



**Е.И. Тимохина, А.Б. Климчук, Г.Н. Амеличев**

## **Геоморфология и спелеогенез крайней юго-западной части эоценовой куэсты Внутренней гряды Горного Крыма**

Тимохина Е.И., Климчук А.Б., Амеличев Г.Н. Геоморфология и спелеогенез крайней юго-западной части эоценовой куэсты Внутренней гряды Горного Крыма // Спелеология и карстология - № 7. – Симферополь. – 2011. С. 40-51.

**Резюме:** Район (участки Эски-Кермен и Красный Мак) является представительным для исследования механизмов зарождения и эволюции долин на структурном моноклиальном склоне и выявления роли карста (спелеогенеза) в процессе его раскрытия. Условия заложения и особенности распределения и морфологии карстопроявлений в скальных известняковых бортах долин полностью соответствуют концептуальной модели гипогенного спелеогенеза. Наблюдаемые в известняковых обрывах полостные скульптурные формы являются реликтами морфологии гипогенных трещинно-карстовых каналов и их полостной каймы, экспонированными в результате раскрытия известняковых пластов долинами и гравитационно-блокового отступления обрывов. Процессы комплексной поверхностной денудации, воздействующие на экспонированные поверхности известняков, ведут к переработке и уничтожению реликтовой карстовой морфологии. В статье обсуждаются важные аспекты роли гипогенного карста (спелеогенеза) в геоморфогенезе Внутренней гряды.

**Ключевые слова:** гипогенный карст, эоценовая куэста, спелеогенез, геоморфогенез, Эски-Кермен, Внутренняя гряда, Крым.

Тимохіна Е.І., Климчук О.Б., Амелічев Г.М. Геоморфологія та спелеогенез крайньої південно-західної частини еоценової куести Внутрішнього пасма Гірського Криму // Спелеологія і карстологія - № 7. – Симферополь. – 2011. С. 40-51.

**Резюме:** Район (ділянки Эски-Кермен і Червоний Мак) є представницьким для дослідження механізмів зародження і еволюції долин на структурному моноклінальному схилі і виявлення ролі карсту (спелеогенеза) у процесі його розкриття. Умови знаходження і особливості розподілу і морфології карстопрояєів у скельних вапнякових бортах долин повністю відповідають концептуальній моделі гіпогенного спелеогенезу. Спостережувані у вапнякових обривах порожнинні скульптурні форми є реліктами морфології гіпогенних карстово-тріщинних каналів і їх порожнинної облямівки, експонованими в результаті розкриття вапнякових пластів долинами і гравітаційно-блокового відступання обривів. Процеси комплексної поверхневої денудації, що діють на експоновані поверхні вапняків, ведуть до переробки і знищення реліктової карстової морфології. У статті обговорюються важливі аспекти ролі гіпогенного карсту (спелеогенезу) у геоморфогенезі Внутрішнього пасма. Зокрема, показано, що тектоно-карстовий фактор є визначальним у закладенні та формуванні долин, що розкривають вапнякові товщі, а гіпогенна карстова морфоскульптура обумовлює геоморфологічну своєрідність та еволюцію бортів розкритих масивів.

**Ключові слова:** гіпогенний карст, еоценова куеста, спелеогенез, геоморфогенез, Ески-Кермен Внутрішнє пасмо, Крим.

Tymokhina E.I., Klimchouk A.B., Amelichev G.M. Geomorphology and speleogenesis of the extreme south-west part of the Eocene cuesta of the Inner Range of the Mountainous Crimea // Speleology and Karstology - № 7. – Simferopol. – 2011. P. 40-51.

**Abstract:** The region (the areas of Eski-Kermen and Krasny Mak) is representative for studying mechanisms of initiation and evolution of valleys on the structural monoclinal slope and revealing of the role of karst (speleogenesis) in the process of its dissection. Condition of occurrence and peculiarities of distribution and morphology of karst features in limestone outcrops of valley slopes are fully concordant with the conceptual model of hypogene speleogenesis. Cavernous sculptural forms observed in the limestone scarps are relicts of morphology of hypogenic fracture-karst conduits and their cavernous fringe, exposed in the course of dissection of limestone strata by valleys and gravitational block-failure retreat of scarps. Processes of external denudation acting upon exposed limestone surfaces lead to remodelling and wiping of the relict karst morphology. The paper discusses important aspects of the role of hypogene karst (speleogenesis) in the geomorphogenesis of the Inner Range. It is shown in particular that the tectonically controlled karst zones are determinative in localization and formation of valleys that entrench into the limestone strata, and that hypogenic karst morpho-sculpture determines geomorphic singularity and evolution of edges of entrenched massifs.

**Keywords:** hypogenic karst, Eocene cuesta, speleogenesis, geomorphogenesis, Eski-Kermen, Inner Range, Crimea.

## ВВЕДЕНИЕ

Район исследований расположен в крайней юго-западной части Внутренней гряды Горного Крыма, замыкая полосу выходов эоценовых отложений гряды. Далее к юго-западу они погружаются под неогеновые отложения. Район является представительным в плане изучения геоморфологических условий относительно молодой стадии денудационного раскрытия (расчленения) структурного склона и формирования куэстового рельефа, а также выявления роли спелеогенеза в процессе такого раскрытия. Характерной особенностью района являются серии сближенных долин, обособляющих выразительные плосковершинные и крутостенные останцы, сложенные эоценовыми известняками, с богатым комплексом карстовой скульптурной морфологии.

До недавнего времени роль карстовых процессов в геоморфогенезе Предгорья в целом и данного района в частности не учитывалась либо рассматривалась локально на уровне образования отдельных мезо- и микроформ рельефа (карстовые гроты, микрокарры и т.п.), что объяснялось традиционным взглядом на карстообразование водами поверхностного питания в гидрогеологически открытых условиях, близких к современным. Современное развитие карста Предгорья ограничено засушливостью климата, сравнительно слабой трещиноватостью и небольшой мощностью массивов карбонатных пород (Душевский, 1971; Душевский, Кузнецов, 1991; Ключин, 2007). Проведенными в последние годы специальными исследованиями выявлено гипогенное происхождение каналово-полостных систем Внутренней гряды (Климчук, Амеличев, Тимохина, 2009; Климчук, Тимохина, 2011; Климчук и др., 2011), т.е. их формирование в закрытых гидрогеологических условиях напорного водоносного комплекса, в относительно низкодинамичной среде, при взаимодействии восходящих трещинно-жильных вод глубокой циркуляции с пластовыми водами более мелкой системы стока, при большой роли конвективной циркуляции в морфогенезе образующихся полостей. Свидетельства такого происхождения отражены в структуре, условиях заложения, морфологии и отложениях каналово-полостных систем. В морфологии образующихся полостей отчетливо выражена большая роль конвективной циркуляции, мезоформы которой являются одним из ключевых признаков-индикаторов гипогенного спелеогенеза.

Установление гипогенного генезиса карста Предгорья дает основание к новой трактовке геоморфогенеза как на локальном (происхождение форм известняковых обрывов), так и на региональном (закономерности и процессы расчленения первичного моноклиального структурного склона Горного Крыма) уровнях.

Целью настоящей статьи является детальная характеристика геоморфологии и карстопроявлений в районе Эски-Кермен, обсуждение происхождения последних и выявление их роли в геоморфогенезе района.

## ПОЛОЖЕНИЕ И ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА

Исследуемый район охватывает крайний юго-западный участок выходов эоценовых отложений Внутренней гряды Горного Крыма западнее долины р. Каралезка и с. Залесное (рис. 1). В рельефе тут выражены обращенные к югу палеоцен-верхнемеловая куэста и находящаяся на ее структурном склоне эоценовая куэста. Последняя исчезает в 5 км западнее Каралезской долины с погружением эоценовых известняков под неогеновый покров. Выраженность обоих куэст в рельефе обусловлена наличием и моноклиальным залеганием (5-10° к северу-северо-западу) известняковых слоев соответствующего возраста. Наклоненная на север структурная поверхность эоценовой куэсты в этом районе расчленена сериями сближенных U-образных долин с обрывами эоценовых известняков, в которых спонированы многочисленные карстопроявления. Одна такая серия, состоящая из семи долин, расположенных непосредственно западнее Каралезской долины, называется в настоящей статье участком Красный Мак (рис. 2, справа). Вторая серия из четырех долин расположена в 3,5 км к юго-западу и называется участком Эски-Кермен – по одноименным междолинному останцу и пещерному городищу (рис. 2, слева).

Долины обоих участков расчленяют пласт эоценовых известняков на серии узких (50 – 400 м шириной) полностью или в значительной степени обособленных останцев с плоскими наклоненными к северу поверхностями.

Долины участка Красный Мак простираются субпаралельно. Три западные долины верховьями (к югу) выходят на фронт уступа эоценовой куэсты, но долина V-1 его не вскрывает полностью и остается подвешенной. Три восточные долины сочленяются между собой и в верхней, и в нижней частях,

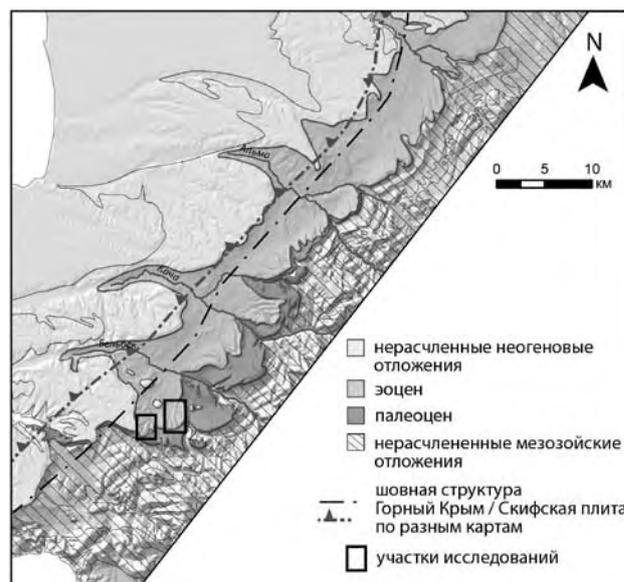


Рис. 1. Расположение района исследований в пределах Внутренней гряды: 1 – участок Эски-Кермен; 2 – участок Красный Мак.

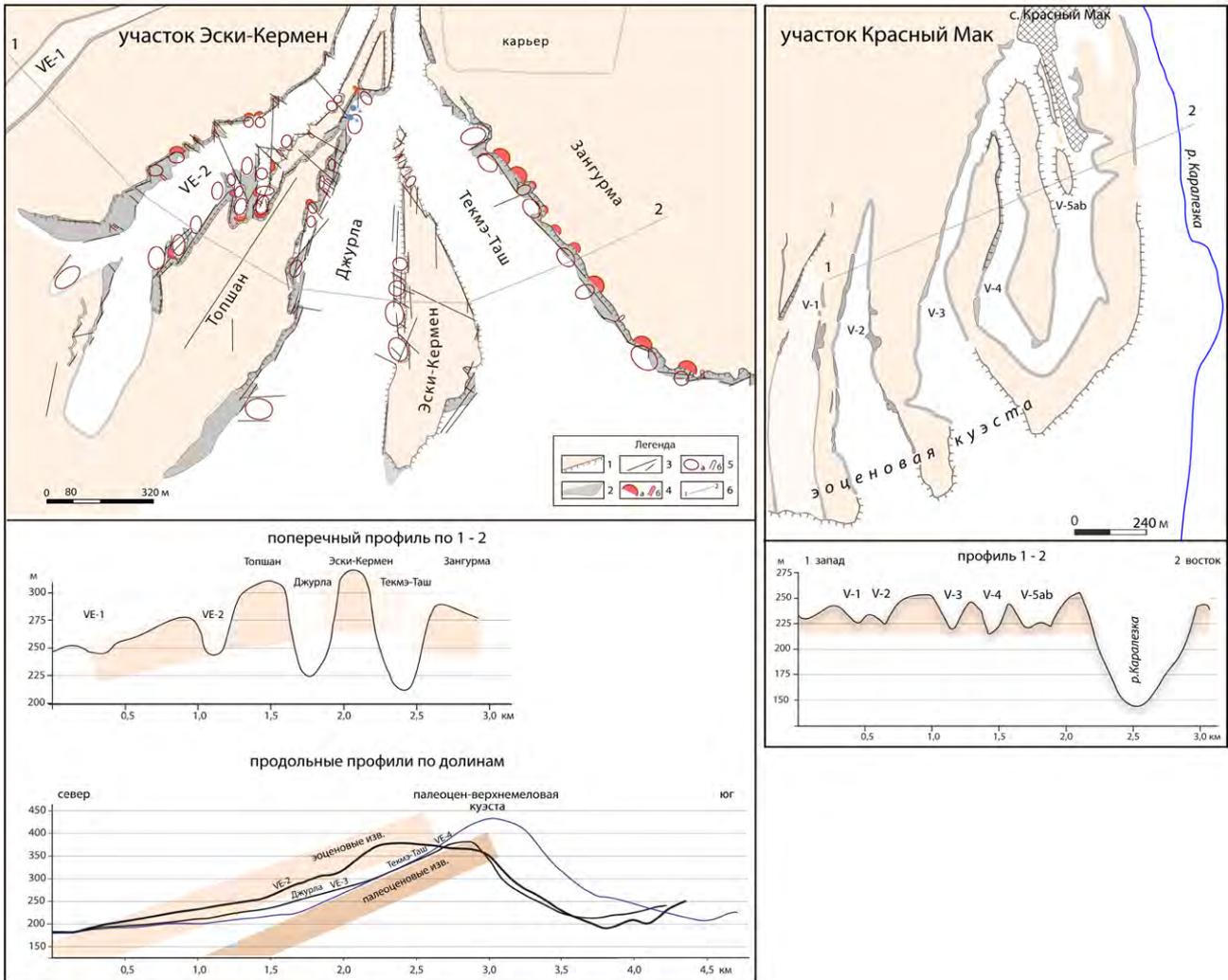


Рис. 2. Схемы и профили (по линиям 1-2) долин и останцев участков Эски-Кермен (слева) и Красный Мак (справа). Схема участка Эски-Кермен содержит геолого-карстологическую информацию. Легенда: 1 – субвертикальные обрывы; 2 – сглаженные денудацией бровки склонов; 3 – линейменты - следы крупных трещин по данным дешифрирования космоснимков; 4 – реликтовые фрагменты полостей: а – гроты; б – каналы; 5 – приблизительная реконструкция распределения полостей в прибортовых участках долин: а – камеры; б – каналы.

разграничивая узкие полностью обособленные останцы. Сочлененное верховье долин V-4 и V-5 остается замкнутым к югу, отделяясь узкой перемычкой нерасчлененных известняков от смежного к югу уступа куэсты. Наиболее глубокой среди них является долина V-4 (отметки 210 м в средней части). Относительные превышения поверхностей останцев над соседними долинами колеблются от нескольких м до 70 м. Ширина долин колеблется от 80 до 150 м; лишь выходящие на уступ куэсты западные долины расширяются там до 250-300 м.

Долины участка Эски-Кермен расходятся веером в южных румбах от одной точки в долине Текмэ-Таш. Долины Текмэ-Таш и Джурла к югу выходят на фронт уступа эоценовой куэсты, а три отвершка долины VE-2 остаются замкнутыми (мешкообразными в плане), отделяясь от уступа значительной плосковершинной перемычкой. Отметки днищ долин в их средних частях снижаются с запада на восток от 260 м (VE-1) до 210 м (Текмэ-Таш), а в месте слияния всех долин в нижней части отметки днища снижаются до 180 м. Отметки вершинных поверхностей останцев достигают 330 м, с

относительным превышением над днищами до 110 м. Ширина долин в средней части достигает 300 м.

Полная обособленность останцового массива Эски-Кермен обусловила появление здесь в VI в. н.э. «пещерного» города, одного из самых больших в Крыму, насчитывающего около 400 искусственно вырубленных ниш и гротов. В устройстве значительной их части, вероятно, использовались естественные полости, модифицируемые под потребности использования. Как и во многих других местах Предгорного Крыма, на участке Эски-Кермен изобилие естественных гротов и ниш в обрывах долин и, особенно, плосковершинных останцев, использовалось человеком и провоцировало создание искусственных полостей и поселений «пещерного» типа.

Литостратиграфическая характеристика разреза склоновых обнажений района представлена на рис. 3. В склонах долин обнажаются эоценовые отложения, с видимым уклоном слоев от 1-2° до 8-10° в зависимости от ориентировки участков обнажений по отношению к направлению падения. В разрезе эоцена Крыма выделяются пять регионарусов (снизу вверх):

бахчисарайский, симферопольский, новопавловский, кумский и альминский (Державна геологічна карта України..., 2005), залегающие согласно, без перерыва. Днища наиболее низких сегментов долин верхнего яруса (кроме более глубокой Каралезской долины) заложены по мергелисто-глинистой толще бахчисарайского яруса. В обрывистой части склонов долин района обнажаются карбонатные породы симферопольского и новопавловского ярусов, а на структурной поверхности эоценовой куэсты местами сохранены мергелисто-глинистые отложения кумской и альминской свит.

Бахчисарайский ярус залегает на качинских (палеоцен) мергелях и глинах с перерывом, фиксирующимся по резкой смене литологического состава и наличию глауконитового песчаника, связанным с трансгрессией в раннем-среднем эоцене. Отложения качинской свиты обнажаются в нижних частях Каралезской долины и южнее уступа эоценовой куэсты. К северо-востоку по простиранию эоценовых пород мощности бахчисарайского яруса возрастают, достигая максимума на левобережье р. Бельбек (Бархатова и др., 1975).

Разрез нуммулитовых известняков симферопольского яруса, слагающих основу обрывистых скальных обнажений с карстовыми формами, неоднороден по структурно-текстурным характеристикам, но переходы между отдельными пачками постепенные. В основании залегают песчанистые известняки с глауконитово-кварцевыми зернами. Выше по разрезу чередуются слои разной мощности преимущественно светло-серой окраски, различающиеся по плотности, первичной пористости

и проницаемости. В карстовой морфологии обрывов четко отражаются активные плоскости между отдельными слоями и слои, характеризующиеся более высокой рассеяной (поровой) проницаемостью. Часто встречается вторичное ожелезнение. В верхней части обнажений залегает 15-метровая толща более плотных нуммулитовых известняков, равномерно насыщенная раковинами крупных фораминифер (до 20% от породы), с субвертикальными ходами илоедов размером до 15 см, заполненными пелитоморфным рыхлым материалом. В породе присутствуют остатки морских ежей, двустворок (Лыгина, 2010).

В тектоническом отношении район расположен в зоне сочленения (шовной зоне) структур Скифской плиты и Горно-Крымского сооружения, которая характеризуется как Крымский глубинный разлом (Державна геологічна карта України..., 2005) или, в рамках мобилистской концепции, как Предгорная коллизийная сутура поддвига субконтинентального фрагмента коры под плиту (Юдин, 1995). Эта зона имеет ширину до 10 км, контролирует наиболее крутую часть погружения к северу Севастопольско-Симферопольской моноклинали нижнеальпийского структурного яруса и проявляла тектоническую активность на протяжении всего альпийского этапа развития территории.

Трещиноватость неравномерно распределена в толще нуммулитовых известняков. Наблюдениями в карьерах, расположенных на удалении от долин в пределах структурного склона куэсты выявляются редкие одиночные субвертикальные и косые трещины, преимущественно незакарстованные, с шагом в десятки и сотни метров в системах. Однако

густота трещин резко возрастает в придолинных участках, скальных склонах и обрывистых обнажениях долин. Тектонические трещины преимущественно субвертикальны, хотя имеются и наклонные, и несут признаки закарстованности и минерализации. Большинство из них секут всю толщу нуммулитовых известняков, но некоторые прекращаются на выраженных плоскостях напластования. Разгрузка напряжений в бортах массивов выражается в дополнительном раскрытии закарстованных тектонических трещин и отседании по ним скальных блоков в обрывах. Новообразованные трещины разгрузки и гравитационные трещины скола имеют признаки свежести (отсутствие закарстованности и минерализации) и разнообразны по пространственной ориентировке.

Выделение покрупномасштабным космоснимкам и анализ линейamentos (показаны на рис. 3, слева) по следам трещин на обнаженных поверхностях известняков в бортах долин участка Эски-Кермен показывают преобладание субмеридиональной



Рис. 3. Литостратиграфический разрез эоценовых отложений района с. Красный Мак (по Лыгиной, 2010) и его корреляция с карстопроявлениями, наблюдаемыми в бортах долин. Условные обозначения (в скобках приведены термины, применимые для реликтов соответствующих карстопроявлений в обрывах куэст): 1 – карстовый канал по субвертикальной трещине; 2 – камеры (гроты), 3 – ниши; 4 – крупные каверны (гроты); 5 – полусферические конвекционные карманы (округлые ниши, гроты); 6 – зоны кавернозности (а – кластерные, б – стратиформные); 7 – активные плоскости напластования и слои повышенной проницаемости.

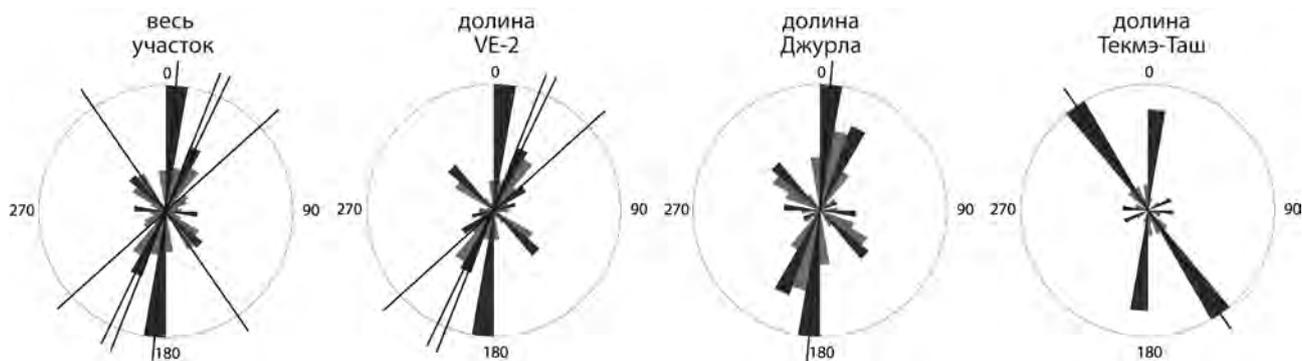


Рис. 4. Розы-диаграммы трещиноватости участка Эски-Кермен: сводная (слева) и по отдельным долинам (остальные). Простирания прямолинейных участков долин показаны линиями.

(0-10° – 180-190°) и диагональных (310-330° – 130-150° и 20-30° – 200-110°) систем, но доминирующая и модальные ориентировки несколько меняются от долины к долине (рис. 4). Простирания прямолинейных участков отдельных долин (показаны линиями на розах-диаграммах) соответствуют доминирующим направлениям трещиноватости, за исключением долины VE-2, где общедолинные трендовые направления соответствуют подчиненным модам диаграмм.

Приведенные наблюдения и анализ рис. 2 определенно указывают на то, что заложение долин, вскрывающих пласт эоценовых известняков, контролируется положением определенным образом ориентированных тектонических трещинных зон шириной 100-400 м, характеризующихся высокой густотой трещиноватости. Следует предположить, что такие трещинные зоны соответствуют крупным нарушениям в подстилающей толще пород.

#### КАРСТОВАЯ ПРИРОДА ГРОТОВ И НИШ И КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ СПЕЛЕОГЕНЕЗА

В известняковых обнажениях склонов долин изучаемого района обильно представлены ниши и гроты, широко распространенные также в других местах Внутренней гряды. Понятия «грот» и «ниша» имеют морфолого-морфометрический, но не генетический смысл, но при этом имеют неопределенные значения (Тимофеев и др., 1991). Под гротом мы будем понимать полость, у которой ширина или высота у входа больше латерального углубления в массив. Ниши отличаются большей шириной – латеральным измерением полости вдоль обнажения.

Гроты и ниши в Предгорном Крыму традиционно считались формами комплексной денудации экспонированных известняковых поверхностей, ведущую роль в которой отводилась дефляции и гравитационному сносу (Душевский, Кузнецов, 1991; Душевский, Клюкин, Солдатов, 1979; Подгородецкий, Душевский, 1974; Блага, Попов, 2009), т.е. некарстовыми образованиями. При этом их генезис рассматривался в отрыве от генезиса других форм полостной скульптурной морфологии известняков, таких как зоны кавернозности, крупные каверны, закарстованные трещины и пещеры. Представления о роли в генезисе ниш и гротов комплексной поверхностной денудации,

механизмы избирательности и специфического формообразования которой в упомянутых работах должным образом не раскрывались, не согласуются со многими важными особенностями локализации, распространения и морфологии самих ниш и гротов.

В последние годы исследованиями Украинского Института спелеологии и карстологии МОНМС и НАН и Украины развиваются представления о гипогенном генезисе карста Предгорья, получающие разностороннее обоснование геоморфологическими, геолого-гидрогеологическими, спелеоморфогенетическими, минералогическими и изотопно-геохимическими данными (Климчук, Амеличев, Тимохина, 2009; Климчук, Тимохина, 2011; Климчук, Тимохина, Амеличев, 2011). Гипогенная модель генезиса карста Предгорья (см. рис. 1 в последней упомянутой статье) раскрывает тесную функционально-генетическую взаимосвязь различных полостных форм, представленных в регионе. Согласно этой модели, карст формировался в закрытых гидрогеологических условиях напорного водоносного комплекса с относительно низкодинамичной средой, при взаимодействии восходящих трещинно-жильных вод глубокой циркуляции с пластовыми водами более мелкой системы стока, при большой роли конвективной циркуляции в морфогенезе образующихся полостей. Наблюдаемые в известняковых обрывах Предгорья полостные скульптурные формы являются реликтами морфологии гипогенных трещинно-карстовых каналов и их «полостной каймы», экспонированными в результате раскрытия известняковых пластов долинами и гравитационно-блокового отступления обрывов. Процессы комплексной поверхностной денудации, воздействующие на экспонированные поверхности известняков, ведут к переработке и уничтожению реликтовой карстовой морфологии.

Ведущим механизмом гипогенного растворения в условиях Предгорья была «коррозия смешивания», - известный эффект возобновления потенциала растворения кальцита при смешивании двух насыщенных (или близких к насыщению) вод, различающихся по содержанию углекислоты (Лаптев, 1939; Bogli, 1964; Dreybrodt et al., 2005). Причиной такого эффекта является вогнутость кривой насыщения кальция в координатах концентрация –  $\text{pCO}_2$ . Гидрогеологической предпосылкой действия этого механизма является взаимодействие восходящих трещинно-жильных вод глубокой циркуляции с

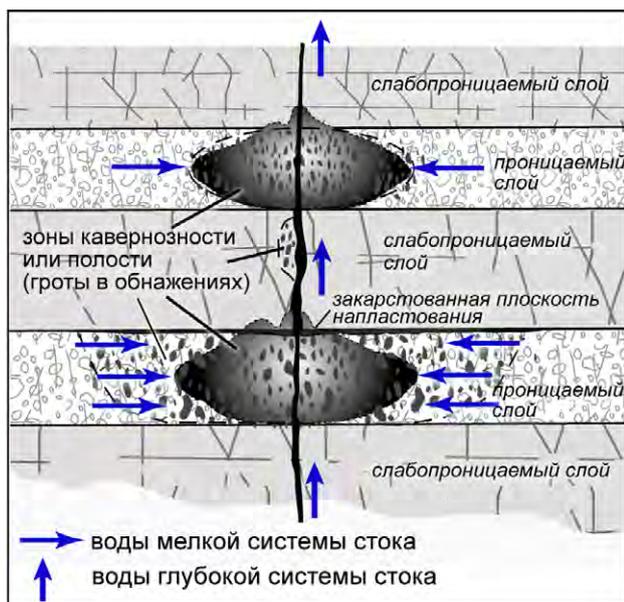


Рис. 5. Концептуальная модель формирования зон кавернозности и расширенных интервалов закарстованных трещин (в обнажениях выраженных как гроты и ниши) за счет коррозии при смешивании вертикального и латерального потоков.

пластовыми водами более мелких систем подземного стока. Условием его реализации в пластовой структуре является наличие субвертикальных сквозных трещинных каналов, проводящих восходящий поток через известняковые пласты верхней части разреза и служащих, в силу своей высокой водопроницаемости, дренами для окружающей поровой водовмещающей среды (рис. 5). Свидетельством действия механизма коррозии смешивания является повсеместная приуроченность различных карстопоявлений и их элементов (камер, крупных каверн, зон кавернозности, расширенных участков закарстованных трещин) к областям пересечения субвертикальных и латеральных структур проницаемости.

Характеристики заложения, распределения и морфологии карстопоявлений в пределах изучаемого района хорошо согласуются с упомянутыми моделями и позволяют конкретизировать и иллюстрировать механизмы их образования и экспонирования.

## ХАРАКТЕРИСТИКА КАРСТОПРЯВЛЕНИЙ

Ниже приводится классификация и описание карстопоявлений по данным проведенных полевых исследований. Условия заложения, особенности распределения и морфология отдельных карстопоявлений иллюстрируются фотографиями на рис. 6-9.

1. *Субвертикальные трещинно-карстовые каналы (закарстованные трещины).* При раскрытии долинами и гравитационно-обвальном удалении материала в сторону долин, закарстованные трещины систем, субпараллельных простиранию обрывов, демонстрируют сложную морфологию оставшейся стенки (см. рис.6).

2. *Расширенные до метровых размеров интервалы закарстованных трещин,* идентифицируемые как латеральные карстовые каналы (хода в пещерах), как ниши в раскрытых субпараллельных обрыву системах (2 на рис. 6) и как фрагменты реликтовых пещерных ходов в поперечных системах.

3. *Камеры* – уплощенные или изометричные изолированные полости размерностью от единиц до первых десятков метров. При раскрытии и частичном уничтожении таких камер долинами, их реликты в субвертикальных обнажениях идентифицируются как гроты, а при полном уничтожении навесов – как округлые кулуары-амфитеатры в обрывах, иногда образующие фестончатые серии в скальных бортах долин.

4. *Полусферические конвекционные карманы.* Могут располагаться обособленно в стенах трещинно-карстовых каналов, но часто организованы в вертикальные серии, отражающие участки сосредоточения восходящего потока по трещине и соответствующего расширения. Такие участки иногда выделяются в виде восходящих ственных каналов. Крупные конвекционные карманы в экспонированных стенках закарстованных трещин (т.е. – в обрывах) часто трактуются как гроты.

5. *Крупные каверны* – изометричные или овальные полости с размерностью от первых десятков сантиметров до метра, иногда смыкающиеся между собой (2-3 полости), часто организованные в стратиформные серии. Входят в состав полостной каймы субвертикальных трещинно-карстовых каналов. Полости этого типа встречены в изобилии на участке Красный Мак, а также у с.Белокаменка (северо-восточнее данного района).

6. *Зоны кавернозности* – площади густого развития мелких (1-10 см в поперечнике) каверн в плоскости обнажений, где порода становится подобной губке. Такие зоны могут быть кластерными (6а - ареалы неправильной формы) или стратиформными (6б). Входят в состав полостной каймы субвертикальных трещинно-карстовых каналов.

Среди этих форм основными, контролирующими все остальные, являются закарстованные трещины – субвертикальные трещинно-карстовые каналы. Гроты и ниши (формы 2 и 3), а также конвекционные карманы (4) являются формами расширенных участков стен таких каналов, экспонированных в обнажениях при распаде массивов. Формы 5 и 6 являются полостями пристеночной полостной каймы таких каналов и распространяются вглубь породы не более чем на 1 - 2 м.

В обнажениях долин верхнего яруса участка Красный Мак преобладают гроты, образованные по уплощенным камерам, хотя в борту Каралезской долины встречаются крупные изометричные гроты. Тут также обильно представлены крупные каверны в стратиформных сериях и (5) и зоны кавернозности, которые менее заметны на участке Эски-Кермен, по-видимому ввиду большей степени денудационной переработки обнажений (относительно мелкие формы уничтожаются).

На участке Эски-Кермен широко распространены крупные гроты, как образованные по камерам,

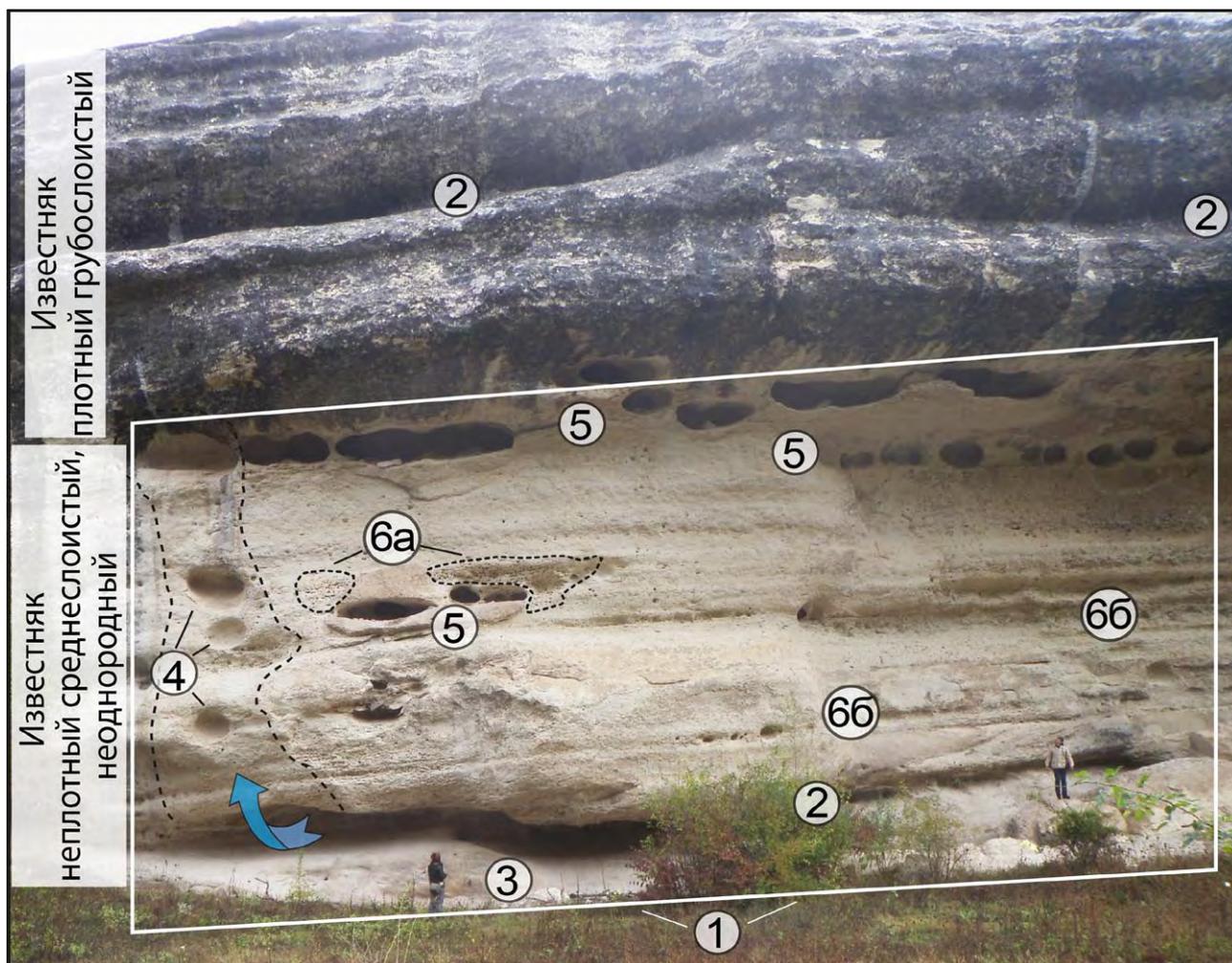


Рис. 6. Карстовые формы в обнажении эоценовых известняков на участке Красный Мак, экспонированные в результате гравитационно-обвального раскрытия субвертикального гипогенного трещинно-карстового канала (плоскость которого показано рамкой). Механизм такого раскрытия иллюстрируется рис. 9. Формы, обозначенные цифрами в кружках, характеризуются в тексте.

так и представляющие собой конвекционные карманы (рис. 7 и 8). Первые имеют четкую стратиграфическую приуроченность, тогда как вторые могут отклоняться от нее (рис. 7, Г). Гроты – реликты морфологии закарстованных трещин, ориентированных субпараллельно склону, часто не имеют видимых контролирующих трещин, так как они уже раскрыты и уничтожены долиной. Однако многие гроты контролируются трещинами, поперечными к простиранию обрывов; тогда они прослеживаемы в основании, замыкании и своде гротов (рис. 7, А-В). Однозначными свидетельствами «закрытого» (в массиве) карстового генезиса гротов являются многочисленные примеры их значительной обособленности от долины (рис. 7, Е) и наличия скульптурных округлых и каналаобразных форм конвекционного растворения на внутренних стенах и сводах (рис. 8, А-Б). Фото Б на этом рисунке также демонстрирует примеры ниш и конвекционных карманов в вертикальных сериях.

Таким образом, реликтовые карстопроявления, экспонированные в обрывах останцовых массивов эоценовой куэсты, демонстрируют выразительную

морфологию, характерную для гипогенного спелеогенеза и наблюдаемую в «закрытых» полостях, и проявляют тесные функциональные взаимосвязи между отдельными элементами спелеогенного морфоскульптурного комплекса.

#### РОЛЬ ГИПОГЕННОГО СПЕЛЕОГЕНЕЗА В ГЕОМОРФОГЕНЕЗЕ

Установление гипогенного генезиса карста Предгорья дает основание к новой трактовке геоморфогенеза региона в нескольких взаимосвязанных аспектах. Во-первых, структуры гипогенного карста, формирование которых предшествовало формированию рельефа, следует считать важнейшей предпосылкой заложения и развития долин на моноклиальном склоне, т.е. – предпосылкой и фактором регионального морфогенеза, образования куэстового рельефа Предгорья и его дальнейшего расчленения. Во-вторых, наличие структур гипогенного карста вдоль бортов уже врезанных в известняки долин определяет механизмы отступления склонов и контролирует положение и конфигурацию их сегментов.

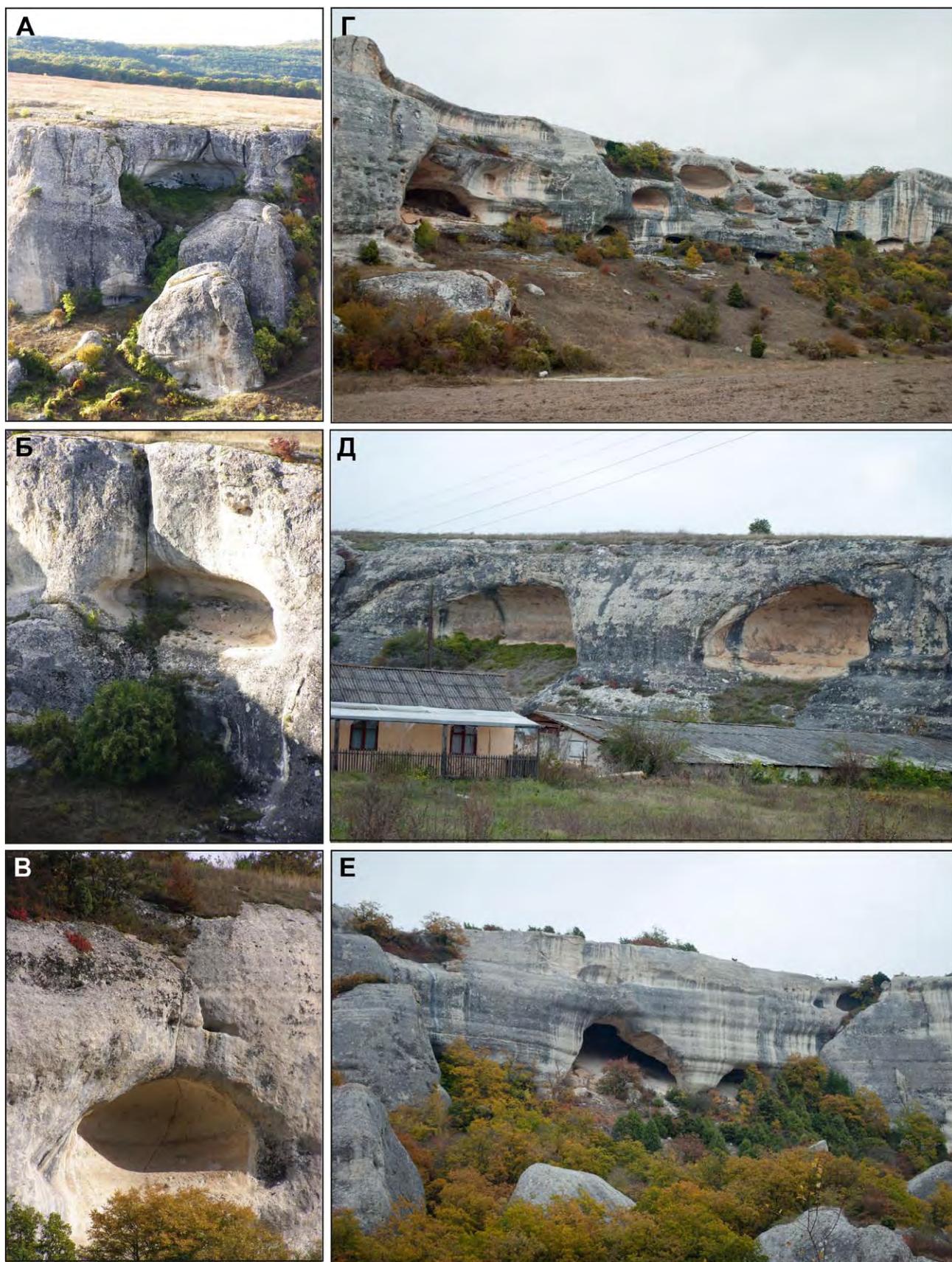


Рис. 7. Заложение и морфология гrotов на участке Эски-Кермен. Фото А-В иллюстрируют трещинный контроль заложения гrotов. Грот на фото Е показывает высокую степень обособленности полостей от долины и процесс их гравитационно-обвального экспонирования – разрушения перемычки между камерой и долиной. Остальные пояснения в тексте.

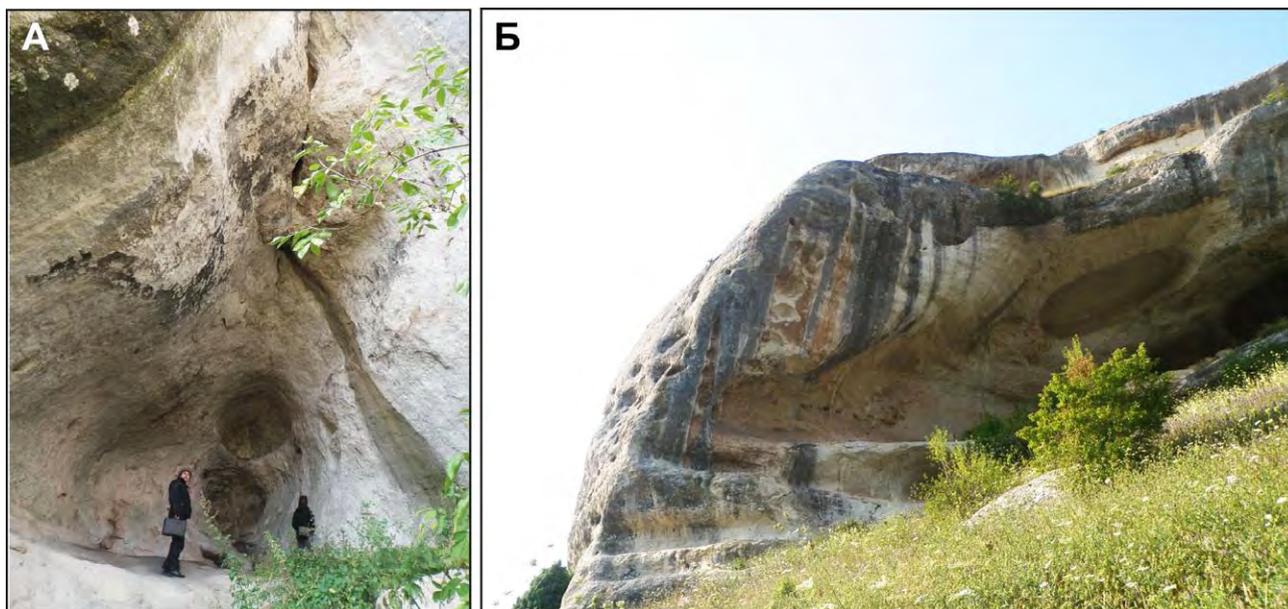


Рис. 8. Примеры скульптурных форм конвекционного растворения на внутренних стенах и сводах гротов (участок Эски-Кермен). На фото Б также видны вертикальные серии конвекционных карманов в обнажении.

В-третьих, скульптурная морфология остающихся в бортах массивов стенок раскрытых трещинно-карстовых каналов определяет номенклатуру и своеобразие карстопоявлений, экспонированных в известняковых обрывах куэст. Рассмотрим эти тезисы подробнее на примере района исследований.

Выше нами показано, что заложение долин, вскрывающих пласт эоценовых известняков, контролируется положением определенным образом ориентированных тектонических зон шириной 100-400 м, характеризующихся высокой плотностью трещиноватости. Такие зоны (и составляющие их отдельные трещины) фокусируют сквозьформационный водообмен в пластовой гидрогеологической структуре и подвергаются интенсивному гипогенному закарстованию. Очевидно, что при начальном вскрытии кровли пласта известняков поверхностной денудацией, будь то плоскостной смыв или начальное эрозийное врезание в покровные глинистые отложения, трещинно-карстовые зоны обеспечат немедленную фиксацию прадолин и резкое ускорение их углубления и разработки. Механизмами такой фиксации и разработки являются провалы сводов крупных гипогенных камер и каналов, концентрация периодического поверхностного стока и разгрузки подземных вод в формирующихся долинах, а также гравитационно-обвальная деструкция целиков-перемычек между вскрытыми карстовыми полостями.

На контролируемую роль тектонического фактора в заложении долин Предгорья указывали многие исследователи. В свете модели гипогенного карста и материалов данного исследования очевидно, что контроль определяется *тектонно-карстовым* фактором, т.е. – гипогенными карстовыми системами, сформированными по структурно-тектонической предпосылке. Закарстованность тектонических нарушений резко усиливает фиксацию зарождающихся долин и ускоряет их углубление и латеральную разработку в интервале известняковой толщи.

Приведенные положения о карстовом генезисе долин района подтверждаются их отчетливо нефлювиальным рисунком (см. рис. 2), близостью долин в субпараллельных системах, вертикальностью бортов даже в молодых и неглубоких долинах, очевидной настоящей или недавней замкнутостью – слепыми мешкообразными замыканиями в верховьях. Признаки равномерного флювиального углубления от законтурных верховий к врезанным частям долин отсутствуют, а мешкообразные замыкания долин выражены резкими и глубокими уступами, обычно с гротами – реликтами крупных камер.

Показательным примером сближенной фиксации долин является участок Красный Мак, где четыре резко очерченные субпараллельные долины врезаны на промежутке поперечного профиля около 1,5 км. Мешкообразные замыкания четко выражены во всех трех отвершках долины VE-2 участка Эски-Кермен, которые остались непрорванными на фронт куэсты. Очевидно, что выход на фронт куэсты прочих долин обоих участков происходил отступанием их первоначально мешкообразных верховий. Еще более ярким примером являются две небольшие мешкообразные долины субмеридионального простирания, заложенные в северо-западном борту останца Топшан, содержащие отчетливые признаки формирования путем вскрытия крупных полостей типа камер. Они сохраняются в малоизмененном виде ввиду ограниченности питания на изолированном останце Топшан для попятной эрозии.

После оформления врезанной долины по осевой части трещинно-карстовой зоны, отступление напряженных бортов долины происходит преимущественно путем отседания и обвала блоков известняков по остающимся в них краевым трещинно-карстовым каналам того же простирания, чем обеспечивается продолжающееся экспонирование «свежей» карстовой морфологии трещин и их

полостной каймы. Такой механизм действует во многих уступах эоценовых и палеоценовых известняков по всей Внутренней гряде и хорошо выражен в молодых долинах участка Красный Мак (рис. 9). Ситуации гравитационно-обвальных кулуаров и ниш, раскрывающих лишь частично трещинно-карстовые каналы в отдельных сегментах обрывов, позволяют проследить их продолжения в нераскрытые участки, где они демонстрируют типичную морфологию щелеобразных каналов. Такие ситуации, задокументированные нами и во многих

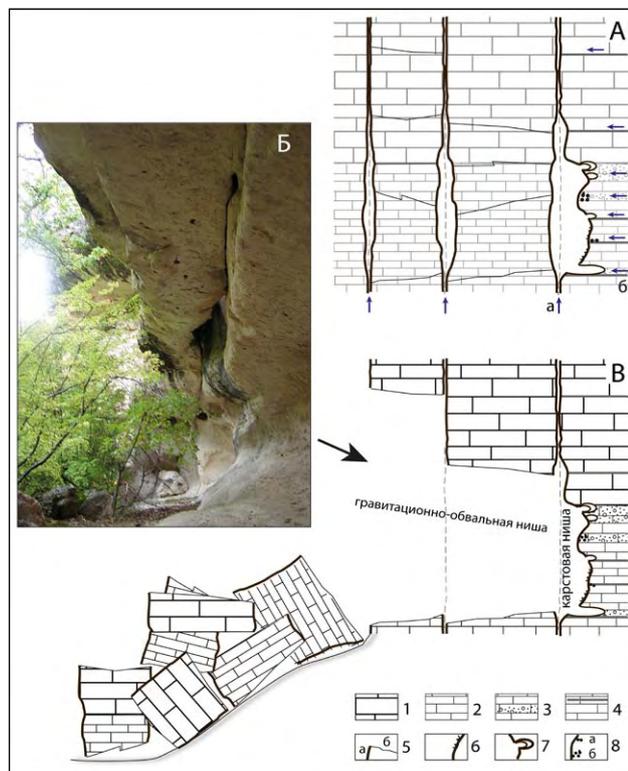


Рис. 9. Условия формирования (А) и механизм экспонирования (Б и В) гипогенных карстопроявлений в эоценовых известняках на участке Красный Мак. А – гипогенные полости в гидрогеологически закрытой обстановке их формирования (стрелками показано движение подземных вод: а - восходящее по трещинным каналам; б - латеральное по более проницаемым прослоям и активным плоскостям напластования). Б - Фото участка обнажения, иллюстрирующее гравитационно-обвальный механизм экспонирования скульптурной морфологии гипогенно-закарстованных трещин. Трещина прослеживается в нависающем карнизе (вверх) и боковом замыкании обвальной ниши (вперед по простиранию). Видны вертикальные каналы и латеральные скульптурные углубления-ниши, а также конвекционные карманы и примыкающие крупные каверны. См. номенклатуру карстопроявлений на рис. 6. В - гравитационно-обвальный механизм экспонирования гипогенной карстовой скульптуры в современных вертикальных обнажениях. Условные обозначения: 1 - грубослоистые плотные известняки; 2 - среднеслоистые неплотные известняки; 3 - прослои с повышенной пористостью и проницаемостью; 4 - раскрытые (активные) плоскости напластования; 5 - а - поверхности гипогенного растворения; б - поверхности гравитационного отрыва и внешнего выветривания; 6 - участки ячеистой поверхности («тафони») по коре гипогенного выветривания; 7 - пристеночные крупные каверны (камеры); 8 - пристеночные зоны каверности: а - стратоформные; б - кластерные.

других участках Предгорья, являются прямыми эмпирическими доказательствами гипогенно-карстовой (спелеогенной), а не внешней денудационной, природы экспонируемых в обрывах карстопроявлений.

В гидрогеологической ситуации, представленной на рис. 5, одним из регуляторов эффективности растворения смешивания является интенсивность латерального притока к вертикальному трещинно-карстовому каналу по проницаемым слоям или плоскостям. Такой приток может быть двусторонним и относительно равномерным, если вертикальный канал ориентирован параллельно направлению латерального потока на участке, и односторонним, если канал ориентирован поперек потока. Соответственно, расширение канала в области смешивания может быть симметричным или ассиметричным. Этот эффект продемонстрирован на различных примерах трещинно-карстовых каналов в северном Причерноморье (Климчук, Пронин, Тимохина, 2010) и Внутренней гряде Горного Крыма (Климчук, Тимохина, 2011). В условиях линейной трещинной зоны, образованной сгущением отдельных трещин, латеральный поток перехватывается трещинами по внешним краям зоны. Соответственно, следует ожидать наиболее выраженное расширение в интервале притока (т.е. – формирование камер и форм полостной каймы) в тех каналах, которые занимают краевое положение в трещинной зоне, причем оно будет ассиметричным. Латеральные притоки к трещинам в центре зоны будут ограниченными, а их расширение – менее выраженным и более равномерным по вертикальному профилю.

Согласно этим теоретическим соображениям, крупные камеры и каверны должны преимущественно развиваться по краевым трещинам зоны, а трещины в ее центре - сохранять симметричную щелеобразную форму при меньшем общем расширении. Врезанием и начальной разработкой долин уничтожаются гипогенные каналово-полостные элементы осевой части трещинно-карстовых зон, а краевые элементы с широким развитием крупных камер и каверн сохраняются в бортах долин. Последующее гравитационно-обвальное блоковое отступление обрывов по оставшимся в бортах субпараллельным трещинно-карстовым каналам, во-первых, поддерживает вертикальность бортов долин, а во-вторых – выводит в экспонированное состояние «свежие» поверхности трещинно-карстовых каналов и формы их полостной каймы. При этом оказываются вскрытыми крупные камеры, каверны и ниши внешних трещинно-карстовых каналов, выраженные как гроты и ниши в обнажениях. Этим объясняется столь характерное для всей Внутренней гряды широкое развитие гротов и ниш в субвертикальных известняковых обнажениях долин.

Особенности морфологии скальных бортов долин изучаемого района полностью соответствуют изложенным представлениям. На участке Красный Мак долины наиболее молодые, сближенные и узкие, характеризуются меньшим количеством гротов и их менее крупными размерами. Борты долин характеризуются вертикальностью и продолжающимся отступанием по трещинно-карстовым каналам. На участке Эски-Кермен долины более разработаны в ширину. Их борта контролируются краевыми трещинно-

карстовыми каналами с большим количеством крупных камер, экспонированных как гроты (рис. 7). Значительная степень выработанности долинами линейных элементов трещинно-карстовых зон обуславливает замедление процесса отседания блоков и более высокую степень сглаженности скальных обнажений поверхностной денудацией. На многих участках бортов гроты расположены в регулярных сериях (рис. 7, Д), а их дальнейшее раскрытие приведет к образованию округлых кулуаров-амфитеатров.

Обилие округлых кулуаров-амфитеатров, образующих фестончатые серии в скальных бортах, наблюдается в более глубоких и разработанных в ширину долинах района за пределами упомянутых двух участков. Типовым примером является левый борт Каралезской долины вдоль села Красный Мак севернее описанного выше участка сближенных мелких долин. Четкая фестончатая серия округлых кулуаров-амфитеатров, образованная почти полным раскрытием и денудацией крупных камер-гротов, тут прослеживается на расстоянии свыше километра (рис. 10).

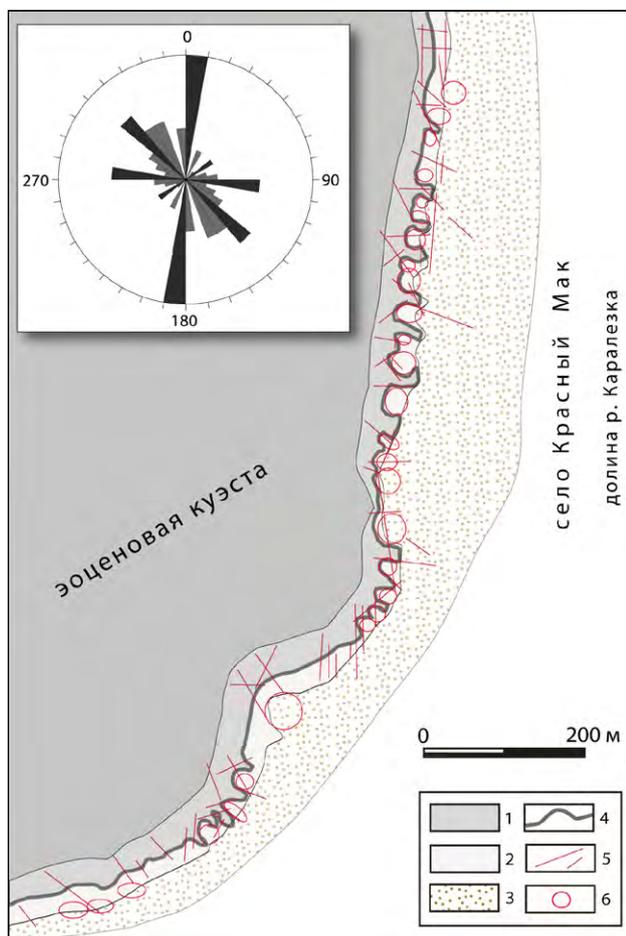


Рис. 10. Фестончатая морфология скальных бортов Каралезской долины, обусловленная раскрытием и денудационной переработкой краевых серий камер трещинно-карстовой зоны, по которой заложена долина. Условные обозначения: 1 – структурная поверхность эоценовой куэсты; 2 – верхняя скальная часть склона; 3 – нижняя пологая часть склона; 4 – контур по средней части скального склона, в интервале максимальной крутизны; 5 – следы трещин в скальном обнажении; 6 – реконструированное (примерное) положение камер (гротов).

Распределение ориентировок трещиноватости эоценовых известняков в полосе скального обнажения показывает доминирование субмеридионального направления, по которому и заложен борт долины, а также выраженность субширотной и диагональной систем. Такая морфология борта соответствует полной выработанности долиной каналов-полостных структур направляющей трещинно-карстовой зоны и значительной степени денудационной переработки обнажений. Этот пример подчеркивает, что процессы комплексной денудации не создают гроты и ниши, а ведут к уничтожению оригинальной карстовой скульптуры скальных бортов долин.

Последующая эволюция скальных известняковых бортов долин под воздействием комплексной денудации ведет к их дальнейшему сглаживанию и выполаживанию, с обособлением малых останцев между денудационно-карстовыми кулуарами. Многочисленные примеры таких останцев-«сфинксов» наблюдаются в полосе эоценовой куэсты к северо-западу от Каралезской долины, а наиболее выразительным и известным из них являются скалы-«сфинксы» Чурук-Су в Бахчисарае.

## Выводы

Район крайней юго-западной части эоценовой куэсты Внутренней гряды Горного Крыма является представительным для исследования механизмов зарождения и эволюции долин на структурном моноклиномальном склоне и выявления роли карста (спелеогенеза) в процессе его раскрытия. Геоморфологические особенности района указывают на относительно молодую стадию денудационного раскрытия (расчленения) структурного склона в его пределах.

Изученные условия заложения и особенности распределения и морфологии карстопроявлений в скальных известняковых бортах долин района полностью соответствуют концептуальной модели гипогенного спелеогенеза. Наблюдаемые в известняковых обрывах Предгорья полостные скульптурные формы являются реликтами морфологии гипогенных трещинно-карстовых каналов и их полостной каймы, экспонированными в результате раскрытия известняковых пластов долинами и гравитационно-блокового отступления обрывов. Процессы комплексной поверхностной денудации, воздействующие на экспонированные поверхности известняков, ведут к переработке и уничтожению реликтовой карстовой морфологии.

Установление гипогенного генезиса карста Предгорья дает основание к новой трактовке геоморфогенеза региона в нескольких взаимосвязанных аспектах. Структуры гипогенного карста, формирование которых предшествовало формированию рельефа, являются важнейшей предпосылкой расчленения исходного моноклиномального склона Горного Крыма и основным фактором регионального морфогенеза. Заложение долин, вскрывающих пласт эоценовых известняков, контролируется положением и ориентировкой трещинно-карстовых зон шириной 100-400 м, т.е. долины имеют тектоно-карстовое

происхождение. Наличие остатков структур гипогенного карста вдоль бортов уже врезанных в известняки долин определяет механизмы отступления склонов и контролирует положение и конфигурацию их сегментов. Скульптурная морфология остающихся в бортах массивов стенок раскрытых трещинно-карстовых каналов определяет номенклатуру и своеобразие карстопоявлений, экспонированных в известняковых обрывах куэст. Современная морфология скальных бортов долин отражает степень денудационной переработки их изначальной гравитационно-карстовой морфологии.

## ЛИТЕРАТУРА

- Бархатова Н.Н., Бугрова Э.М., Горбач Л.П., Ковалева Н.П., Николаева И.А., Панова Л.А., Солун В.И., Фаворская Т.А., Шуцкая Е.К. Стратотипический разрез палеоцена и эоцена СССР // Стратиграфия СССР. Палеогеновая система. - М.: Недра, 1975. - С.35-50.
- 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.
- Державна геологічна карта України масштабу 1:200000, аркуші L-36-XXVIII (Євпаторія), L-36-XXXIV (Севастополь). Пояснювальна записка. Кримська серія. – К.: Держ. Комітет природних ресурсів України, «Південнегеоцентр», 2005. – 351 с.
- Душевский В.П. К формированию поверхностных форм карста Предгорного Крыма // Проблемы географии Крыма. - Симферополь, 1971. - С. 21-24.
- Душевский В.П., Ключкин А.А., Солдатов Ю.В. Условия и скорость роста денудационных полостей в обрывах куэст Крыма / Карст Средней Азии и горных стран. Тез. докл. Всесоюз. совещ. 9-11 октября 1979 г. – Ташкент, 1979. – С. 49-51.
- Душевский В.П., Кузнецов А.Г. Особенности развития карста в низкогорных областях куэстового рельефа // Изучение и использование карста Западного Кавказа. – Сочи, 1991. – С. 9-12.
- Климчук А.Б., Тимохина Е.И. Морфогенетический анализ пещеры Таврская (Внутренняя гряда Предгорного Крыма) // Speleologia и karstologia. – 2011. – №6. – С. 36-52.
- Климчук А.Б., Амеличев Г.Н., Тимохина Е.И. Карстопоявления юго-западной части Предгорного Крыма с позиций теории гипогенного спелеогенеза // Speleologia и karstologia, №2, 2009. – С.35-53.
- Климчук А.Б., Пронин К.К., Тимохина Е.И. Спелеогенез в понтических известняках Одессы // Speleologia и karstologia, №5, 2010. – С.76-93.
- Климчук А.Б., Тимохина Е.И., Амеличев Г.Н., Дублянский Ю.В., Штаубвассер М. U/Th датирование спелеотем карстовых полостей юго-западной части Внутренней гряды Горного Крыма и определение возраста и динамики развития рельефа // Speleologia и karstologia - № 7. – Симферополь. – 2011. С. 29-39.
- Ключкин А.А. Экзогеодинамика Крыма. – Симферополь: Таврия, 2007. – 320 с.
- Лаптев Ф.Ф. Агрессивное действие вод на карбонатные породы, гипсы и бетоны. – М.-Л., 1939. – 120 с.
- Лыгина Е.А. Датская и эоценовая карбонатные платформы Крыма: строение и условия формирования: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. геол.-мин. наук : спец. 25.00.01 «Общая и региональная геология»/ Е.А. Лыгина. - М., 2010. – 25 с.
- Подгородецкий П.Д., Душевский В.П. Использование археологических данных для определения скорости отступления известняковых обрывов в Предгорном Крыму // Геоморфология. – 1974. – №3. – С. 87-93.
- Тимофеев Д.А., Дублянский В.Н., Кикнадзе Т.З. Терминология карста. – М.: Наука, 1991. – 274 с.
- Юдин В.В. Предгорная сутура Крыма // Геологічний журнал. - 1995. - № 3-4. - С. 56-61.
- Bogli A. Mischungskorrosion – ein Beitrag zur Verkarstungsproblem // Erdkunde. – 1964. – Vol. 18. – P. 83-92.
- Dreybrodt W., Gabrovsek F., Romanov D. Processes of Speleogenesis: A Modeling Approach. – Ljubljana: ZRC Publishing, 2005. – 376 pp.