинской спелеологической ассоциацией и Украинским институтом спелеологии и карста структуры кадастра пещер Крыма [8]. Для ведения кадастрового учета рекомендуется применять специальную программу SpeleoBase.

Кадастр представляет собой компьютерную базу по сбору, и хранению данных связанных с идентификацией и местоположением туфовых отложений, их морфологическую характеристику, включающую морфографические и морфометрические показатели; характеристика возраста и генезиса, описание геологических и гидрологических характеристик (тип водоявлений, расход

ИЗВЕСТКОВЫЕ ТУФЫ ДОЛГОРУКОВСКОГО КАРСТОВОГО МАССИВА В КРЫМУ

воды, температура, рН), описание растительности (особенно мохообразных), животного мира (ракообразных и др.), почвенного покрова. А также обозначить рекомендации по определению охранного статуса. В полевых условиях и обзорных работах возможно применение упрощенной таблицы кадастрового учета туфовых отложений Крыма (табл. 1).

Таблица 1.

Упрощенная таблица кадастрового учета туфовых отложений Крыма.

| Кадастровый номер | Местоположение | | Морфология | | | | Возраст | Генезис | | | |
|--------------------|--|--------------------------------|---|---------|----------------|--------------|---------|------------------------|----------------|--|-----------------------------|
| | Географические координаты и высота над уровнем моря. | Относительно элементов рельефа | Морфография (внешний вид, условия залегания и текстура) | Площадь | Длина | Ширина | | | Мощность | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
| Гидрология | | | | | Растительность | Животный мир | Почвы | Топографическая съемка | Наличие пещеры | Охранный статус (имеющийся или предполагаемый) | Дата регистрации в кадастре |
| Тип водопроявлений | Расход воды | Температура | Минерализация | рН | | | | | | | |
| 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |

Составление и ведение кадастра туфовых отложений Крыма является ключом для понимания геологической основы туфообразования, выявления закономерностей их седиментации, определения возраста и необходимых охранных мероприятий. Насыщенная карбонатом кальция, вода и гидродинамические особенности участков туфообразования маркируют разломные зоны, что является важным дополнением в изучении тектоники и неотектоники региона. Кроме этого, как показывает мировой опыт, в ареалах распространения травертинов наблюдается высокая концентрация эндемичных видов растений [21; 25].

Помимо научного значения, известковые туфы Горного Крыма, являясь уникальными геолого-био-геоморфологическими памятниками природы, могут служить интересными экскурсионными объектами.

Список литературы

1. Амеличев Г.Н. Спелеогенез в меловых и эоценовых отложениях долин рек Зуя и Бурульча (восточная часть Предгорного Крыма) / Амеличев Г.Н., Климчук А.Б., Тимохина Е.И. // Спелеология и карстология - № 7. – Симферополь. – 2011. С. 52-64.
2. Вахрушев Б.А. Карстовый геоморфогенез Крымско-Кавказского горно-кавказского региона : автореф. дис. на соискание научн. степени доктора геогр. наук. / Б.А. Вахрушев. - Киев, 2004.-38 с.
3. Вахрушев Б.А. Районирование карста Крымского полуострова / Б. А. Вахрушев // Спелеология и карстология, – Симферополь, 2009. - №3. - С. – 39-46.
4. Вахрушев Б.А. Роль гидрохимических превращений в карстовом геоморфогенезе / Б. А. Вахрушев // Спелеология и карстология., - Симферополь, 2010. - № 4. – С. 33-43.
5. Ведь И.П. Климатический атлас Крыма / Ведь И.П. – Симферополь: Таврия плюс, 2000. – 120с.
6. Четвертичные известковые туфы Горного Крыма / [Дублянский В. Н., Баженова Л. Д., Башкин А. И., Тесленко Ю. В.] ; – К, 1982. – 33 с. (Препринт ИГН АН УССР 82-3).
7. Зайцев А.М. О новой туфовой пещере близ деревни Кизил-Хоба. / Зайцев А.М. // Записки Крымско-Кавказского горного клуба. 1908. - №1, - с.27-28.
8. Кадастр пещер Украины: методические материалы и перечень [А.Б.Климчук, Г.Н.Амеличев, В.Андрас и др.]. - Симферополь, 2008.- 75с.
9. Красная пещера. Опыт комплексных карстологических исследований / [Дублянский В.Н., Вахрушев Б.А., Амеличев Г.Н., Шутов Ю.И.] - Москва: РУДН, 2002. - 170 с.
10. Михайлов Б. П. Витрувий и Эллада: Основы античной теории архитектуры. / Б.П.Михайлов— М.: Стройиздат, 1967. — 280 с.
11. Плиний Старший. Естествознание. Об искусстве / Плиний Старший ; [пер. с лат., пред. и прим. Г.А. Тароняна]. Отв. ред. Ю.К. Колосовская. - М., Ладомир, 1994. - Серия "Античная классика". - 941с.
12. Самохин Г.В. Новейшие карстолого-спелеологические исследования массива Долгоруковская яйла / Г.В. Самохин // Ученые записки ТНУ м. В.И. Вернадского; сер. География. Том 23 (62). - 2010а. - № 1. - С.69-77.
13. Самохин Г.В. Спелеологические исследования Долгоруковского массива (Крым) / Г.В. Самохин // Свет, 2010б. - №36, - С. 32-35.
14. Отчет по комплексному изучению условий развития карста и формирования карстовых вод Долгоруковского массива для оценки прогнозирования данных процессов Министерство геологии СССР. Институт минеральных ресурсов / [Суховий Н.М., Башкин А.И., Пивоваров С.В. и др.]. – Симферополь. - 1986. - 181 с.
15. Шичалин Ю.А. Публий Папиний Стаций — гениальный поэт в бездарную эпоху / Ю.А. Шичалин // Стаций. Фиваида. М. - 1991. - С. 227—259.
16. Щепинский А.А. Красные пещеры / А.А. Щепинский – Симферополь: Таврия, 1983. – 79 с.
17. Burger, D. The travertine complex of Antalya, Southwest Turkey. // Zeitschrift fur Géomorphologie. N.F. 1990. – N 77. – P. 25-46.
18. Flugel, E. Microfacies Analysis of Limestones. Springer Verlag, Berlin, 1982. - 575 p.
19. Ford, T. D., Pedley, H. M. A review of tufa and travertine deposits of the world // Earth-Science Reviews, 1996. - v. 41. - P. 117-175
20. Gradziński M. Factors controlling growth of modern tufa: results of a field experiment // Geological Society, London, Special Publications January 1, 2010. - v. 336. - P. 143-191.
21. Heery S. A survey of tufa-forming (petrifying) springs in the Slieve Bloom, Ireland. A Report for Offaly & Laois County Councils Part 1 Main report, 2007. – 55 p.
22. Horvatincic N., Calic R., Geyh M.A. Interglacial Growth of Tufa in Croatia.// Quaternary Research, Academic Press. V. 53, N. 2. - 2000 , P. 185-195.
23. Ordonez, S., Gonzalez, J.A. and Garcia del Cura, M.A. Pétrographie et morphologie des édifices tuffeux quaternaires du centre de l'Espagne. 1986. - Méditerranée 1-2. – P. 52-60.
24. Parks, E. M. Travertine-Tufa. - 2004. Deposits, [http\webpub.byu.net/parkseimages Tufa.pdf](http://webpub.byu.net/parkseimages/Tufa.pdf)

ИЗВЕСТКОВЫЕ ТУФЫ ДОЛГОРУКОВСКОГО КАРСТОВОГО МАССИВА В КРЫМУ

25. Parusel J. B. Monitoring of the habitat of petrifying springs with tufa formation in the Cieszyskie rod a Tufowe Natura (Cieszyskie Foothills, southern Poland). Scripta Facultatis Rerum Naturalium Universitatis Ostraviensis, 2008. – P. 301-308.
26. Pedley, H.M. Classification and environmental models of cool freshwater tufas. // Sedimentary Geology, 1990. – N 68. – P. 143-154
27. Pentecost A., Heather Viles H. A Review and Reassessment of Travertine Classification // Géographie physique et Quaternaire, 1994. - V. 48. - N 3. - P. 305-314.
28. Pentecost, A. The Quaternary Travertine Deposits of Europe and Asia Minor. // Quaternary Science Reviews. – 1995. - Vol. 14. P. 1005-1028.
29. Pentecost, A. British travertines: A review. Proceedings of the Geologists Association, 1993. – N. 104. - P. 23-39.
30. Pentecost, A. Travertine, Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers Group. 2005. – 446 p.
31. Praeger, R.L. Note on Plate 12. Irish Naturalist XIII, 1904. – 213 p.
32. Sallun Filho, W. & Karmann, I. Geomorphological map of the Serra da Bodoquena karst, west-central Brazil. Journal of Maps, 2007. – P. 282-295.
33. Tena V.L., Marcen C.S., Monne J.L.P. Las Formaciones Travertinicas de la cuenca alta del Rio Mijares (Provincia de Teruel). Teruel. 87 (I). 1999. - P. 69-91.
34. Tunoglu C., Ertekin İ.K. Subrecent Ostracoda Associations and the Environmental Conditions of Karstic Travertine Bridges on the Zamanti River, Southern Turkey // Geological Bulletin of Turkey V. 51, N. 3, December 2008. - P. 151-171.
35. Vaudour J. Introduction à l'étude des édifices travertineux holocènes // Méditerranée, (1-2), 1986. - P. 3-10.
36. Zhang D.D, Zhang Y, An Zhu A., Cheng X. Physical Mechanisms of River Waterfall Tufa (Travertine) Formation. Journal of Sedimentary Research January 2001. - V. 71. - P. 205-216.
37. Zippel B., Neu T. R. Characterization of Glycoconjugates of Extracellular Polymeric Substances in Tufa-Associated Biofilms by Using Fluorescence Lectin-Binding Analysis // Appl. Environ. Microbiol. January. – 2011. V. 77. - N. 2. - P. 505-516.

Самохін Г.В. Вапняні туфи Долгоруковського карстового масиву в Криму / Г.В. Самохін // Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія : Географія. – 2013. – Т. 26 (65), № 4. – С. 111–128.

У межах Довгоруківського масиву описано 32 ділянки (з них 28 вперше) сучасних та четвертинних туфових відкладень. Коротко охарактеризовані геолого-гідрогеологічні особливості Довгоруківського масиву. Висвітлено основні механізми утворення туфів та приведена об'єднана схема класифікації туфів. Проведені дослідження туфів на Долгоруковський карстовому масиві встановили наявність тут автохтонних відкладень рудитов по берегах річок, річкові гури, річкові та озерні кальцитові кірки, болотні туфи. За мікроструктурою виділяються туфи освічені мохами, карбонатні рафти, натічні туфи, пізоліти, «спінени туфи». А також алохтонні відкладення у вигляді зцементованих туфами осипів в долинах річок, алювіальні і пролювіальні відкладення утворюють уступи в руслах річок по мікроструктурі є пелюїдний інтракластами. На основі аналізу даних з дослідження туфів Довгоруківського масиву, запропонована система кадастрового обліку туфових відкладень Криму.

Ключові слова: Карст, Крим, Долгоруковський масив, туф, туфові майданчики, класифікація туфів

**CARBONATE TUFA DOLGORUKOVSKY KARST MASSIFS IN THE
CRIMEA**

Samokhin G.V.

*Taurida National V.I. Vernadsky University, Simferopol, Crimea, Ukraine
E-mail: gen-samokhin@yandex.ru*

The Dolgorukovsky karstic massif is a part East mountain pasture in the Crimea. According to karstologicheskyy division into districts of the Mountain Crimea Dolgorukovsky massif cover the Dolgorukovsky karstic region of the Mountain and Crimean karstic area.

Within the Dolgorukovsky massif 32 sites (from them 28 for the first time) modern and quarternary tufa deposits are described. The scheme of an arrangement of tuff deposits is given.

The variety of types of a limy tufa is caused by their genetic features.

Due to the formation factors tufas at their classification three main groups of criteria (table 1) are used:

- 1 . Geochemical - by origin carbon dioxide: meteogene and thermal.
- 2 . Morfologo-geomorfology – on appearance and situation in a relief
- 3 . In a form of a bedding and a structure – texture and structure tufas.

The conducted researches tufas on the Dolgorukovsky karstic massif established existence here autochthonic deposits rudites (consisting of allochems more than 1 mm) on coast of the rivers, river barrage, river and lake crusts, marsh tufas. On a micromorphology are allocated tufas educated with mosses, carbonate rafts, most pisoids, "foam rock". And also allokhtonny deposits in the form of fills, alluvial cones (often cemented) in valleys of the rivers on a microstructure are intraclasts peloids.

The special place in a morphological variety of tufas is taken so-called by "tuff platforms", dated for exits of karstic waters. On genetic type they treat complex educations. In the studied region are 8 tuff platforms.

To earlier known tuff platforms - near a Red cave and the cave Grifon, in the valley Vasilki (on the average a current), at a source Krestovy are added the new – in upper courses of the valley Vasilki, near Alyoshina voda cave, in riverheads of Burulcha on border with Tyrke's massif, on the average a watercourse of Zuya, near the Balanovsky reservoir.

The short description carbonate тупфов located within the Dolgorukovssky massif (numbering corresponds to numbers in figure 1) is provided.

Detailed research tufas the Dolgorukovsky massif showed much wider circulation of these educations, than it was represented earlier. Undoubtedly, research of other karstic massifs will expand distribution geography tufas that will lead to the solution of questions of their typification, age and genesis. One of the main tasks is development, drawing up and maintaining the general cadaastre of tufa formations of the Mountain Crimea. For standardization of data on karstic objects of the Crimea we suggest to keep cadastral account of tuff deposits on the basis of developed in common Ukrainian speleological association and the Ukrainian Institute of Speleology and Karstology of structure of the

ИЗВЕСТКОВЫЕ ТУФЫ ДОЛГОРУКОВСКОГО КАРСТОВОГО МАССИВА В КРЫМУ

cadastre of caves of the Crimea. It is recommended to apply the special SpeleoBase program for the cadastral account.

The cadastre represents computer base on collecting, and data storage connected with identification and location of tufa deposits, their morphological characteristic including morfografichesky and morphometric indicators; age and genesis characteristic, description of geological and hydrological characteristics (type of water manifestations, consumption of water, temperature, pH), vegetation description (especially bryophyta), fauna (Crustacea, etc.), soil cover. And also to designate recommendations about definition of the security status.

In field conditions and survey works application of the simplified table of the cadastral accounting of tufas deposits of the Crimea (table 2) is possible. Drawing up and maintaining the inventory of tuff deposits of the Crimea is a key for understanding of a geological basis of education tufas, detection of regularities of their sedimentation, definition of age and necessary security actions. Sated with a calcium carbonate, water and hydrodynamic features of sites of a education tufas mark geological faults that is important addition in studying of tectonics and region neotectonics. Besides, as shows world experiment, in areas of distribution of travertines high concentration of endemic species of plants is observed.

Keywords: Karst, Crimea, Dolgorukovsky massif, tufa, tufas platforms, classification tufas.

References

1. Amelichev G. N. Speleogenesis in the Cretaceous and Eocene successions of the Zuya and Burul'cha river valleys (eastern part of the Crimean fore-mountains) / Amelichev G.M., Klimchouk A.B., Tymokhina E.I. // *Speleology and Karstology* - № 7. – Simferopol. – 2011. P. 52-64.
2. Vakhrushev B. A. Karstic geomorphogenesis of the Crimean-Caucasian mountain-Caucasian region: the thesis abstract on competition of scientific degree of the doctor of geographical sciences. / B. A. Vakhrushev. - Kiev, 2004.-38 pages.
3. Vakhrushev B.A. Regionalization of karst of the Crimean Peninsula / B. A. Vakhrushchev // *Speleology and Karstology*, - №3. – Simferopol. – 2009. – P. – 39-46
4. Vakhrushev B.A. The role of geochemical transformations in karst geomorphogenesis / B. A. Vakhrushchev // *Speleology and Karstology*. - № 4. – Simferopol. – 2010. P. 33-43.
6. Ved I.P. Climate atlas of the Crimea / I.P. Ved – Simferopol: Tavriya plus, 2000. – 120 p.
7. Quaternary carbonate tufa Mountain Crimea / [Dublyansky V. N., Bazhenov L. D., Bashkin A. I. Teslenko Yu. V.]; . – Kiev, 1982. – 33 p. (IGN AN USSR 82-3 pre-print).
8. Zaytsev A.M. About a new tufa cave near the village Kizil-Koba. / Zaytsev A.M. // *Notes of the Crimean-Caucasian mountain club*. 1908 . - No. 1, - page 27-28.
9. Cadastr of caves of Ukraine: methodical materials and list [A.B.Klimchuk, G.N.Amelichev, V. Andras, etc.]. - Simferopol, 2008. - 75c.
10. Red cave. Experience complex karstology of researches / [Dublyansky V. N., Vakhrushev B. A. Amelichev G. N., YU.I. Shutov] - Moscow: RUDN, 2002. - 170 p.
11. Mikhaylov B. P. Vitruvy and Hellas: Bases of the antique theory of architecture. / B. P. Mikhaylov — M.: Stroyizdat, 1967. — 280 p.
12. Pliny the Elder. Natural sciences. About Art / Pliny the Elder; [the translation with Latin, the preface and G. A. Taronyan's note]. Editor-in-chief Yu.K. Kolosovskaya. - Moscow, Ladomir, 1994. - Antique Classics series. - 941 p.
13. Samokhin G. V. The newest karstologo-speleological researches of the massif Dolgorukovsky / G V. Samokhin // *Scientific Notes of Taurida National V. I. Vernadsky University; Geography series*. Volume 23 (62). - 2010a. - No. 1. - Page 69-77.

14. Samokhin G. V. Speleological researches of the Dolgorukovsky massif (Crimea) / G.V. Samokhin // Light, 2010 b. - No. 36, - Page 32-35.
15. The report on complex studying of conditions of development of a karst and formation of karstic waters of the Dolgorukovsky massif for an assessment of forecasting of these processes the Ministry of geology of the USSR. Institute of mineral resources / [Sukhoviy N. M., Bashkin A.I., Pivovarov S.V., etc.]. – Simferopol. - 1986 . - 181 p.
16. Shichalin Yu.A. Publius Papinius Statius — the ingenious poet in dull era / Yu.A. Shichalin // Statius. Fivaida. M. - 1991. - Page 227 — 259.
17. Shchepinsky A.A. Red caves / A.A. Shchepinsky – Simferopol: Tavriya, 1983. – 79 p.
18. Burger, D. The travertine complex of Antalya, Southwest Turkey. // Zeitschrift für Géomorphologie. N.F. 1990. – N 77. – P. 25-46.
19. Flugel, E. Microfacies Analysis of Limestones. Springer Verlag, Berlin, 1982. - 575 p.
20. Ford, T. D., Pedley, H. M. A review of tufa and travertine deposits of the world // Earth-Science Reviews, 1996. - v. 41. - P. 117-175
21. Gradziński M. Factors controlling growth of modern tufa: results of a field experiment // Geological Society, London, Special Publications January 1, 2010. - v. 336. - P. 143-191.
22. Heery S. A survey of tufa-forming (petrifying) springs in the Slieve Bloom, Ireland. A Report for Offaly & Laois County Councils Part 1 Main report, 2007. – 55 p.
23. Horvatincic N., Calic R., Geyh M.A. Interglacial Growth of Tufa in Croatia.// Quaternary Research, Academic Press. V. 53, N. 2. - 2000 , P. 185-195.
24. Ordonez, S., Gonzalez, J.A. and Garcia del Cura, M.A. Pétrographie et morphologie des édifices tuffeux quaternaires du centre de l'Espagne. 1986. - Méditerranée 1-2. – P. 52-60.
25. Parks, E. M. Travertine-Tufa. - 2004. Deposits, <http://webpub.byu.net/parkseimages/Tufa.pdf>
26. Parusel J. B. Monitoring of the habitat of petrifying springs with tufa formation in the Cieszyskie rod a Tufowe Natura (Cieszyskie Foothills, southern Poland). Scripta Facultatis Rerum Naturalium Universitatis Ostraviensis, 2008. – P. 301-308.
27. Pedley, H.M. Classification and environmental models of cool freshwater tufas. // Sedimentary Geology, 1990. – N 68. – P. 143-154
28. Pentecost A., Heather Viles H. A Review and Reassessment of Travertine Classification // Géographie physique et Quaternaire, 1994. - V. 48. - N 3. - P. 305-314.
29. Pentecost, A. The Quaternary Travertine Deposits of Europe and Asia Minor. // Quaternary Science Reviews. – 1995. - Vol. 14. P. 1005-1028.
30. Pentecost, A. British travertines: A review. Proceedings of the Geologists Association, 1993. – N. 104. - P. 23-39.
31. Pentecost, A. Travertine, Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers Group. 2005. – 446 p.
32. Praeger, R.L. Note on Plate 12. Irish Naturalist XIII, 1904. – 213 p.
33. Sallun Filho, W. & Karmann, I. Geomorphological map of the Serra da Bodoquena karst, west-central Brazil. Journal of Maps, 2007. – P. 282-295.
34. Tena V.L, Marcen C.S., Monne J.L.P. Las Formaciones Travertinicas de la cuenca alta del Rio Mijares (Provincia de Teruel). Teruel. 87 (I). 1999. - P. 69-91.
35. Tunoglu C., Ertekin İ.K. Subrecent Ostracoda Associations and the Environmental Conditions of Karstic Travertine Bridges on the Zamanti River, Southern Turkey // Geological Bulletin of Turkey V. 51, N. 3, December 2008. - P. 151-171.
36. Vaudour J. Introduction à l'étude des édifices travertineux holocènes // Méditerranée, (1-2), 1986. - P. 3-10.
37. Zhang D.D, Zhang Y, An Zhu A., Cheng X. Physical Mechanisms of River Waterfall Tufa (Travertine) Formation. Journal of Sedimentary Research January 2001. - V. 71. - P. 205-216.
38. Zippel B., Neu T. R. Characterization of Glycoconjugates of Extracellular Polymeric Substances in Tufa-Associated Biofilms by Using Fluorescence Lectin-Binding Analysis // Appl. Environ. Microbiol. January. – 2011. V. 77. - N. 2. - P. 505-516.

Поступила в редакцию 22.11.2013 г.