

УДК 551.44

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ИДЕНТИФИКАЦИИ ГИПОГЕННОГО КАРСТА НА МАССИВЕ БУРУНДУК-КАЯ (ВОСТОЧНО-КРЫМСКОЕ ПРЕДГОРЬЕ)

Тимохина Е.И., Амеличев Г.Н., Токарев С.В., Горбатенко А.А.

*Таврическая академия ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И.Вернадского», Учебно-методический научный центр “Институт спелеологии и карстологии”, Симферополь, Российская Федерация
E-mail: lks0324@yandex.ru*

В работе приводятся результаты полевых исследований на массиве Бурундук-Кая в восточной части Предгорного Крыма. Рассмотрены особенности генетической идентификации карстовых проявлений на основе поиска и анализа индикативных признаков гипогенного карста. Интенсификация гидродинамических процессов в ходе активизации альпийских горообразовательных движений обусловила активный спелеогенез, формирование функционально взаимосвязанных и морфологически дифференцированных полостных образований (рифтовых каналов, ниш, карманов, куполов). В настоящее время наблюдается денудационное разрушение и эпигенно-карстовая моделировка реликтовых форм. Комплексное использование геолого-гидрогеологических, геоморфологических и геохимических показателей, маркирующих типы спелеогенетических обстановок, является важным шагом на пути совершенствования критериев идентификации гипогенного карста.

Ключевые слова: карстообразование, спелеогенез, гипогенный карст, индикатор, флюид, пещерный заполнитель, массив Бурундук-Кая, Предгорный Крым.

ВВЕДЕНИЕ

Предгорный Крым является наиболее изученным регионом полуострова, на котором выявлен и детально охарактеризован гипогенный карст. В 2010-2013 гг. авторами под руководством Климчука А.Б. создана региональная модель гипогенного спелеогенеза [1], которая до настоящего времени продолжает совершенствоваться на основе накопления нового фактического материала и расширения сети новых объектов гипогенного карстообразования. В ходе создания модели была разработана методика диагностирования и установлены основные критерии генетической идентификации карста, среди которых ключевую роль играют геологические, гидрогеологические, геоморфологические и минералого-геохимические индикаторы. Они были использованы при изучении карстологической обстановки на западном замыкании хребта Кубалач, в пределах массива Бурундук-Кая. Орографически участок входит в состав Внутренней гряды и до настоящего сообщения рассматривался как область развития эпигенного карста.

Целью исследования является поиск в пределах массива Бурундук-Кая разнообразных индикаторов гипогенного спелеогенеза, их описание и установление условий и времени образования карстовых форм. Для достижения данной цели были поставлены задачи детального изучения геологического, гидрогеологического и тектонического строения района для оценки возможностей функционирования гипогенных систем в прошлом, а также описания морфологии и выявления гидрогеологической роли обнаруженных на массиве карстовых форм.

1. ГЕОЛОГО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИНДИКАТОРЫ ГИПОГЕННОГО КАРСТА

Горный массив Бурундук-Кая является типичным среди грядовых структур предгорья, находящихся в междуречье Кучук-Карасу и Мокрого Индола. С северо-запада на юго-восток его протяженность составляет 5 км, с северо-востока на юго-запад – 4 км. Средние абсолютные высоты колеблются от 250 до 350 м над уровнем моря, наивысшая точка имеет отметку 377 м над уровнем моря (Рис. 1). Массив представляет собой куэсту, что обусловлено геологическим строением и историей развития территории.

Согласно модели геологического строения Горного Крыма, разработанной Юдиным В.В. [2], в основании массива на глубинах более 5 км различными методами геофизического зондирования определены породы палеозойского возраста и таврической серии. Выше в диапазоне глубин 2-5 км находится зона Симферопольского меланжа, представляющая собой хаотический комплекс брекчированных пород, состоящий из глыб-кластолитов разного состава, размера и возраста, а также из тектонически перетертой массы матрикса. Еще выше, судя по рисунку сейсмических отражений, залегают средне-верхнеюрские отложения, представленные битакской молассой. На них по пологим субгоризонтальным разрывам надвинуты апт-альбские глины, в свою очередь перекрытые по стратиграфическому контакту верхнемеловыми мергелями (Рис. 2).

Позднемеловые глинисто-карбонатные осадки выполняют Южную продольную депрессию и нижние части склонов массива Бурундук-Кая на правобережье р. Кучук-Карасу. В их кровле (верхи маастрихтского яруса) появляются первые карстовые формы гипогенной этиологии. Лучше всего разрез маастрихтских песчанистых мергелей и известковистых песчаников представлен в юго-западных обрывах г. Бурундук-Кая (Рис. 2). Верхнюю часть разреза на склонах массива образуют эоценовые известняки бахчисарайского и симферопольского ярусов. Венчают геологический разрез участка на структурном склоне куэсты олигоценовые (майкопские) глины, включающие в слоях подошвы крупные стяжения, друзы и кристаллы гипса. Глины с размывом перекрывают эоценовые известняки [3].

Вся Южная продольная депрессия и примыкающий к ней обрывистый аструктурный склон массива Бурундук-Кая является фрагментом древнего мезозойского коллизионного шва между платформенными и складчато-надвиговыми структурами, который в период альпийских горообразовательных движений испытал существенную тектоническую активизацию. Гидрогеологически она проявилась в формировании мощной региональной краевой области разгрузки подземных вод Белогорского артезианского палеобассейна, простиравшегося далеко на юг, а геоморфологически – в заложении участков субсеквентной речной сети на месте будущей Южной продольной депрессии. Кроме того, была создана система молодых альпийских разрывов преимущественно меридионального простирания [4], которая сыграла ключевую роль в формировании консеквентных речных долин.

В пределах массива Бурундук-Кая выделяется два водоносных комплекса (альбский и сеноманский) среди меловых отложений у подножия в Южной

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ИДЕНТИФИКАЦИИ ГИПОГЕННОГО КАРСТА НА МАССИВЕ БУРУНДУК-КАЯ (ВОСТОЧНО-КРЫМСКОЕ ПРЕДГОРЬЕ)

продольной депрессии и палеоцен-эоценовый водоносный комплекс на южном и северном склонах. В настоящее время они раскрыты, а участки их распространения на массиве являются областью питания подземных вод Равнинного Крыма. В прошлом, до формирования Южной продольной депрессии и денудационного раскрытия мел-палеогеновых отложений, они почти повсеместно характеризовались напорными условиями межпластовых горизонтов и вод трещинных зон.

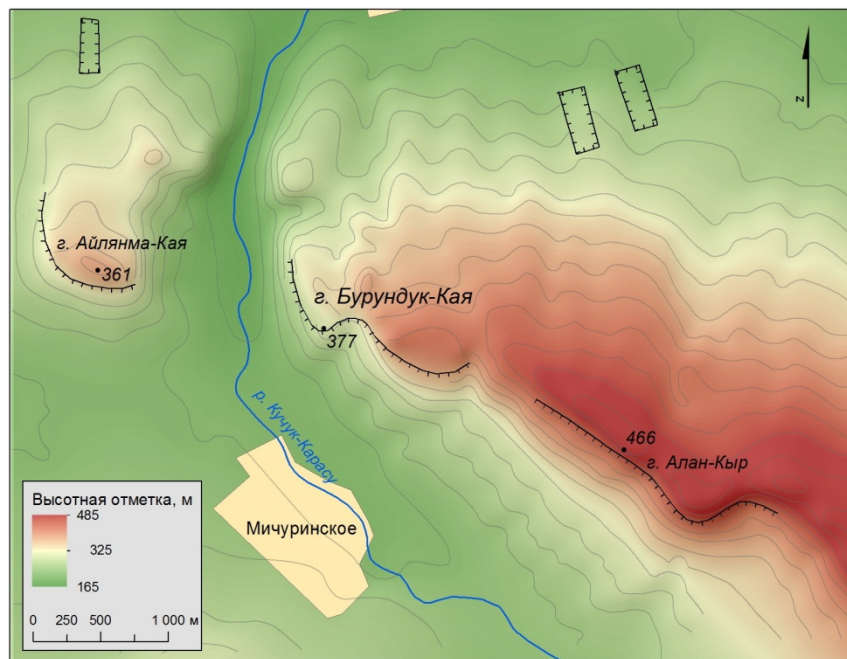


Рис. 1. Орогидрографическая схема участка исследования.

Их питание осуществлялось на северных склонах Главной гряды Горного Крыма, в том числе восходящим переливом из юрских и нижнемеловых отложений нижнего структурного этажа. В настоящее время в пределах Бурундук-Кая, соседних куэстоподобных массивов Айлянма-Кая, Джанык-Бет и разделяющих их долин и балок формируются подземные воды, питающие напорные водоносные горизонты и комплексы прилегающих с севера структур Равнинного Крыма. Термальность, специфический минеральный и газовый состав водопроявлений у сс. Васильевка, Некрасово, Добролюбовка (северная периферия куэсты) указывают на сохраняющееся до сих пор участие глубинной компоненты в формировании подземных вод отложений верхнего мела и палеогена [5].

Таким образом, анализ геолого-гидрогеологических индикаторов территории указывает на ряд атрибутивных для гипогенного карста условий: наличие растворимых, хорошо проницаемых пород среди нерастворимых и/или слабопроницаемых слоев; моноклиналиное залегание слоистой толщи (эти условия способствуют созданию и сохранению напорных обстановок на ранних стадиях

инициации и пассивного развития гипогенного спелеогенеза); наличие разрывных нарушений, вскрывающих напорные системы водообмена; тектонические контакты разновозрастных коллекторов с условиями перелива из древних глубоких в молодые приповерхностные горизонты (эти условия способствуют разгрузке пластовых давлений и восходящему движению карстовых вод на стадии активного развития гипогенного карста).

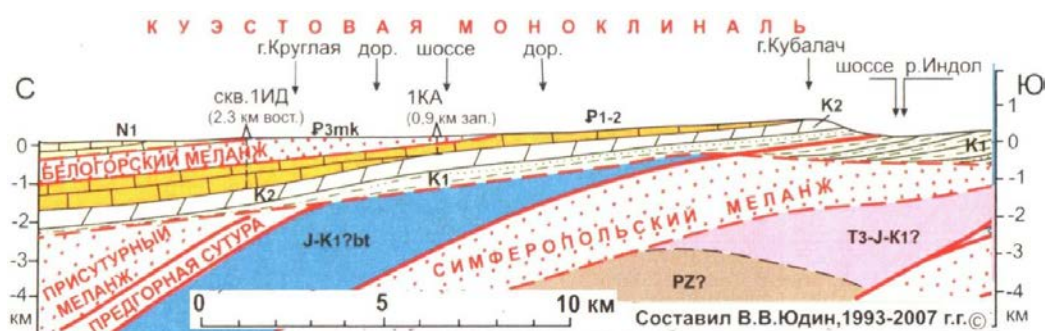


Рис. 2. Структурно-геологический разрез через массив Бурундук-Кая [2].

2. ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИНДИКАТОРЫ

Геоморфологические индикаторы являются наиболее информативными при генетических исследованиях карстового рельефа. В Крыму и за его пределами имеется обширная литература, посвященная морфологии гипогенно-карстовых образований [1, 6 и др.].

В пределах массива Бурундук-Кая по морфологическим признакам гипогенный карст хорошо идентифицируется на двух участках. Первый расположен по всему южному аструктурному склону куэсты. Ныне он находится в условиях, характерных для развития эпигенного карста (раскрытый тип), поэтому здесь в изобилии фиксируются реликтовые гипогенные формы разной степени сохранности и переработки современными геоморфологическими процессами. Второй участок выявлен в карьерных выработках северного структурного склона. Здесь также наблюдаются реликтовые гипогенные формы (небольшие карстовые полости) несколько лучшей сохранности. Учитывая близкое сплошное залегание майкопского покрова и искусственное удаление его над карьерными площадками, данный эволюционный тип карста с некоторой долей условности можно определить как взрезанный.

Карст, представленный в южных обрывах куэсты массива Бурундук-Кая, формировался в закрытых гидрогеологических условиях напорных водоносных комплексов с относительно низкодинамичной средой, при взаимодействии восходящих трещинно-жильных вод глубокой циркуляции с пластовыми водами более мелких систем потоков, при большой роли конвективной циркуляции в морфогенезе образующихся полостей. Карстообразование в целом локализовано по сквозьформационным тектоническим нарушениям и линейным зонам повышенной

трещиноватости. Такие раскарстованные зоны контролируют геоморфологическое раскрытие Предгорья, чем определяется заложение и положение куэстовых обрывов и обилие реликтовых гипогенных карстопроявлений в них. В настоящее время современные процессы комплексной поверхностной денудации, воздействующие на экспонированные в обрывах поверхности известняков, ведут к переработке и уничтожению реликтовой гипогенно-карстовой морфологии.

Куэстообразная гряда массива Бурундук-Кая, расположенная на правобережном участке долины р. Кучук-Карасу, имеет слабую карстологическую изученность. В одной из недавних работ по гипогенному карсту Предгорного Крыма [5] для исследуемого массива поверхностно рассмотрены геолого-гидрогеологические условия карстообразования. Отмечена высокая расчлененность вершинной части массива на отдельные фрагменты крупными поперечными балками. Авторами считается, что в обрывах куэсты на этом участке представлены такие же формы-индикаторы гипогенного карста как на соседних массивах Айлянма-Кая и Бор-Кая.

Благодаря большой протяженности куэстовых обрывов, литолого-текстурным и структурным вариациям пород и локальным особенностям интенсивности спелеогенеза, на участке фиксируется большое разнообразие морфологии закарстованных поверхностей обрывоформирующих (продольно-раскрытых) трещинно-карстовых каналов. Обилие разной сохранности реликтовых гипогенных форм на южном эскарпе Бурундук-Каи связано с механизмами образования (тектонический контроль) и поддержания (геоморфологический контроль) вертикальности аструктурного склона. Находясь в зоне влияния Предгорной сутуры и сгущения оперяющих ее разрывов, переживших тектоническую активизацию в альпийский орогенез, Внутренняя гряда на стадии раскрытия испытала мощное спелеогенное развитие, связанное с интенсификацией водообменных процессов. Сеть трещин, с которыми связано заложение и развитие обрывов Внутренней гряды, выступает как система крупных рифтов (линейных вертикальных щелеобразных каналов, сформированных растворением исходных трещин), контролирующих древнее, современное и будущее положение аструктурного склона куэсты. Этой системе присуща высокая степень закарстованности, как на экспонированных поверхностях обрывов, так и в пределах еще не вскрытых рифтов, находящихся в глубине куэсты.

В пределах фронтальной части Бурундук-Каи выделяется ряд крупных рифтовых каналов (Рис. 3), секущих весь обрыв от подстилающих мергелей маастрихта до известняков верхнего дата, образующих бровку. Нижняя часть рифта, где располагаются питающие каналы (фидеры), скрыта в отложениях обвальнo-осыпных конусов. В обнаженных на обрыве полуразрушенных рифтовых каналах наблюдаются расширения, приуроченные к высоко проницаемой толще нижнего дата. Здесь же фиксируются фрагменты стенных каналов и желобов (рис. 3, слева), а по контакту ниже- и верхнедатских отложений - латерально-протяженная ниша-козырек с сильно разрушенными куполами. Характер морфоскульптурных комплексов, связанных с рифтовым каналом в значительной степени зависит от

направления простираения контролирующей его трещины и степени ее закарстованности.



Рис. 3. Фрагменты рифтовых каналов на южных обрывах Бурундук-Кай.

Поддержка вертикальности эскарпа куэсты обеспечивается процессами блоково-глыбового обрушения и опрокидывания с отделением блоков по субвертикальным закарстованным трещинам (карстовым полостям). При этом происходит обнажение новых реликтовых гипогенных форм на вновь образованном участке обрыва (Рис. 4). Среди глыбово-блокового материала в основании обрывов фиксируются фрагменты таких же форм, как и на вновь образованных поверхностях обрывов. На тех участках склона, где условия глыбово-блокового обрушения не поддерживаются, наблюдается сглаженность или отсутствие реликтовых форм, что свидетельствует о преобладании денудационных процессов, ведущих к их уничтожению.

Примером подобного глыбово-блокового отступления приобвочной части склона послужит обвал, выявленный авторами в ходе полевых исследований южного склона массива. Предположительное время образования обвала - 2014 год. Площадь коллювиального шлейфа более 1000 м². Размер обломков 3х1 м. Обвал произошел на контакте датских сильнотрещиноватых известняков и мергелей маастрихта. На стенке обвала площадь ожелезненной зоны составляет 10 м². Все обломки этой зоны также сильно ожелезнены. Они представлены породой с признаками метаморфизации (плотный перекристаллизованный известняк), на

отдельных глыбах тонкая 1-2 мм толщиной кальцитовая корка. На отдельных обломках имеются следы растворения подземными водами.

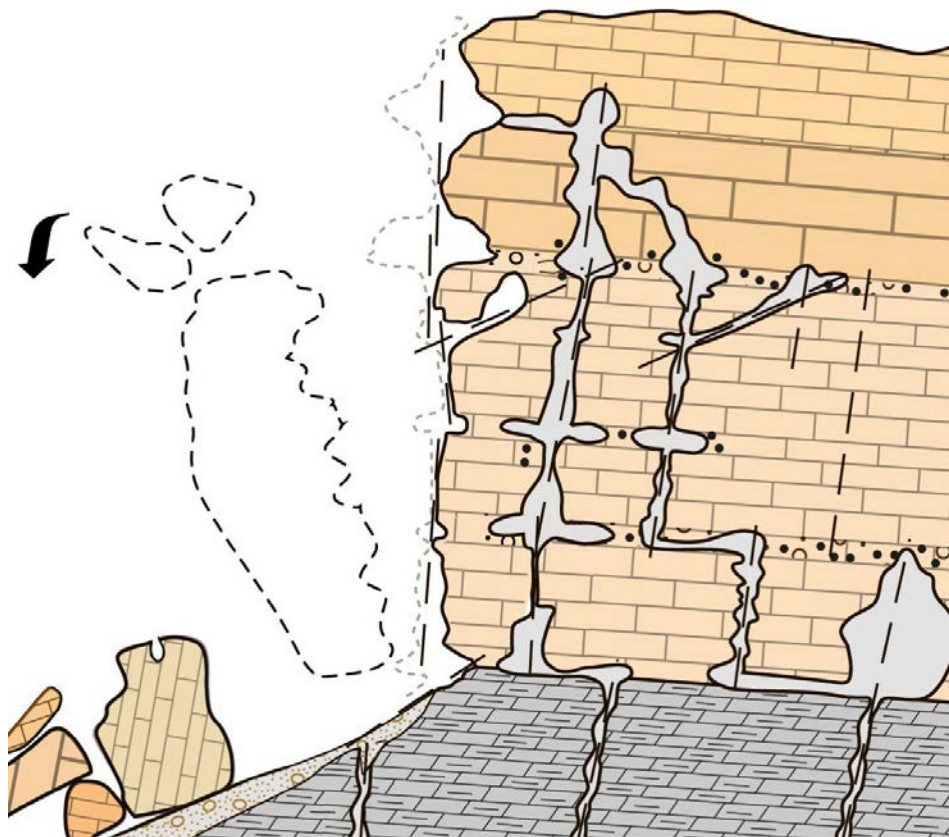


Рис. 4. Механизм обновления реликтовых гипогенных форм на южном эскарпе массива Бурундук-Кая.

В пределах южных обрывов горы Бурундук-Кая широкое распространение получили ниши и гроты. Их образование ранее традиционно связывалось с процессами комплексной денудации, среди которых назывались дефляция, десквамация, эрозия, гравитационный снос [7, 8]. Развитие ниш и гротов в обрывах объяснялось преимущественно денудацией в тыльной части этих форм ввиду особого микроклимата и удалением обломков под действием силы тяжести благодаря наклону пола к выходу. Эволюционный ряд таких полостей представлялся по схеме: обрыв – ниша – навес – грот – пещера. Карстовая природа этих образований не рассматривалась ввиду невозможности проникновения в них осадков, которые осуществляли бы растворение.

Как и большинство ниш в Предгорном Крыму на Бурундук-Кае эти формы организованы стратиформно, т.е. приурочены к определенным слоям карбонатных толщ. Лучше стратиформность проявляется в мергелистой толще маастрихта (Рис. 5, а). Здесь выделяются латерально-протяженные ниши, прослеживаемые на десятки метров вдоль обнажений. Однако из-за слабой противоденудационной устойчивости мергелей границы ниш невыразительны. Тем не менее, их размеры могут достигать нескольких метров в поперечнике, а контуры чаще бывают вытянутыми по простиранию пласта.

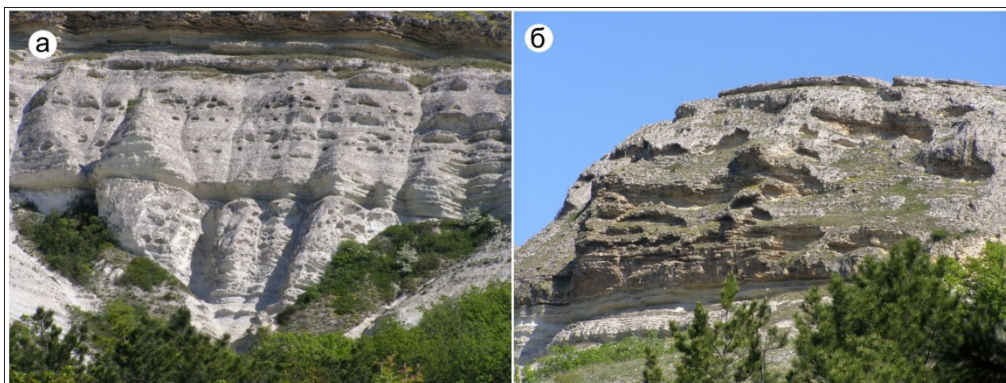


Рис. 5. Условия заложения и морфология ниш и гротов в толще маастрихта (а) и верхнего дата (б).

Ниши в толще известняков верхнего дата чаще расположены хаотично (Рис. 5, б), но и здесь преобладают контуры, подчеркивающие пластовую структуру. Размеры ниш в диапазоне разреза верхнего дата существенно превышают маастрихтские. Некоторые из ниш могут переходить в гроты и карнизы, достигая нескольких десятков метров в ширину (вдоль пласта) и до 2-3 м в высоту.

И гроты и ниши образуются в обстановках гипогенного спелеогенеза по модели смешивания восходящего жильного и латерального пластового потоков на плоскости субвертикальных трещинно-карстовых каналов (Рис. 6). После попадания в аэральные условия они могут длительное время сохраняться в недрах в неизменном состоянии и лишь после обнажения на поверхности разрушаются денудационными процессами.

На общем фоне закарстованных поверхностей или на смежных участках обрывов различаются поверхности, где исходная карстовая морфоскульптура была умеренно или полностью уничтожена выветриванием, а также путем отрыва по незакарстованным трещинам.

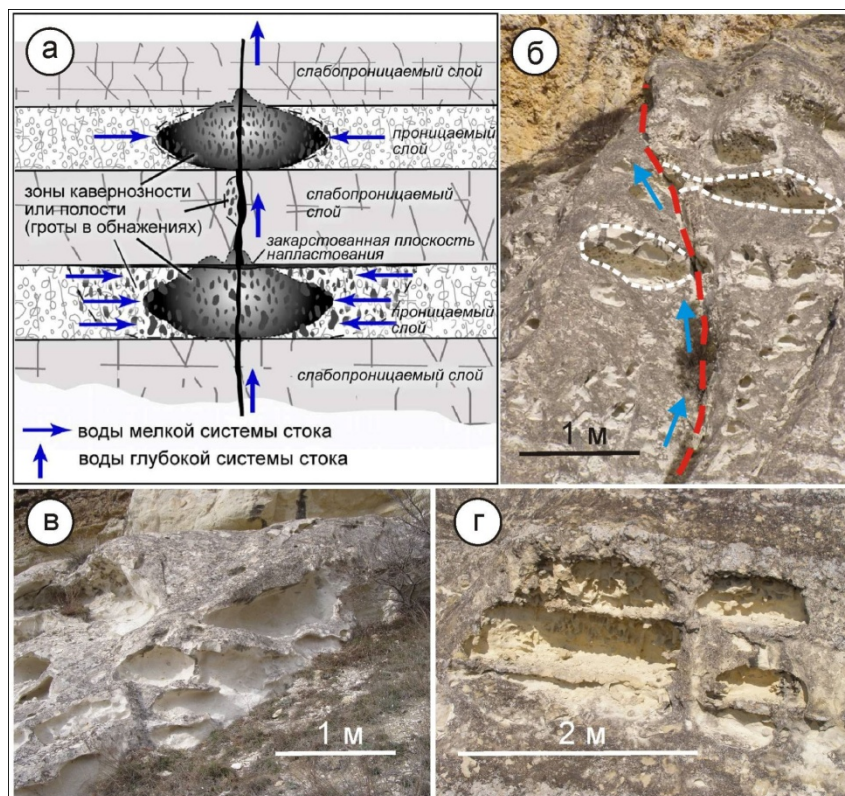


Рис. 6. Концептуальная модель (а) формирования стратиформных полостей [9] и ниши (б-г), образованные по этой модели в эскарпе Бурундук-Каи.

Для субвертикальных стен трещинно-карстовых каналов наиболее типичными являются волнисто-ребристые поверхности с латерально-протяженными сглаженными выступами и углублениями, часто образующими козырьки. Эти поверхности часто осложнены выступающими ячеистыми, сотовыми или губчатыми образованиями объемно-каркасных структур алтерита, первоначально сформированных в ходе метасоматических изменений породы под влиянием глубинных флюидов, а впоследствии отпрепарированных в результате спелеогенного промыва преобразованной зоны и/или ее внешнего выветривания уже после экспонирования стенок трещинных каналов (Рис. 7). Отдельные углубления или несколько смежных углублений, обычно развитые по проницаемым литологическим контактам или отдельным слоям повышенной проницаемости, иногда приобретают значительные поперечные размеры и образуют выраженные ниши в обрыве (Рис. 7 а). В исходном закрытом состоянии такие ниши соответствовали латеральным каналам-расширениям в поперечном профиле трещинно-карстовых каналов или уплощенным каналам или камерам.

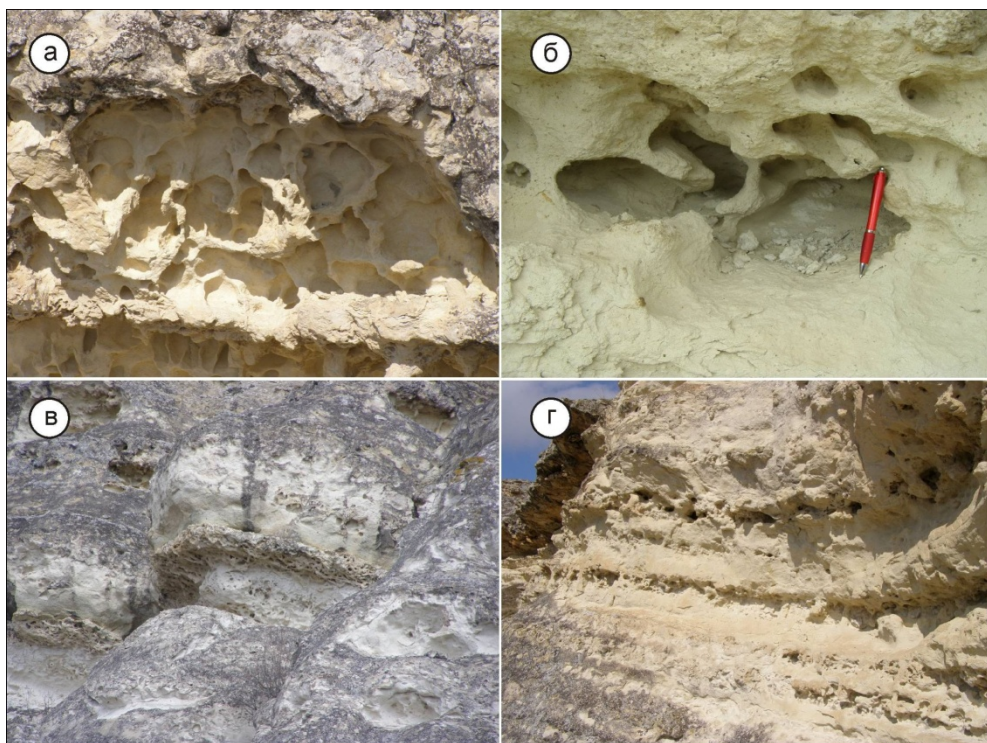


Рис. 7. Участки ячеистых и сотовых структур алтерита (а, б) и стратиформные зоны высокой кавернозности на эскарпе Бурундук-Каи.

В обрывах широко представлены кластерные (Рис. 7 б) или латерально-протяженные стратиформные зоны плотного развития ячеек и каверн разного размера (Рис. 7 в), а также участки перфорированных слоев высокой проводимости и растворимости (Рис. 7 г). Эти структуры не распространяются глубоко в породу, а развиты в пределах пристеночной области (окаймления) трещинно-карстовых каналов и камер на глубину от дециметра до первых метров. Это связано с глубиной проникновения флюидов и мощностью зоны метасоматического преобразования матрикса. В зависимости от физико-химических параметров флюида на разных этапах воздействия участки пристеночного пространства матрикса могут быть подвергнуты либо растворению, либо цементации. Возникает скрытая внутренняя объемно-каркасная структура, которая при выведении в область влияния процессов экзоморфогенеза преобразуется в видимую и представлена сотами, ячейками, губчатыми формами, тафони.

3. МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИНДИКАТОРЫ

Важными диагностическими свойствами, подтверждающими гипогенную природу карстово-полостных структур массива Бурундук-Кая, обладает

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ИДЕНТИФИКАЦИИ ГИПОГЕННОГО КАРСТА НА МАССИВЕ БУРУНДУК-КАЯ (ВОСТОЧНО-КРЫМСКОЕ ПРЕДГОРЬЕ)

минералого-петрографический состав заполнителя пустот и характер изотопных изменений углерода и кислорода в пристеночной зоне карстовых каналов и фрагментов полуразрушенных карстовых полостей. В ходе изучения отложений, выполняющих карстовые каналы на эскарпе и структурном склоне, было выявлено несколько его разновидностей (Рис. 8), которые согласно современным представлениям [10] с большой долей вероятности относятся к гипогенным.

В карстовых пустотах на южных обрывах куэсты выявлены карбонатно-песчанистые корки, покрывающие стенки каналов (Рис. 8 а). Они имеют толщину до нескольких сантиметров, легко отделяются от стенок и разрушаются под влиянием механической нагрузки. Внутренний слой этих трубчатых структур выполнен пылевато-глинистым материалом охристого цвета, что говорит о присутствии в осадке соединений железа.

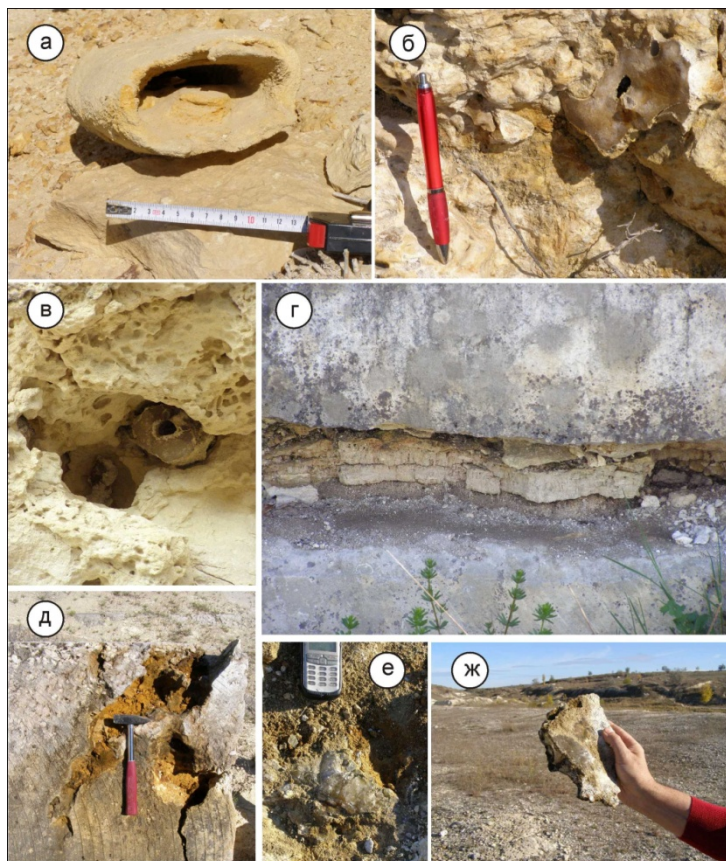


Рис. 8. Минералого-петрографические типы полостного заполнителя на массиве Бурундук-Кая.

Многие пустоты в диапазоне развития пород нижнего дата полностью (Рис. 8 б) или частично (рис. 8 в) заполнены кремнеземистым материалом светло-коричневого

цвета с матово-стеклянным блеском на сколах. В месте контакта кремнеземистого заполнителя с породой имеется белесая карбонатная корочка. Формирование этого типа заполнителя связывается с замещением карбонатов кремнеземом и перераспределением SiO_2 , содержащегося в спикулах ископаемых губок, во время изменений кислотно-щелочного баланса на разных стадиях флюидной истории массива [11, 12].

На структурном склоне куэсты в области развития эоценовых известняков характер заполнителя меняется. В приповерхностной зоне на глубинах до 2 м трещины в карьерных уступах заполнены туфообразным материалом мелко-слоистой текстуры, который легко разрушается при извлечении (Рис. 8 г). Вероятно, он имеет эпигенное происхождение. Его образование связывается нами с активным конденсационным растворением в молодой эпикарстовой зоне с последующим отложением растворенного материала у границы фильтрационного порога.

В Некрасовском и Малиновском карьерах среди бракованных блоков пильного известняка фиксируются многочисленные карстовые каналы, полностью или частично заполненные рыхлым и литифицированным железистым материалом (Рис. 8 д). Тема происхождения скоплений железа в полостях давно привлекает внимание геологов и карстологов [3, 4, 13, 14]. Эти и другие работы свидетельствуют о значительной роли глубинных флюидов и входящих в их состав газов CO_2 , H_2S , CH_4 в поддержании миграционной активности железа и создании условий его осаждения и накопления в карстовых каналах.

Найденные в непосредственной близости с железосодержащим материалом каналы и трещины, выполненные гипсом (Рис. 8 е, ж), подтверждают эти предположения.

Таким образом, среди гипогенно-карстовых минералого-геохимических индикаторов, зафиксированных на массиве Бурундук-Кая, наиболее ярко выделяются железо- и сульфатсодержащие минеральные агрегаты.

Они сопровождают друг друга как в подстилающих палеоцен-эоценовые известняки меловых отложениях (гипс, сульфатные и сероводородные минеральные воды, зоны ожелезнения в трещиноватых мергелях), так и в перекрывающих майкопских глинах (загипсованный базальный горизонт) и кровле самих известняков (железистый заполнитель пустот, включающий минералы лимонит и гетит). Это свидетельствует о совместной вертикальной миграции этих соединений с термальными, судя по ныне действующей севернее системе, флюидами из глубоких частей геологического разреза на стадии активизации неотектонических движений.

ВЫВОДЫ

В итоге, в пределах массива Бурундук-Кая выявлен и охарактеризован комплекс геологических, гидрогеологических, геоморфологических и минералого-геохимических индикаторов, которые при совместном рассмотрении проявляют эмерджентные свойства, присущие для гипогенно-карстовых спелеогенетических систем. Пространственно-временной анализ фрагментов реликтового карстового

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ИДЕНТИФИКАЦИИ ГИПОГЕННОГО КАРСТА НА МАССИВЕ БУРУНДУК-КАЯ (ВОСТОЧНО-КРЫМСКОЕ ПРЕДГОРЬЕ)

рельефа на территории массива позволяет реконструировать структуру и функционирование исходных гипогенных карстово-полостных систем в данных геологических и гидрогеологических условиях. Их изучение поможет восстановить характер и историю изменений гидрогеологических обстановок в районе, вызванных геодинамическими процессами, развитием рельефа и раскрытием различных по проницаемости и закарстованности толщ.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Министерства образования, науки и молодежи Республики Крым в рамках научного проекта № 15-45-01050, код «р_юг_а».

Список литературы

1. Климчук А.Б. Гипогенный спелеогенез, его гидрогеологическое значение и роль в эволюции карста. Симферополь: ДИАЙПИ, 2013. 180 с.
2. Юдин В.В. Геодинамика Крыма. Симферополь: ДИАЙПИ, 2011. 336 с.
3. Лыгина Е.А. Датская и эоценовая карбонатные платформы Крыма: строение и условия формирования: Автореф. дисс. ... канд. геол.-мин.наук. М.: Геологический институт РАН; МГУ им. М. Ломоносова, 2010. 24 с.
4. Душевский В.П., Лысенко Н.И. Возраст разрывных нарушений Восточно-Крымского предгорья // Бюлл. МОИП, отд. Геологии. 1978. № 43(1). С.51-53.
5. Гипогенный карст восточной части Внутренней гряды Предгорного Крыма / Климчук А.Б., Амеличев Г.Н., Тимохина Е.И., Токарев С.В. // Спелеология и карстология. 2012. № 8. С. 18-49.
6. Гипогенный карст Предгорного Крыма и его роль в геоморфогенезе региона / Климчук А.Б., Тимохина Е.И., Амеличев Г.Н., Дублянский Ю.В. Симферополь: ДИАЙПИ. 2013. 204 с.
7. Блага Н.Н., Попов А.В. Некоторые аспекты морфогенеза гротов и скальных навесов Внутренней гряды Крымских гор // Культура народов Причерноморья. 2009. № 155. С. 7-9.
8. Душевский В.П. Карстові порожнини Внутрішнього куєстового пасма Криму // Фізическа географія і геоморфологія. 1970. Вып. 4. С. 114–118.
9. Гипогенный карст юго-западной части Предгорного Крыма / Климчук А.Б., Амеличев Г.Н., Тимохина Е.И. // Геологический журнал. 2009. № 1. С. 63–82.
10. Klimchouk A.B. Hypogene Speleogenesis: Hydrogeological and Morphogenetic Perspective // National Cave and Karst Research Institute. Carlsbad, NM : National Cave and Karst Research Institute, 2007. Special Paper no. 1. 106 p.
11. Горбач Л. П., Шехоткин В.В. Раннепалеоценовая известковая кора горного Крыма // Доклады АН СССР, 1982. Т. 264, № 1. С. 137-144.
12. Подгородецкий П.Д., Душевский В.П. Использование археологических данных для определения скорости отступления известняковых обрывов в Предгорном Крыму // Геоморфология. 1974. № 3. С. 87-93.
13. 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. 2011. № 7. С. 52 – 64.
14. Благоволин Н.С., Лысенко Н.И. Некоторые вопросы палеогеоморфологии Крымских гор в связи с образованием Керченских железных руд // Геоморфология. 1978. № 1. С. 43-51.

**COMPLEX APPROACH TO IDENTIFICATION OF HYPOGENIC KARST ON
THE BURUNDUK-KAYA MASSIF (THE EAST-CRIMEAN FOREMOUNTAINS)**

Timokhina E.I., Amelichev G.N., Tokarev S.V., Gorbatenko A.A.

*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Tavrida Academy, Geographical Faculty, Educational
Methodical Research Center "Institute of Speleology and Karstology", Department of Earth Science and
Geomorphology, Simferopol, Russian Federation
E-mail: lks0324@yandex.ru*

The paper presents the results of field research on the Burunduk-Kaya massif in the east part of the Crimean foremountains. The features of genetic identification of karst manifestations on the basis of search and analysis of indicative signs of hypogenic karst. The territory of the massif is characterized by the development of monoclinally overlying layered carbonate-clay formation which consists of Cretaceous-Paleogene deposits with different permeability and solubility. It was contributed to keeping the pressure conditions of water exchange, the initiation and development of passive hypogenic speleogenesis in tectonically calm conditions of existing of the artesian paleobasin.

During activation of the Alpine orogenic movements Mesozoic faults were rejuvenated (foot of cuesta slope) and young faults were formed (breakthrough river valley Kuchuk-Karasu), through which the discharge of reservoir pressures and an upward movement of karst water occurred. Intensification of hydrodynamic processes has led to the active speleogenesis, the formation of functionally related and morphologically differentiated cavernous formations (rift channels, niches, pockets, domes). Water discharged along the faults to the surface stimulated the development of the hydrographic network (Kuchuk-Karasu river valley) and contributed to the manifestation of the relief elements of the regional morphological structures, in particular cuesta ridge of the Burunduk-Kaya. As area was uplift, there were a gradual draining of hypogenic-karst systems and getting them into the zone of influence of external meteoric waters and exogenous geomorphological processes. Change of hydrochemical conditions led to the deposition and oxidation of iron compounds in the cave channels and formation sulfate mineral water from hydrogen sulfide water. Phase of active speleogenesis replaced by regressive phase of development, the transition of the whole complex of hypogenic morphosculptures in the relic state. Currently, there is destruction by denudation and modeling of relict forms by epigene karst. The appearance of relict forms in the scarps of the Burunduk-Kaya massif is due to landslides block that drew karst surface of cracks-channels. Integrated use of geological and hydro-geological, geomorphological and geochemical indicators marking speleogenetic types of environments is an important step towards improving the criteria for the identification hypogenic karst.

Keywords: karst, speleogenesis, hypogenic karst, indicator, fluid, cave filling, massif Burunduk-Kaya, the Crimean foremountains.

References

1. Klimchouk A.B. Gipogennyj speleogenez, ego gidrogeologicheskoe znachenie i rol' v jevoljucii karsta (Hypogene Speleogenesis, its hydrogeological significance and role in karst evolution). Simferopol: DIP (Publ.), 2013, 180 p. (in Russ.).

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ИДЕНТИФИКАЦИИ ГИПОГЕННОГО КАРСТА НА МАССИВЕ БУРУНДУК-КАЯ (ВОСТОЧНО-КРЫМСКОЕ ПРЕДГОРЬЕ)

2. Judin V.V. Geodinamika Kryma (Geodynamics of the Crimea). Simferopoli: DIP (Publ.), 2011, 336 p. (in Russ.).
3. Lygina E.A. Datskaya i eocenovaya karbonatnye platformy Kryma stroenie i usloviya formirovaniya (Danish and Eocene carbonate platform of the Crimea: structure and formation conditions): avtoreferat dissertacii kandidata geologo-mineralogicheskikh nauk; Geologicheskij institut RAN Moskva, MGU im. M. Lomonosova. Moscow, 2010, 24 p. (in Russ.).
4. Dushevskij V.P., Lysenko N.I. Vozrast razryvnyh narushenij Vostochno Krymskogo predgorya (Age of the faults of the Eastern Crimean foremountains). Byull. MOIP, otd. Geologii, 1978, no. 43(1), pp. 51-53 (in Russ.).
5. Klimchuk A.B., Amelichev G.N., Timokhina E.I., Tokarev S.V. Gipogennyj karst vostochnoj chasti Vnutrennej gryady Predgornogo Kryma (Hypogene karst of the east part of the Crimean Foremountains). Speleologiya i karstologiya, 2012, no. 8, pp. 18-49 (in Russ.).
6. Klimchuk A.B., Timokhina E.I., Amelichev G.N., Dublyanskij Yu.V. Gipogennyj karst Predgornogo Kryma i ego rol v geomorfogeneze regiona (Hypogene Karst of the Crimean Foremountains and its role in the region geomorphogenesis). Simferopol: DIP (Publ.), 2013, 204 p. (in Russ.).
7. Blaga N.N., Popov A.V. Nekotorye aspekty morfogeneza groto i skalnyh navesov Vnutrennej gryady Krymskih gor (Some aspects of morphogenesis of grotto and rock shelters of the Inner ridge of the Crimean mountains). Kultura narodov Prichernomorya, 2009, no. 155, pp. 7-9 (in Russ.).
8. Dushevskij V.P. Karstovi porozhnini Vnutrishnogo kuestovogo pasma Krimu (Karst caves of the Inner cuesta ridge of Crimea). Fizicheskaya geografiya i geomorfologiya, 1970, no. 4, pp. 114-118 (in Ukr.).
9. Klimchuk A.B., Amelichev G.N., Timokhina E.I. Gipogennyj karst yugo-zapadnoj chasti Predgornogo Kryma (Hypogene karst of the south-west part of the Crimean Foremountains). Geologicheskij zhurnal, 2009, no. 1, pp. 63-82 (in Russ.).
10. Klimchouk A.B. Hypogene Speleogenesis: Hydrogeological and Morphogenetic Perspective // National Cave and Karst Research Institute Special Paper no. 1. – Carlsbad, NM : National Cave and Karst Research Institute, 2007. – 106 p.
11. Gorbach L.P., Shekhotkin V.V. Rannepaleocenovaya izvestkovaya kora gornogo Kryma (Early Paleocene limestone crust of the Crimean mountains). Doklady AN SSSR, 1982, vol. 264, no. 1, pp. 137-144.
12. Podgorodeckij P.D., Dushevskij V.P. Ispolzovanie arheologicheskikh dannyh dlya opredeleniya skorosti otstupaniya izvestnyakovykh obryvov v Predgornom Krymu (Using archaeological evidence to determine the rate of retreat of limestone cliffs in the Crimean foremountains). Geomorfologiya, 1974, no. 3, pp. 87-93 (in Russ.).
13. Amelichev G.N., Klimchouk A.B., Timokhina E.I. Speleogenez v melovyh i jeocenovyh otlozhenijah dolin rek Zuja i Burul'cha (vostochnaja chast' Predgornogo Kryma) (Speleogenesis in Cretaceous and Eocene rocks of the Zuja and Burul'cha river valleys (Eastern part of the Crimean Foremountains)). Speleologiya i karstologiya, 2011, no. 7, pp. 52-64 (in Russ.).
14. Blagovolin N.S., Lysenko N.I. Nekotorye voprosy paleogeomorfologii Krymskih gor v svyazi s obrazovaniem Kerchenskih zheleznyh rud (Some questions of paleogeomorphology of the Crimean mountains in connection with the formation of Kerch iron ore). Geomorfologiya, 1978, no. 1, pp. 43-51 (in Russ.).

Поступила в редакцию 27.04.2015 г.