

**А.Б. Климчук, Е.И. Тимохина****Морфогенетический анализ пещеры Таврская
(Внутренняя гряда Предгорного Крыма)**

Климчук А.Б., Тимохина Е.И. Морфогенетический анализ пещеры Таврская (Внутренняя гряда Предгорного Крыма) // Спелеология и карстология - № 6. – Симферополь. – 2011. С. 36-52.

Резюме: В статье рассматриваются теоретические и методологические основы спелеоморфогенетического анализа и приводится его реализация на примере пещеры Таврской в Предгорном Крыму, крупнейшей пещеры этого региона. Характеризуются методика и результаты крупномасштабного морфогенетического картирования пещеры, материалы которого послужили основой для такого анализа.

Пещера Таврская, заложенная в толще палеоценовых (дат-инкерманских) известняков Внутренней гряды, контролируется системой нарушенной субмеридионального простирания, выраженных во всей мел-палеогеновой толще и оказавших существенное влияние на формирование речных долин и ряда морфолинеаментов. Плановая структура пещеры и ее важнейшие морфологические черты контролируются субвертикальными тектоническими трещинами и их пересечениями с выраженной относительно высокопроницаемой плоскостью напластования и слоем в средней части разреза известняков. Структура и морфология пещеры не проявляют никаких признаков эпигенного («нисходящего») спелеогенеза и функционально-генетической связи пещеры с современным рельефом, а также сколько-нибудь значительной переработки в вадозных условиях.

Состав комплекса идентифицированных в пещере скульптурных спелеоформ, их генетическая интерпретация и анализ их взаимоотношений однозначно указывают на формирование в условиях напорного водоносного комплекса со слабопроточной средой, при взаимодействии восходящих по трещинным каналам вод глубокой системы стока с пластовыми водами более мелкой системы стока, при большой роли конвективной циркуляции. По отношению к современной гидрогеологической обстановке, установившейся в районе с конца среднего плейстоцена, пещера является реликтовой. Вадозные условия на уровне основных галерей установились не позднее 130 тыс. лет назад, что фиксируется по максимальному возрасту датированных сталагмитов.

Ключевые слова: карст, гипогенный карст, спелеогенезис, морфогенетический анализ, Предгорный Крым, Внутренняя гряда, пещера Таврская.

Климчук О.Б., Тимохина Е.И. Морфогенетичний аналіз печери Таврської (Внутрішнє пасмо Передгірного Криму) // Спелеологія і карстологія - № 6. – Симферополь. – 2011. С. 36-52.

Резюме: У статті розглядаються теоретичні і методологічні основи спелеоморфогенетичного аналізу і наводиться його реалізація на прикладі печери Таврської в Передгірському Криму, найбільшій печері цього регіону. Характеризуються методика і результати великомасштабного морфогенетичного картування печери, матеріали якого послужили основою для такого аналізу.

Печера Таврська, що закладена в товщі палеоценових (дат-инкерманських) вапняків Внутрішньої гряди, контролюється системою порушень субмеридіонального простягання, які є вираженими в усій крейдово-палеогеновій товщі і склалі істотний вплив на формування річкових долин і ряду морфолінеаментів. Планова структура печери і її найважливіші морфологічні риси контролюються субвертикальними тектонічними тріщинами і їх перетинами з вираженою відносно високопроникнутою площиною нашарування і шаром в середній частині розрізу вапняків. Структура і морфологія печери не проявляють ніяких ознак епігенного («низхідного») спелеогенезу і функціонально-генетичного зв'язку печери з сучасним рельєфом, а також ознак скільки-небудь значної переробки у вадозних умовах.

Склад комплексу ідентифікованих в печері скульптурних спелеоформ, їх генетична інтерпретація і аналіз їх взаємовідносин однозначно вказують на формування в умовах напінного водоносного комплексу із слабопроточним середовищем, при взаємодії висхідних по тріщинних каналах вод глибокої системи стоку з водами пластів більш мілкої системи стоку, при великій ролі конвективної циркуляції. По відношенню до сучасної гідрогеологічної обстановки, що встановилася в районі з кінця середнього плейстоцену, печера є реликтовою. Вадозні умови на рівні основних галерей встановилися не пізніше 130 тис. років назад, що фіксується по максимальному віку датованих сталагмитів.

Ключові слова: карст, гіпогенний карст, спелеогенезис, морфогенетичний аналіз, Передгірний Крим, Внутрішнє пасмо, печера Таврська.

Klimchouk, A.B., Timokhina E.I. Morphogenetic analysis of Tavrskaya Cave (Inner Range of the Piedmont Crimea) // *Speleology and Karstology* - № 6. – Simferopol. – 2011. С. 36-52.

Abstract: *In this paper, we refine the theoretic and methodological basis of speleomorphogenetic analysis and apply it to the Tavrskaya Cave in the Piedmont Range of Crimea, the largest cave in this region. Technique and results of the large-scale morphogenetic mapping of the cave are also presented.*

Tavrskaya Cave is developed in the 20 m thick layer of Paleocene limestones of the Inner Range and is controlled by a fracture set of sub-latitudinal orientation that is well expressed in the entire Cretaceous-Paleocene succession and played an important part in the formation of river valleys and various lineaments. The cave structure in the plan view and many features of cave morphology are controlled by sub-vertical tectonic fractures and their intersections with a prominent permeable bedding plane in the middle of the sequence and a layer above it. The cave structure and morphology does not show any indications of epigene speleogenesis (specific pattern, functional/genetic relationships with the surface, vadose solutional modification in the contemporary settings, etc).

Composition of dissolutional speleofoms identified in the cave, their genetic interpretation and the analysis of their relationships, as well as some mineralogical evidence, unequivocally indicate the formation of the cave morphology in the conditions of a confined aquifer system with sluggish circulation, interaction of upwelling flow of a deep flow system with lateral flow in a shallow stratiform aquifer, with significant role of free convection. Relative to the contemporary hydrogeological settings, established in the area since the end of middle Pleistocene, the cave is relict. Vadose conditions on the level of main passages established not later than 130 ka as suggested by the maximum age of dated stalagmites.

Keywords: *karst, hypogene karst, speleogenesis, morphogenetic analysis, Piedmont Crimea, Inner range, Tavrskaya Cave.*

1. ВВЕДЕНИЕ

В изучении карста Крыма основное внимание уделялось Главной гряде Крымских гор, где его интенсивное современное развитие связано с нисходящей фильтрацией метеорных осадков (экспонированный, эпигенный карст). В предгорных Внутренней и Внешней грядках относительно слабая современная активность карста связывается с особенностями климато-ландшафтных условий. Имеющиеся в пределах Предгорья значительные пещеры ранее трактовались как пещеры-источники, пещеры-поноры или инфильтрационно-закарстованные трещины в рамках традиционной эпигенной («нисходящей») концепции спелеогенеза (Душевский, 1970, 1987). Развитие многочисленных ниш и гротов, а также других форм растворения в куэстовых обрывах известняков, связывалось преимущественно с действием поверхностного выветривания (Блага, Попов, 2009).

Детальными карстолого-спелеологическими исследованиями в Предгорье, проводимыми с 2007 г. Украинским Институтом спелеологии и карстологии НАН и МОН Украины, были выявлены многочисленные признаки глубинного закарстования, не связанного с современными климато-ландшафтными условиями и не укладывающегося в традиционную модель эпигенного спелеогенеза (Климчук, Амеличев, Тимохина, 2009). Эти исследования послужили толчком к новой интерпретации эволюции карста Предгорья на основе интенсивно развивающейся теории гипогенного спелеогенеза (Klimchouk, 2007). Гипогенный карст, развивающийся в закрытых гидрогеологических условиях за счет действия восходящих перетоков в напорных водоносных комплексах, является одной из двух фундаментальных генетических категорий карста (Климчук, 2010). Другой такой категорией является традиционный эпигенный карст.

Основной методологии выявления генезиса карста является спелеогенетический анализ. Такой анализ включает три взаимосвязанных направления: 1) морфогенетический анализ пещер на основе материалов специального картирования,

2) минералого-геохимический и седиментологический анализ пещерных отложений, 3) сопряжение условий и обстановок спелеогенеза, выявляемых по результатам первых двух направлений, с региональной палеогидрогеологической и геоморфологической историей (Дублянский, 1977; Климчук, 1999).

Целью настоящей статьи является представление результатов детального морфогенетического картирования (масштаба 1:100) пещеры Таврской, самой крупной в Предгорном Крыму (507 м), и морфогенетический анализ пещеры на этой основе. Ранее нами был выполнен подобный анализ других значительных пещер региона – Змеиной и Алимова (Климчук, Амеличев, Тимохина, 2009).

2. МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ И ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ

Предгорье Горного Крыма включает Внутреннюю и Внешние гряды (рис. 1), отделенные от Главной гряды южной продольной депрессией и серией региональных разломов. Согласно схеме тектонического строения Крыма В.В.Юдина (Геологическая карта..., 2009), предгорные гряды расположены над падающей к северу-северо-западу Предгорной сутурой, по которой происходил поддвиг складчатого сооружения Горного Крыма под пластовый мел-палеоген-неогеновый покров. При этом за границу складчато-надвиговой и плитной структур принимается линия проекции крутопадающего сегмента сутуры на поверхность, примерно совпадающая с Внешней грядой. По этой же линии проведена граница между меганадвигом Горного Крыма и структурами Скифской плиты (Центральнокрымским мегаподнятием) на карте тектоники Крыма в национальном Атласе Украины (Національний Атлас України, 2008).

Предгорные гряды пересекает ряд консеквентных долин, разделяющих их на отдельные массивы. Пещера Таврская расположена в юго-восточном обрыве куэсты Внутренней гряды (г. Арман-Кая), обращенном к южной продольной депрессии, в сегменте между консеквентными долинами рек Кача и Бельбек. Куэста тут сложена дат-инкерманскими

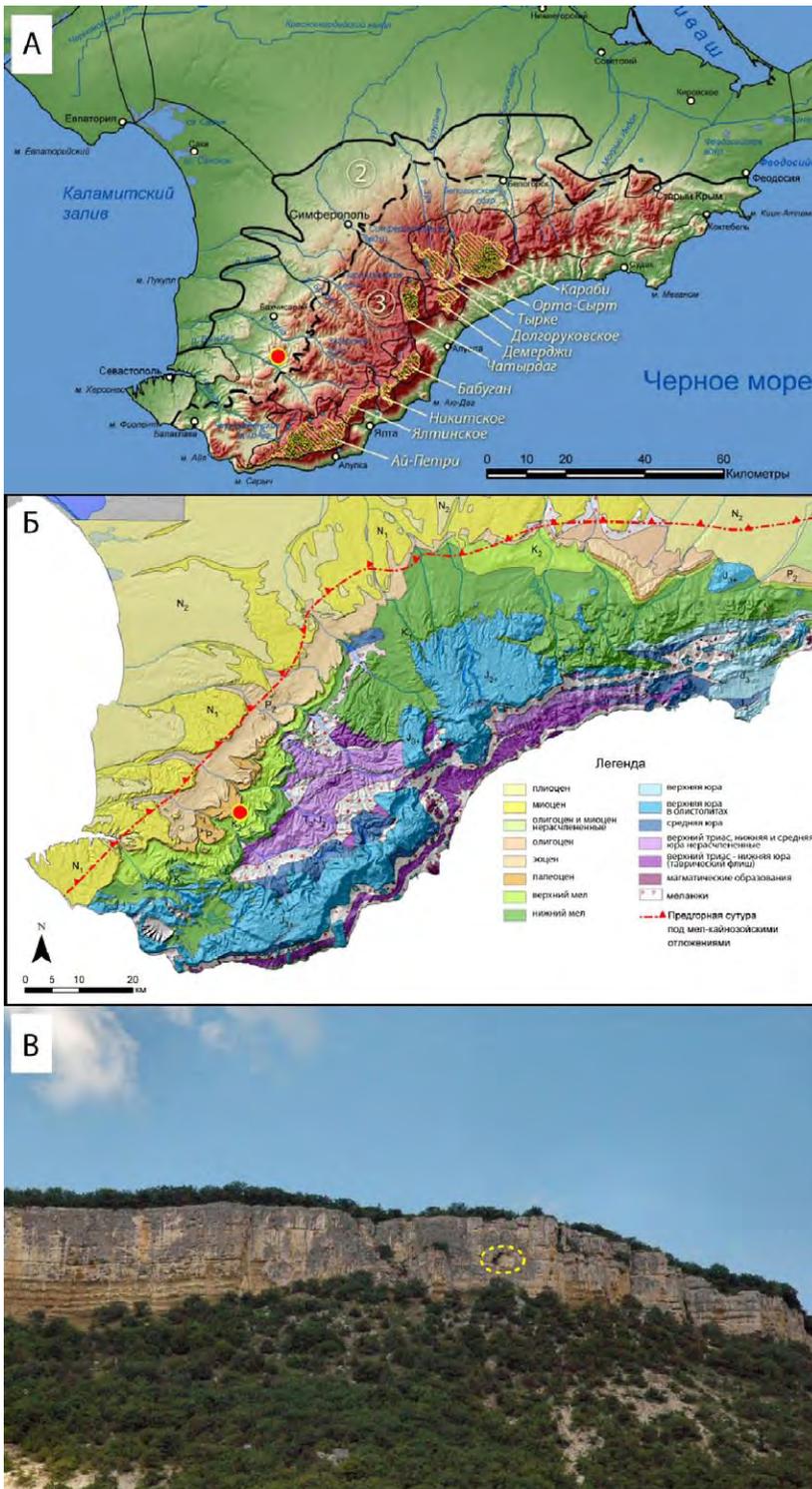


Рис. 1. Местоположение пещеры Таврская: А – в рельефе и схеме карстологического районирования юго-западного Крыма (цифры в кружках – карстовые области по Вахрушеву, 2009: 1 – Равнинно-Крымская, 2 – Предгорно-Крымская, 3 – Горно-Крымская); Б – на геологической карте юго-западного Крыма (Геологическая карта..., 2009); В – в обрыве куэсты, сложенной палеоценовыми известняками. Положение пещеры на А и Б указано красной точкой.

известняками мощностью около 20 м, залегающими на верхнемеловых мергелях и погружающихся к северо-западу по углам 5-10° под эоценовые отложения.

В схеме гидрогеологического районирования район пещеры относится к южной части

Причерноморского артезианского бассейна, к краевой (юго-восточной) области питания Альминского бассейна (Гидрогеология, 1971; Национальный атлас Украины, 2008). До позднеплиоцен-раннеплейстоценового времени палеоценовые известняки были частью моноклиальной водоносной системы Внутренней гряды, в настоящее время раскрытой и сдренированной.

В схеме карстологического районирования (Вахрушев, 2009) эта территория входит в состав Бахчисарайского карстового района Предгорно-Крымской карстовой области, относящейся к провинции Горного Крыма. В административном отношении пещера расположена в 2 км к северу от пос. Куйбышево Бахчисарайского района. Высота входа пещеры 559 м над уровнем моря.

Пещера разведана в 1995 г. сотрудниками сектора Первобытной археологии КФ ИА НАНУ. В 1998 г. исследовалась отрядом Горно-Крымской экспедиции КФ ИА НАНУ, сделавшим подробную съемку привходовой галереи и назвавшем пещеру Албатовой (Лысенко, 2003). Первая схематическая топосъемка всей полости выполнена в 2001 году (Козлов М., Романюк С., Бокань Ю.). В этом же году пещера занесена в Кадастр под именем Таврской.

3. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Вопросы генезиса и истории развития карстовых полостей имеют большое теоретическое и практическое значение. Закономерности закарстованности растворимой толщи определяют важные особенности палео- и современного водообмена в гидрогеологических структурах и внешние проявления карста. Спелеогенетический анализ является мощным инструментом реконструкции палеогидрогеологической и геоморфологической истории карстовых регионов. В региональных исследованиях карста, адекватность принятой концепции спелеогенеза

в решающей мере определяет полноту выявления закономерностей его развития и распределения, эффективность его прогноза и решения связанных с карстом практических проблем.

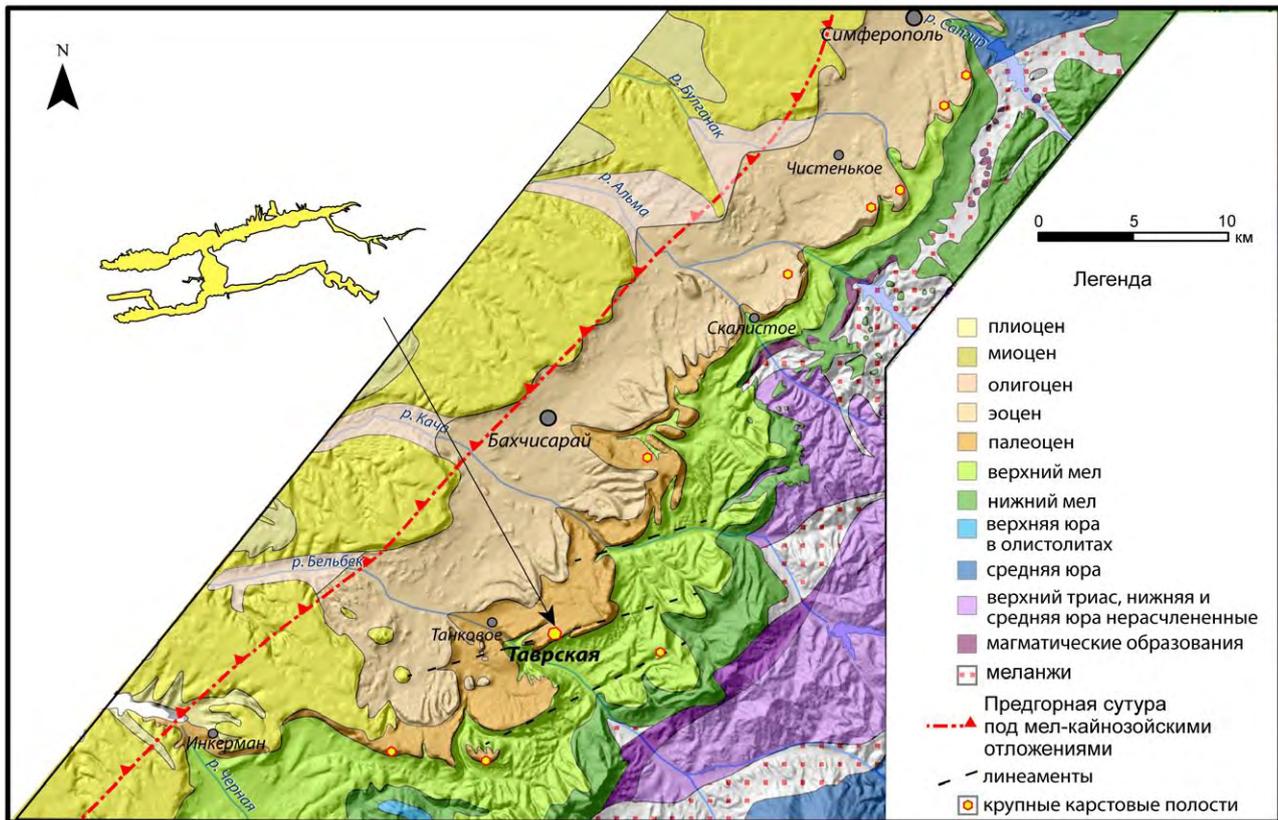


Рис. 2. Геологическая схема западной части Внутренней гряды (по Геологической карте..., 2009) на рельефной основе. Черным пунктиром отмечены некоторые линеаменты, обсуждаемые в тексте.

Теоретической основой спелеогенетического анализа являются современные представления о сущности карста (Ford, Williams, 2007; Климчук, Андрейчук, 2010) и его эволюции (Klimchouk et al., 2000; Gabrovsek, 2002; Климчук, 2010), эмпирические обобщения, теоретические, физические и численные модели спелеогенеза и спелеоморфогенеза в различных обстановках (Klimchouk et al., 2000; Klimchouk, 2007; Lauritzen, Lundberg, 2000; Dreybrodt, Gabrovsek, Romanov, 2005; Palmer, 2007 и др.).

3.1. Содержание и методология спелеоморфогенетического анализа

Спелеоморфогенетический анализ (морфогенетический анализ пещер) является важнейшим компонентом *спелеогенетического анализа*, целью которого является выявление происхождения пещер, - реконструкция условий, факторов и механизмов их возникновения и развития. Спелеогенетический анализ предполагает выяснение следующих основных вопросов (Климчук, 1999):

1. Структурные и литолого-текстурные предпосылки и факторы спелеогенеза.
2. Тип питания и характер стока в водообменной системе.
3. Природа растворяющей способности формирующих вод.
4. Последовательность и возраст основных этапов формирования пещерной системы.

Спелеогенетический анализ включает три взаимосвязанных направления: 1) морфогенетический

анализ пещер – особенностей их заложения в геологическом пространстве, структуры и морфологии; 2) минералого-геохимический, седиментологический и фациальный анализ пещерных отложений; 3) сопряжение условий и обстановок спелеогенеза, выявляемых по результатам первых двух направлений, с локальной и региональной палеогидрогеологической и геоморфологической историей (Дублянский, 1977; Климчук, 1999). Спелеогенетический анализ в региональном масштабе проводится на основе такого анализа индивидуальных пещер, но с учетом внутрорегиональных вариаций геологических, геоморфологических и гидрогеологических условий и их изменений.

В прогрессивном развитии пещер следует различать (Климчук, 2008; Климчук, Андрейчук, 2010): 1) стадии иницирования и зарождения, на которых определяются основные черты структуры системы, 2) стадию основного развития, на которой происходит усложнение структуры, рост объемов и формирование мезо-морфологии, 3) стадии модификации, на которых формы могут быть видоизменены, без потери первоначальных морфологических черт или с их кардинальной переработкой. Понятие спелеогенеза в узком смысле охватывает зарождение системы, а в широком смысле включает в себя всю прогрессивную эволюцию системы. Сложные пещеры часто включают разновозрастные и гетерогенные элементы. Иницирование и зарождение полостей происходит преимущественно во фреатических (напорных или безнапорных) условиях, их развитие и модификация

– во фреатических, эпифреатических или вадозных условиях, или на фоне закономерной смены условий в ряду: фреатические напорные → фреатические безнапорные → эпифреатические (водного уровня) → вадозные.

Карстовый спелеоморфогенезис есть развитие каверново-канальной пустотности в массивах горных пород, в котором удаление породы (прирост объема) осуществляется преимущественно растворением. Полости (каверны, каналы) характеризуются размерами и формой, а их совокупности-системы – структурой. Особенности структуры и морфологии полостей отражают действие различных спелеогенетических агентов и процессов.

Главными *спелеогенетическими агентами* (Lauritzen, Lundberg, 2000) являются флюиды, имеющие различные атрибуты (температуру, давление, химическую агрессивность, кинетическую энергию, содержание взвесей, агрегатное состояние, и др.) и оперирующие в различных гидродинамических обстановках. Спелеогенетические агенты оказывают растворяющее воздействие на трехмерную внутрисполостную поверхность породы, локализация и интенсивность которого зависят от вариаций свойств поверхностей, физико-химических атрибутов флюидов и механизмов взаимодействия. В результате образуются характерные мезо- и микроформы (называемые также *спелеоморфами*, *спелеогенами* или *спелеогенетическими фациями*).

Гидродинамические обстановки (фреатические напорная и безнапорная, водного уровня, вадозная) обуславливают определенные закономерные сочетания атрибутов флюидов и потенциал различных механизмов растворения. Соответственно, эти обстановки определяют возможность формирования тех или иных спелеоформ. В спелеологии накоплен ряд эмпирических критериев, во многих случаях получивших теоретическое обоснование и верификацию физическим и численным моделированием, позволяющих осуществлять идентификацию механизмов и условий развития пещер по определенным спелеоформам (Bretz, 1942; Дублянский, 1977; Bogli, 1980; White, 1988; Lauritzen, Lundberg, 2000; Ford, Williams, 2007; Klimchouk, 2007; Palmer, 2007 и др.). Вместе с тем, ряд спелеоформ не поддаются однозначной генетической интерпретации, так как могут формироваться различными агентами и механизмами. Однако имеются некоторые закономерные устойчивые сочетания спелеоформ, отражающие функциональные связи между ними в определенных гидродинамических обстановках, а следовательно – определенно указывающие на соответствующие обстановки. Выявления таких сочетаний служит более надежным критерием реконструкции условий развития пещер, чем интерпретация отдельных форм. Примером является «морфологический комплекс восходящего стока», который служит надежным индикатором гипогенного «поперечного» спелеогенеза (Климчук, 2006; Klimchouk, 2007, 2009).

В формировании общей структуры пещерных систем, а также формы поперечных сечений ходов, проявляется геологический контроль (влияние

структуры и формы первичных водопроводящих элементов в породе и литолого-текстурных неоднородностей), однако влияние гидродинамических факторов может его существенно затушевывать, особенно на зрелых стадиях развития и в вадозной обстановке.

В трехмерном пространстве пещеры, локализация и направление воздействия растворения контролируется преимущественно гидродинамическими условиями. Во фреатических условиях растворяющее воздействие направлено во все стороны, что способствует развитию округлых каналов. В напорных фреатических (слабопроточных) условиях, особенно при наличии базального питания и восходящих перетоков, большую роль играют эффекты плотностной конвекции, способствующие восходящей направленности растворяющего воздействия. В вадозных условиях растворяющее действие направлено вниз, обуславливая формирование каньонообразных и желобковых морфологий.

В ходе спелеоморфогенетического анализа выявляются спелеогенетические фации (спелеоформы), исследуется их распределение в пространстве пещеры и соотношения между ними. Морфология пещер исследуется на нескольких уровнях: 1) макроморфология - строение полостей на уровне их структурно-функциональной целостности); 2) мезоморфология - форма отдельных каналов и их характерных частей (фаций, спелеоморф); 3) микроморфология – малый рельеф поверхностей растворения. При этом исследуются структурные и литологические предпосылки спелеогенеза, гидрогеологические условия и механизмы их спелеогенной реализации, применяются известные в геоморфологии принципы и методы (сравнительно-морфологический, историко-морфологический, гетерохронных и соотносящихся форм, и др. (Чемяков и др., 1972), а также специальные критерии и концептуальные модели для тех или иных спелеоформ. В результате такого анализа выявляются факторы и реконструируются гидродинамические и прочие условия обстановок образования наблюдаемой пещерной морфологии и последовательность их смены. Привлечение данных минералого-седиментологического анализа пещерных отложений, а также геоморфологического и палеогидрогеологического анализа, позволяет определять возрастные рубежи выделяемых стадий и обстановок.

3.2. Методика морфогенетического картирования пещеры Таврской

Морфогенетическая карта пещеры является, наряду с фотодокументацией, основным документом для морфогенетического анализа. Методика морфогенетического картирования разработана слабо. В ней используются некоторые принципы и приемы геоморфологического картирования, однако процессы морфогенеза и генетические категории поверхностей существенно различаются в случаях картирования поверхностного рельефа и пещер. Поэтому имеющиеся методики геоморфологического картирования ограниченно применимы к пещерам. Другим серьезным отличием (и сложностью) картирования пещер является

необходимость отражения объемной морфологии полостей на двухмерной картографической модели. Морфографические и морфогенетические элементы и категории свода и пола пещеры оказываются на карте наложенными, как и разноуровневые спелеоформы субвертикальных стен. Отчасти эта проблема решается использованием поперечных сечений и продольных профилей-разверток.

Основой морфогенетического картирования пещеры являются материалы ее топографической съемки, отражающие контуры полостей. Исходя из поставленных задач детального отражения морфологии в крупном (1:100) масштабе, в пещере Таврской были проведены съемочные работы четвертого класса точности пещерной топосъемки (Климчук, 1996). С использованием компаса и эклиметра Shunto и лазерного светодальномера была создана съемочная сеть с долговременным закреплением точек, послужившая в дальнейшем опорой для детального картирования контуров и спелеоформ. Такое картирование осуществлялось с использованием массовых веерных замеров ориентировок и длин «лучей» на грани спелеоформ от основных и вспомогательных точек, ориентированных замеров самих форм и других дополнительных измерений.

По степени обобщения и способу отображения морфологических характеристик пещеры разработанная карта является аналитической, где отражались: 1) морфографические особенности рельефа пола, сводов и стен (спелеоформы и их совокупности); 2) морфотипы полостей, понимаемые как характерные морфологические образы участков пещеры.

Морфографические особенности пещеры и спелеоформы отображены контурами полостей в различных проекциях, псевдоизогипсами по полу, масштабными, внемасштабными и линейными знаками (с максимально возможным использованием знаков, рекомендованных Международным спелеологическим союзом - UIS). Цвет в знаках использовался для потолочных и стенных форм, а также устьев колодцеобразных каналов в коренном полу. Общая объемная морфология пещеры отражена контурами в трех проекциях: плановой, в поперечных сечениях и продольных профилях-развертках по осям ходов. Линии сечений выбирались для представления особенностей морфологии различающихся участков ходов, а также их взаимоотношений с «боковыми» примыкающими элементами.

Общий морфологический облик участков пещеры характеризуется цветовым фоном в пределах контуров по четырем категориям (морфотипам полостей), выделенным эмпирически на основе относительной однородности общей морфологии: 1) ходов по напластованию; 2) основных ходов сложной формы; 3) боковых низких ниш и каналов по напластованию; 4) рифтоподобных ходов и участков основных ходов.

Стены и своды пещеры Таврской образованы преимущественно скульптурными поверхностями растворения, лишь незначительно нарушенными поверхностями гравитационного отрыва или прикрытые маломощным покровом вторичных минеральных

образований (корами, рыхлым мондмилльхом и небольшими, но местами многочисленными, сталактитами). Коренная морфология нижних частей полостей скрыта под покровом отложений, поэтому рельеф пола пещеры представляет собой преимущественно аккумулятивный рельеф (отложений рыхлых водномеханических, глыбово-обломочных гравитационных, и хемогенных – маломощных кор и сталагмитов). Лишь пологонаклонные пристеночные полосы в основных галереях и некоторые другие участки отражают коренную морфологию пола.

Таким образом, в легенду карты не закладывалась априорная генетическая классификация (интерпретация), но картируемые формы и категории определялись для обеспечения максимально возможной информативности карты для целей осуществления морфогенетического анализа пещеры.

Материалы картирования (рис. 3 и 4) дают детальное представление о морфологии пещеры в целом, морфологии и распределении мезоформ и категорий полостей.

4. СПЕЛЕОМОРФОГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

4.1. Условия заложения пещеры

Пещера заложена в приборочной части Внутренней предгорной куэстовой гряды, сложенной дат-инкерманскими мшанково-криноидными известняками и подстилаемой меловыми мергелями (рис. 1-В, 2 и 4). Слои известняка залегают моноклиально с падением к ССЗ под углом 6-7°.

Вход в пещеру находится в вертикальном обрыве куэсты, в 13 м ниже его бровки и в 7 м выше подножия (контакта дат-инкерманских известняков с подстилающими маастрихтскими мергелями). Вход приурочен к отчетливой плоскости напластования, хорошая морфологическая выраженность которой вдоль всего обрыва куэсты (рис. 1-В) указывает на ее существенную гидрогеологическую активность в некоторый период. По этой плоскости развит привходовой канал северо-западного простирания, выводящий в основную часть пещеры.

В структуре пещеры доминируют две параллельные галереи, развитые по простиранию пород (70-80° СЗЗ), своды которых заложены на глубине 9-12 м (южная галерея) и 7-8 м (северная галерея) под поверхностью пологого структурного склона куэсты. Отдельные потолочные купола-камины поднимаются выше в разрезе известняков, приближаясь к поверхности на 3-4 м.

Основные галереи пещеры залегают в 25-40 м от современной линии куэстового обрыва, почти параллельно его отрезку в секторе пещеры. Положение пещеры в приборочной части куэстового плато и интенсивное развитие структурно-денудационных склонов, отступающих параллельно самим себе блоковыми обрушениями по тектонически- и карстово-ослабленным линиям, привели к вскрытию ее привходового канала. Продолжение этого процесса в дальнейшем приведет к продольному вскрытию обрывом основных галерей, и скульптурная

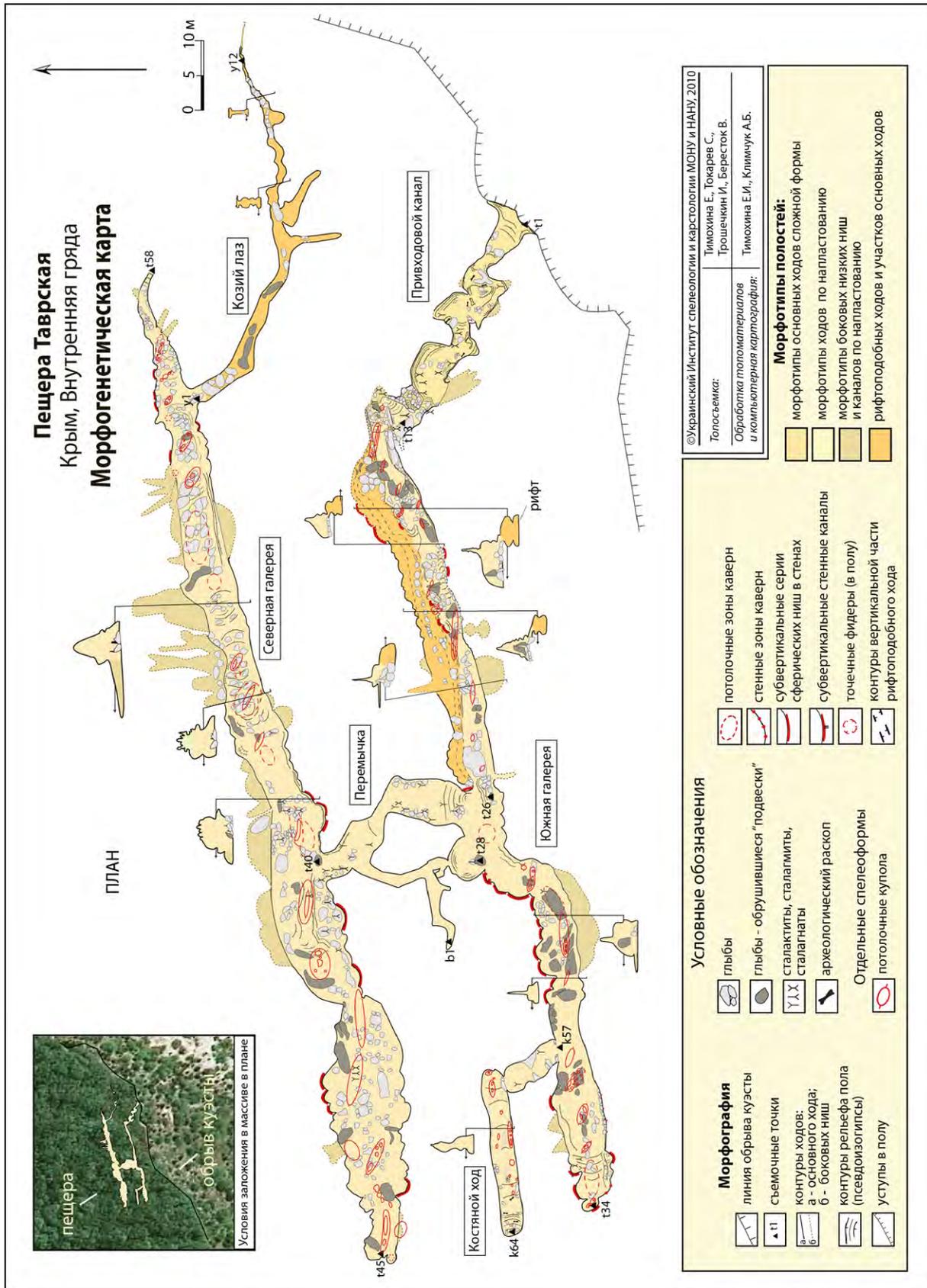


Рис. 4. Морфогенетическая карта пещеры Таврской (поперечные разрезы-развертки).

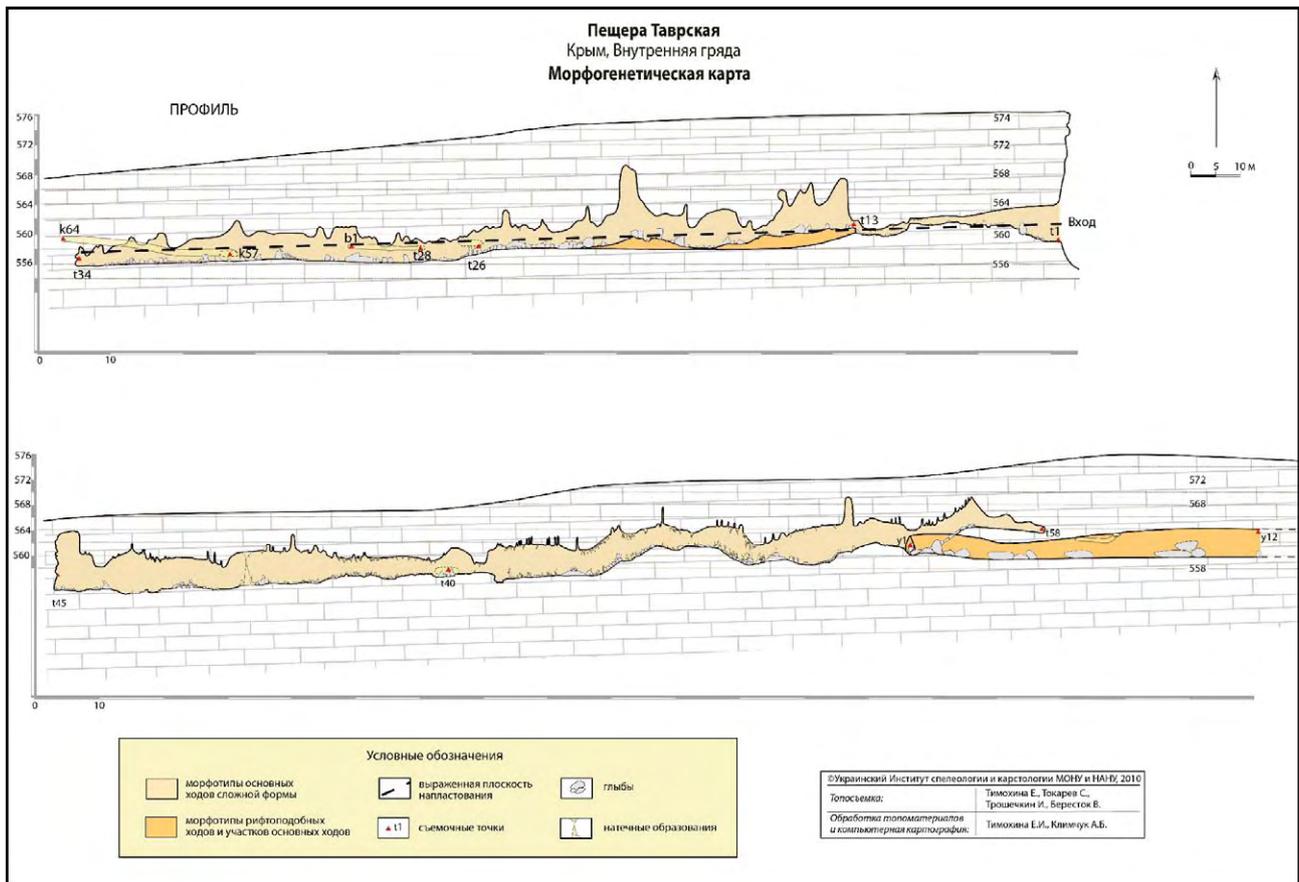


Рис. 3. Морфогенетическая карта пещеры Таврской (план и сечения ходов).

морфология пещеры станет частью экспонированного реликтового комплекса форм растворения обрывов. Подобные реликтовые формы, идентифицируемые как фрагменты полостей, вскрытых отступанием склона, широко распространены вдоль линии современного обрыва на этом участке куэсты, а также в целом во Внутренней гряде Предгорья (Климчук, Амеличев, Тимохина, 2009).

Линия простираения основных галерей пещеры трассируется к востоку-северо-востоку балкой, субпараллельной современной линии обрыва, вычлняющей узкий и длинный блок в прирвовочной части куэсты (см. рис. 2). Далее в этом направлении, в площади экспонированных маастрихтских мергелей, эта линия трассируется линеаментом в рельефе. К юго-востоку от этой линии и субпараллельно ей проходит выраженный линеамент в рельефе верхнемеловых отложений, который также выражен обрывом палеоценовой куэсты в соседнем междуречье северо-западном направлении и простираением пещеры Душевского, имеющей облик крупной закарстованной трещины, - единственной известной значительной пещерой в этих породах (показана точкой на рис. 2). К северу от этой линии и тоже субпараллельно ей проходит аномально ориентированный отрезок р. Кача на участке между с. Предущельное и Кудрино, образующий выраженное «смещение» в общем северо-западном простираении ее долины при пересечении Предгорья. Таким образом, контролирующая пещеру Таврская тектонические трещины принадлежат к системе нарушений, имеющих разнообразное

региональное выражение во всей мел-палеогеновой толще, заложение которых предшествовало как спелеогенезу, так и формированию речных долин и общего геоморфологического облика региона, контролируя эти процессы.

4.2. Структура пещеры и морфотипы полостей

Общая длина ходов пещеры Таврской достигает 507 м. Вертикальная амплитуда полостей пещеры составляет 13 м, объем – 3000 м³. На сегодняшний день это самая крупная пещера Предгорного Крыма.

Плановая структура пещеры контролируется субвертикальными тектоническими трещинами, следы которых прослеживаются по сводам и тупиковым замыканиям ходов. В этой структуре доминируют две галереи, развитые параллельно в 30 м друг от друга по азимуту 85°. По этому же направлению, но по линии, расположенной между основными галереями, заложены фрагменты еще нескольких ходов, а также многие мезоформы. Другим значимым структурным направлением является диагонально северо-восточное (290-300°), по которому развиты привходовой канал, фрагмент хода-Перемычки и Козьего лаза, а также ряд мезоформ. Эти направления также хорошо выражены в ориентировках прямолинейных фрагментов обрывов куэсты и в региональной тектонике.

Распределение ориентировок осей потолочных куполов, заложенных по внутрислоевым субвертикальным трещинам средней и верхней частей известняковой толщи, демонстрирует еще более

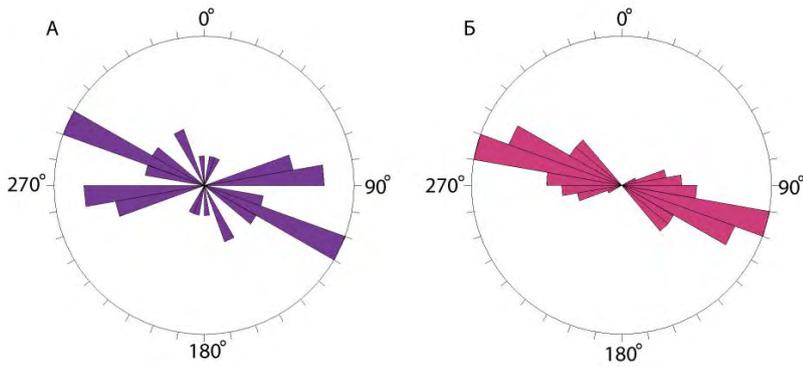


Рис. 5. Розы-диаграммы ориентировок ходов (А) и потолочных куполов (Б) в пещере Таврской.

высокую степень анизотропии (рис. 5, Б). Тут полностью доминирует направление 280-290°.

Несмотря на отчетливую роль в структуре и морфологии ходов субвертикальных тектонических трещин, заложение пещеры в разрезе контролируется также напластованием, в частности – упомянутой выраженной в обрыве куэсты плоскостью напластования (рис. 4). Основные хода пещеры проработаны вдоль линии пересечения субвертикальных трещин с этой плоскостью. Полости некоторых морфотипов полностью контролируются напластованием.

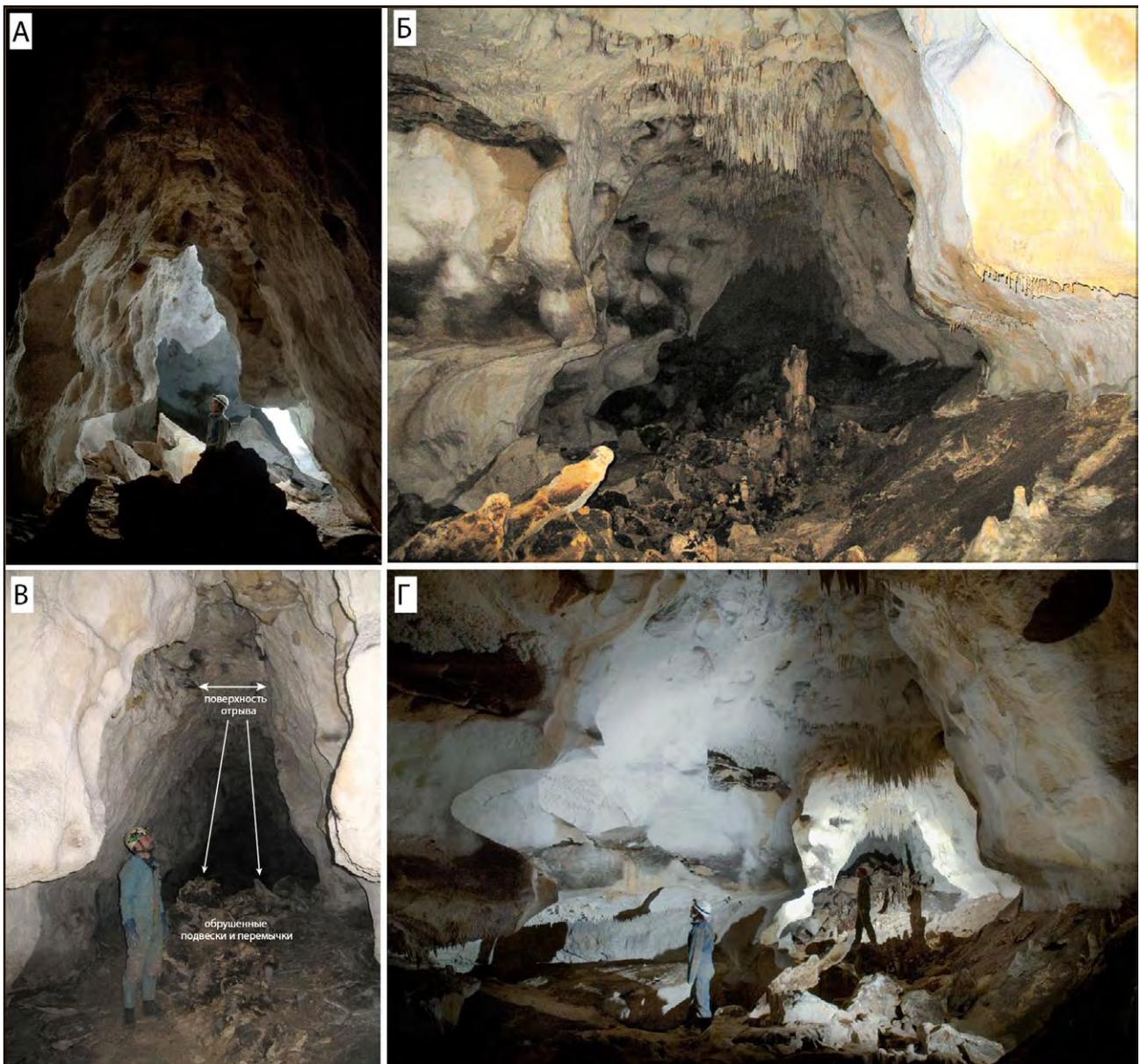


Рис. 6. Морфотипы полостей пещеры Таврская: основные галереи: А, Б, Г – Южная галерея, В – Северная галерея. Полосой по оси свода широких участков галерей проходит поверхность гравитационного отрыва, под которой навалены обрушившиеся подвески – остатки узкой перемычки между двумя сближенными ходами первоначально шелевидной морфологии.

При значительных вариациях отметок скульптурного рельефа сводов и аккумулятивного рельефа пола основных галерей, они заложены с выраженным общим уклоном с востока на запад примерно на 5 м.

По общему морфологическому облику полостей пещеры на различных участках выделяются их четыре морфотипа: 1) хода по напластованию; 2) основные галереи сложной формы; 3) боковые глубокие ниши и каналы по напластованию; 4) рифтоподобные ходы и участки основных ходов.

Первый морфотип представляет *привходовой канал*, - низкий (до 1 м) ход шириной 2-4 м, заложенный по выраженной плоскости напластования. Он выводит в Южную основную галерею.

Основные галереи (Южная и Северная) представляют собой довольно крупные хода (средней высотой 4-5 м, средней шириной 3 м) преимущественно с треугольным сечением, осложненным скульптурными мезоформами и местами натечными образованиями (рис. 6). По простиранию к западу они оканчиваются простыми слепыми тупиками с округлыми нишами (Южная галерея и Костяной ход), нишей с вертикальным каналом в полу (Северная галерея). К востоку Северная галерея переходит в выклинивающуюся закарстованную трещину, а Южная – в привходовой канал по напластованию.

Характерная морфология этого морфотипа в восточном секторе Южной галереи осложнена непосредственным примыканием к типовому треугольному сечению основной части рифтоподобной полости с субвертикальными волнистыми стенами, проходящей параллельно по северному контуру, но с полом на 2-3 м ниже пола основной части (рис. 8, В). Эти участки сообщаются по общему продольному контуру, но представляют собой два разных морфотипа ходов. Дно полостей как в основной части галерей, так и в рифтоподобных участках, покрыто отложениями, включая обвально-гравитационные, скрывающими коренную морфологию.

Большая часть поверхности стен и сводов основных галерей представлена скульптурными поверхностями растворения. Поверхности гравитационного отрыва отдельных блоков и глыб распределены мозаично, но в замыкании сводов широких мест имеется субгоризонтальная полоса, представляющая собой вытянутую по оси хода поверхность отрыва. «Срезанность» вершины сечений этой полосой придает им местами трапециевидную или почти прямоугольную форму (рис. 6, Б-Г). Концентрация обрушенного материала вдоль оси ходов и хорошая сохранность скульптурной мезоморфологии на нем свидетельствуют о формировании таких широких галерей путем обрушения скальной перегородки между двумя сближенными щелеобразными

ходами (см. рис. 11, А). Широкое распространение перегородок и скальных выступов-«подвесок» является диагностическим признаком гипогенного «поперечного» спелеогенеза в напорных слабопроточных условиях, где под действием многочисленных конвекционных ячеек разрабатываются сближенные глубокопроникающие (вверх) потолочные формы (Klimchouk, 2007, 2009). Массовое обрушение перегородок и подвесок происходит в фазу раскрытия водонапорной системы и ее осушения ввиду снятия выталкивающей (архимедовой) поддержки.

К основным галереям во многих местах примыкают *боковые глубокие ниши и каналы по напластованию*, выделяемые как отдельный морфотип полостей. На карте (рис. 3) они показаны более насыщенным бежевым тоном и пунктирными контурами. Такие ниши и каналы развиты по одному слою вглубь стены основных галерей, имеют высоту до 0,5 м, ширину вдоль галереи до 10-15 м и более, глубину по нормали к стене от одного до нескольких метров. Каналы являются наиболее глубокими продолжениями таких ниш вглубь массива, где они постепенно выклиниваются (рис. 7). Нижние части таких ниш и каналов выполнены характерной красно-коричневой глиной. Анализ морфогенетической карты пещеры (рис. 3) демонстрирует отчетливую закономерность в распространении полостей этого морфотипа: они развиты преимущественно вдоль внешних контуров пещерного поля, где их углубление в стороны от основных галерей максимально. Вдоль внутренних (обращенных друг к другу) стен основных галерей имеется лишь несколько небольших и неглубоких ниш. Следует также подчеркнуть явное подобие морфологии таких ниш и каналов (и ассоциированного заполнителя) с аналогичными явлениями в гипогенных пещерах понтических известняков Одессы (Климчук, Пронин, Тимохина, 2010). Формирование полостей этого морфотипа и упомянутой асимметрии связывается с возникновением дополнительного



Рис. 7. Морфотипы полостей пещеры Таврская: боковые глубокие ниши и каналы по напластованию.

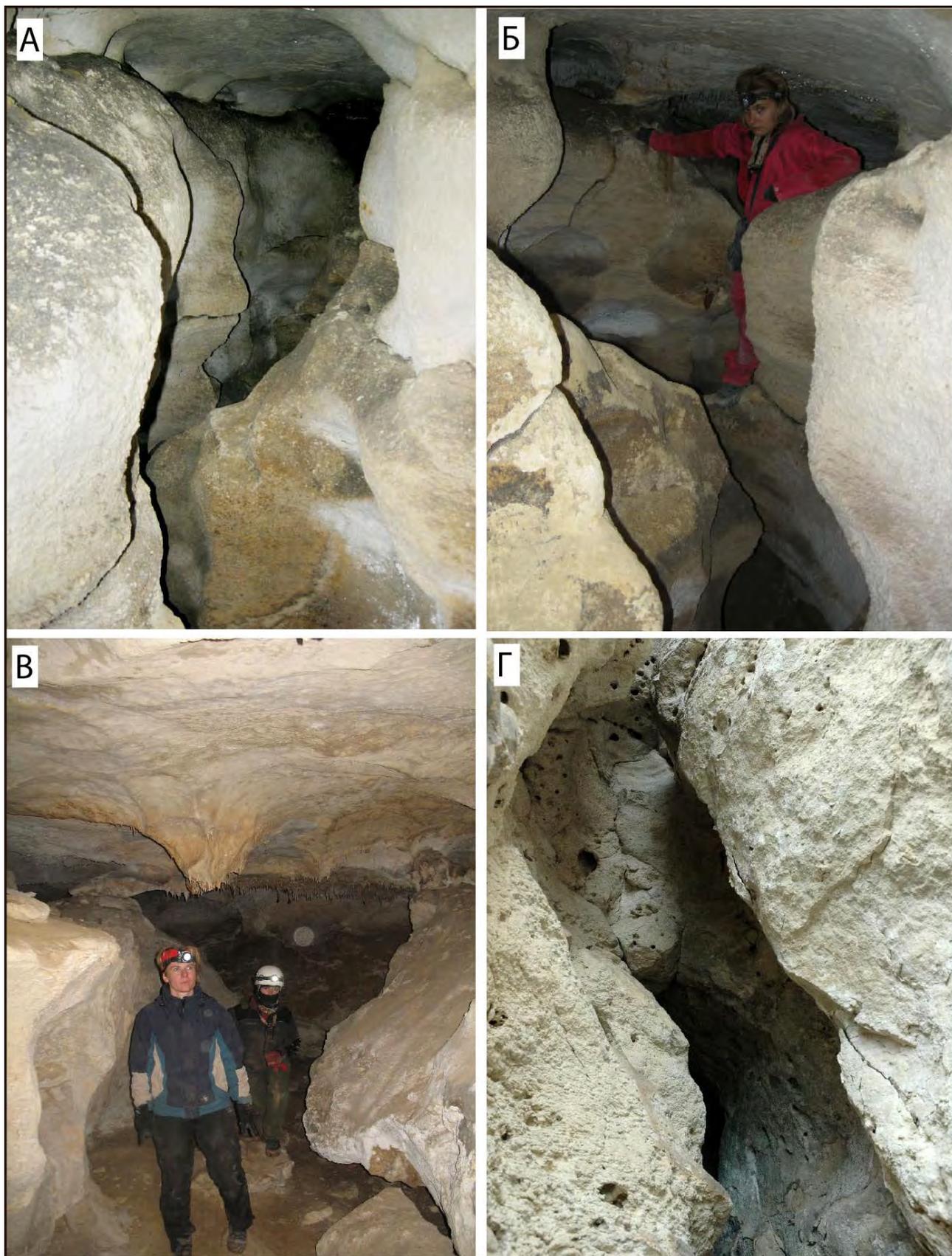


Рис. 8. Морфотипы полостей пещеры Таврская: рифтоподобные хода. А, Б – Козий лаз в Таврской; В – ход вдоль Южной галереи; Г – ход в пещере Подарочная, заложный в основании толщи палеоценовых известняков в 300 м западнее пещеры Таврской, соответствующий по заложению нижней (скрытой отложениями), части рифта Козий лаз. Видно продолжение полости вверх по сечению.

потенциала растворения при смешивании двух вод разного генезиса, восходящих вод глубокой системы стока и латерального потока по напластованию более мелкой системы. Согласно модели, предложенной в цитированной работе, асимметрия в развитии боковых форм вдоль сквозьформационного канала (проводящего восходящий поток) обуславливается особенностями его ориентировки в гидродинамическом поле пластового потока и, соответственно, различиями в пропорциях смешивания и результирующем эффекте растворения.

Рифтоподобные ходы и участки основных ходов существенно отличаются от основных галерей и выделены в качестве отдельного морфотипа полостей. В обособленном, чистом, виде морфотип представлен ходом в приборочной части пещерного поля (Козий лаз), соединяющемся с Северной галереей в ее восточном окончании. Ход имеет вертикально-вытянутое поперечное сечение с волнистыми стенами, расширением в верхней части по плоскости напластования и округлым «мытым» сводом (рис. 8, А-Б). Ширина рифтовых ходов в средней («рифтовой») части сечения около 1 м, в верхней части около 2 м. Высота достигает 3-4 м. Ход сужается книзу или заполнен кластическими отложениями в нижней части. Можно предположить, что такое сечение продолжается вниз на значительную глубину. Об этом свидетельствует выявление фрагментов рифтоподобных ходов в обрыве западнее пещеры Таврской (пещера Подарочная), где доступна нижняя часть их сечения в основании толщи палеоценовых известняков, на 4-5 м ниже доступной части Козьего лаза в Таврской. Такие ходы, доступные в нижней части обрыва, продолжают вверх по сечению (рис. 8, Г). В восточном секторе Южной галереи рифтоподобный ход, более широкий и менее глубокий, чем Козий лаз, примыкает к галерее вдоль северного контура (см. рис. 8, В и описание выше). Он имеет сходную с Козьим лазом морфологию, но большую ширину, и более высокий уровень заполнителя. Расширенная по плоскости напластования верхняя часть сечения по одному контуру (левому на фото 8, В) сообщается с Южной галереей. Вероятно,

рифтоподобный ход продолжается к востоку далее чем Южная галерея, но перекрыт обильными тут глыбово-обвальными отложениями. В этом направлении его линия продолжается фрагментом рифта Козьего хода. Аналогичным по морфологии является основной ход пещеры Змеиная, другой крупной пещеры Внутренней гряды, развитой в эоценовых известняках (Климчук, Амеличев, Тимохина, 2009). Рифтоподобная морфология ходов является одной из наиболее типичных для сквозьформационных каналов гипогенного «поперечного» спелеогенеза, развитых по секущим трещинам, хотя и не является эксклюзивным атрибутом гипогенных обстановок карстообразования (Klimchouk, 2007; 2009).

4.3. Скульптурные мезоформы

Мезорельеф пещеры Таврской весьма сложный, изобилующий различными формами и их сочетаниями. Коренной рельеф пола основных галерей обычно скрыт покровом вторичных отложений и является аккумулятивным, но в пристеночной полосе Северной галереи обнажается пологонаклонная (25-30°) полка коренной породы (рис. 6, Б-Г), в которой отмечены несколько субвертикальные каналы, трактуемых тут как *каналы восходящего питания* («фидеры»; Klimchouk, 2009; рис. 9, фото А и Б). Подобный канал имеется также в западном окончании Северной галереи (фото В). При заложении фидеров сбоку под нависающими стенами, над ними часто развиты стенные восходящие каналы (фото А). Обособленные каналы восходящей морфологии, наряду с рифтовыми каналами, являются характерными для пещер гипогенного происхождения (Klimchouk, 2007, 2009).

В распределении мезоформ по стенам основных галерей проявляется отчетливая асимметрия, сходная с асимметрией в распределении стенных глубоких ниш и каналов. Густота, глубина и разнообразие форм на внешних (по отношению к пещерному полю) стенах галерей значительно выше, чем на внутренних. Такая асимметрия особенно ярко проявляется в Северной галерее (рис. 6, Б, Г; слева на снимках внешняя, северная, стена).

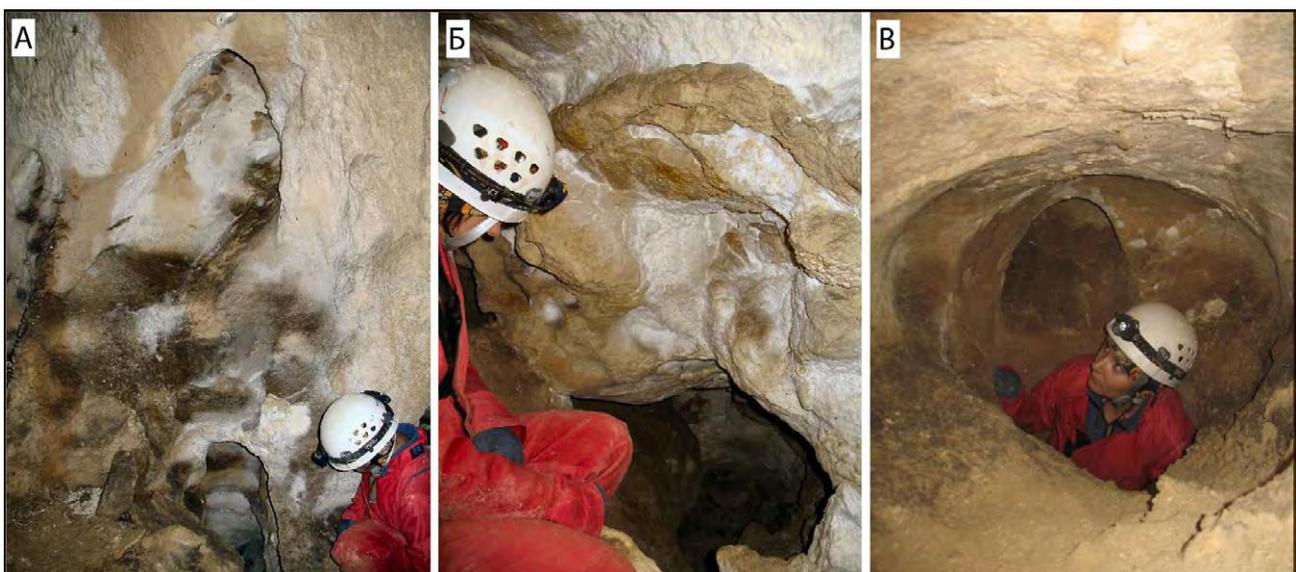


Рис. 9. Восходящие каналы в полу ходов – каналы восходящего питания («фидеры»).

Помимо упомянутых горизонтальных глубоких ниш и каналов по напластованию, охарактеризованных выше в качестве отдельного морфотипа полостей, стены крупных ходов осложнены многочисленными *округлыми нишами и углублениями* с поперечниками от нескольких десятков см до 1-2 м. Такие формы часто располагаются в нескольких уровнях, но соответствие по латерали соседних форм (контроль напластованием) не прослеживается. Отчетливо выраженной является организация округлых ниш и углублений в вертикальные серии, где индивидуальные углубления располагаются друг над другом, образуя подобие вертикального канала (фото А-В на рис. 10). В этом случае между сближенными вертикальными сериями углублений проявляются вертикальные ребра. На нависающих стенах отдельные углубления в вертикальных сериях часто становятся слабовыраженными и сливаются в *восходящие стенные каналы* (фото Г и Е на рис. 10). Такие каналы обычно начинаются врезом в основание нависающей стены от плоскости свода горизонтальной ниши на нижнем уровне, от выраженной плоскости напластования или колодца-фидера в полу. Выраженность индивидуальных ственных каналов может достигать полной отделенности их перемычками от основного объема хода (фото Д на рис. 10). Верх ственные каналы оканчиваются крупными нишами или потолочными куполами. Описанная морфология и организация ственных форм является характерной для гипогенных полостей (Klimchouk, 2009; Audra, 2009) и объясняется растворяющим действием флюидов, циркулирующих в конвективных «ячейках» в условиях слабопроточной среды.

В сводовой области ходов широко распространены *купольные и каминные формы* диаметром до 1-2 м и высотой (выше уровня сводов) до 3-4 м. Контуры куполов обычно овальные в плане, вытянутые вдоль осевой трещины, но имеются и купола без видимой приуроченности к трещинам. В крупные купола часто вложены более высокие округлые формы меньшего диаметра. Среди последних выделяются *потолочные вертикальные каналы* диаметром 10-40 см и высотой до 1-2 м, поперечники которых мало изменяются по высоте (рис. 10, фото Ж и З). В случае округлого поперечного сечения, форма таких каналов приближается к цилиндрической. Они распространены группами-кластерами с высокой плотностью по площади свода (до 2-3 шт. на м²). Округлые каналы не контролируются трещинами, однако имеются также овальные в поперечнике каналы, развитые по трещинам (фото И на рис. 10). Цилиндрические вертикальные каналы выделяются в зарубежной литературе под названием *bell holes* («колокольные полости»). Считалось, что они являются атрибутами пещер в тропиках (Ford, Williams, 2007), особенно пещер зоны галоклинного смешивания в прибрежной морской/океанической обстановке, однако выдвигались различные гипотезы их происхождения (Lauritzen, Lundberg, 2000). А.Б.Климчук (Klimchouk, 2007, 2009) указывал на распространение таких каналов в заведомо гипогенных пещерах, где их образование связывается с действием конвективной ячеистой циркуляции поступающих снизу вод в слабопроточных напорных условиях. Недавний обзор и специальный

анализ проблемы *bell holes* в пещерах тропических островов привел к сходной интерпретации их генезиса (Birmingham et al., 2011). Таким образом, наличие вертикальных цилиндрических каналов типа *bell holes* является диагностическим признаком слабопроточных фреатических условий и выраженной конвективной циркуляции.

Широкое распространение глубокопроникающих вверх форм в сводах ходов (куполов и каналов) обуславливает формирование многочисленных положительных форм между ними: *перегородок и скальных выступов-«подвесок»* (рис. 11, фото А). Они демонстрируют скульптурную морфологию со всех сторон, поэтому их форма может быть весьма причудливой. Анализ распределения поверхностей гравитационного отрыва в сводах и обрушенного материала со следами скульптурной морфологии указывают на значительно более высокую распространенность перегородок и подвесок в прошлом. Их массовое обрушение произошло при снятии выталкивающей (архимедовой) поддержки в фазу раскрытия водонапорной системы и ее осушения. Этим также подтверждается формирование глубокопроникающих потолочных форм в слабопроточных фреатических условиях.

Из скульптурных (растворение) микроформ, в некоторых местах стен и сводов выявлены небольшие (1-5 см в поперечнике) каверны и лунки, встречающиеся кластерам неправильной формы или организованные в латерально-вытянутые серии. Подобные каверны и лунки обнаружены также под минерализованной коркой с рыхлой подложкой в стенах рифтоподобных ходов.

4.4. Отложения пещеры

В пещере Таврская развиты различные типы вторичных отложений, среди которых наиболее широко представлены обвальными-гравитационные, хемогенные, рыхлые мелкообломочные (щебнистые и глинистые) и органогенные. При морфогенетическом картировании отражались только отложения, имеющие отчетливое морфологическое выражение (обвальными-гравитационные и натечные). Специальный минералого-седиментационный анализ пещерных отложений будет предметом отдельного рассмотрения. Ниже затронуты лишь некоторые аспекты, имеющие наиболее очевидное отношение к проблеме генезиса пещеры.

Спелеогенетическое значение обвальными-гравитационных отложений (обрушенных перегородок и подвесок) уже обсуждалось выше.

Из глинистых отложений большой интерес представляет кирпично-красная глина, заполняющая дно горизонтальных ниш и каналов (рис. 7). Разрез заполнителя, как правило, содержит два слоя – нижний более рыхлый, часто с содержанием желтого песчанистого материала, и верхний более плотный, распадающийся на отдельные плитки. Глинистый материал сходен с обнаруженным в пещере Змеиной, заполняющим ственные горизонтальные каналы и карманы. Подобная кирпично-красная глина описана во многих пещерах Одессы (Пронин, 2009; Климчук, Пронин, Тимохина, 2010).

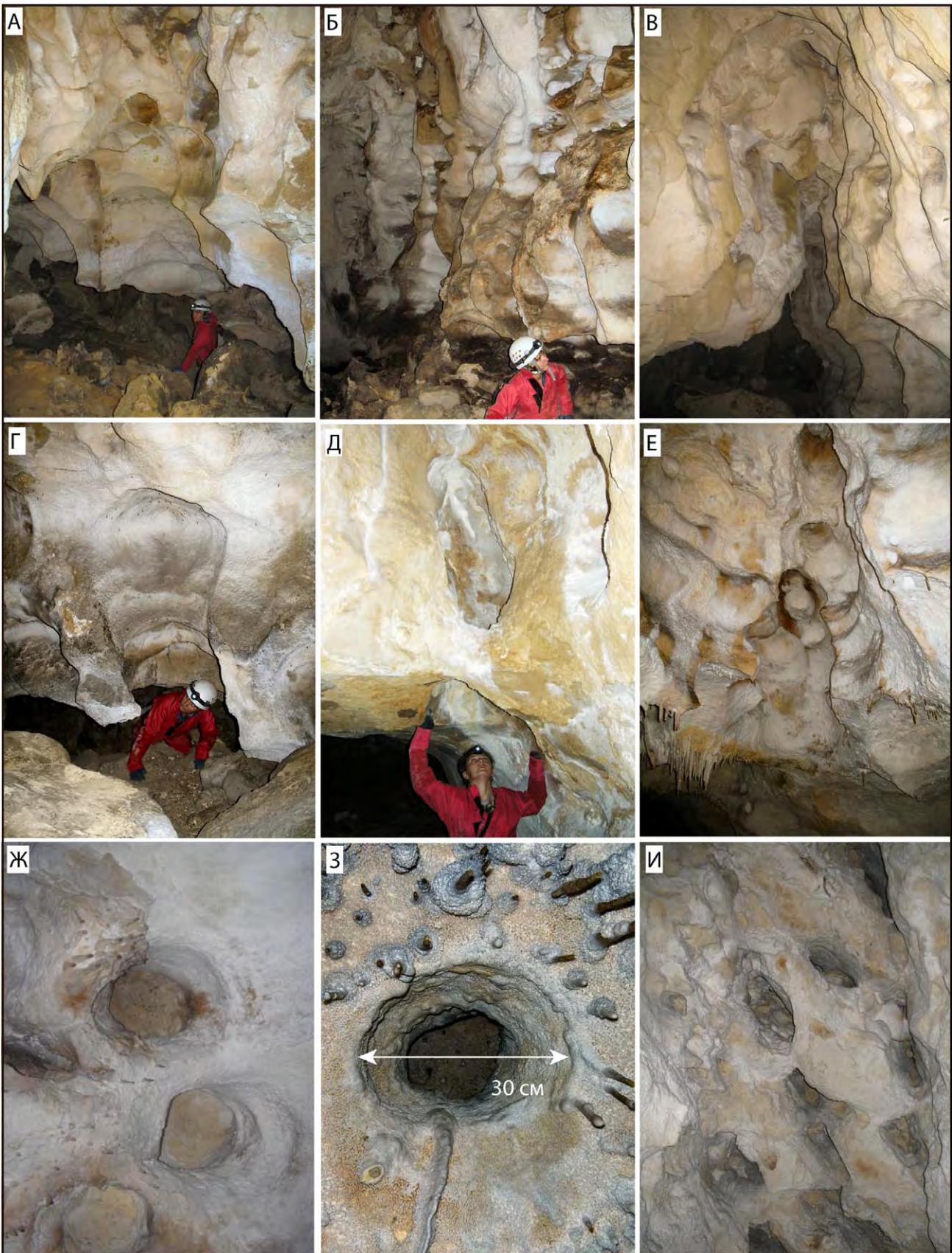


Рис. 10. Скульптурные мезо-формы основных галерей пещеры Таврской: А-В – округлые стенные ниши, организованные в вертикальные серии; Г-Е – восходящие стенные каналы; Ж и З – округлые вертикальные каналы в своде, «колокольные полости» (bell holes); И – щелевидные вертикальные каналы в своде. Ж-И: вид снизу вверх.



Рис. 11. Сохранившиеся (А) и обрушенные (Б) скальные «подвески» - изолированные скульптурные выступы породы между глубокопроникающими потолочными формами (куполами, каминами, каналами, проч.).

Среди хемогенных отложений наиболее распространены различные кальцитовые натечные образования и лунное молоко (мондмилх), образованные в вадозных условиях. Недавняя датировка нескольких сталагмитов показала, что они сформировались в основном в период от 130 до 67 тыс. лет назад (зоны 4 и 5 морской изотопной шкалы; росс-вюрмский межгляциал), хотя рост отдельных сталагмитов продолжался до 14,3 тыс. лет.

Особый интерес представляет недавняя находка в пещере зональной коры параллельно-шестоватого коричневого кальцита коричневого цвета мощностью 10-15 см. Местонахождения этого кальцита расположены в рифтоподобной части Южной галереи

и у развилки на рифтовый Козий ход в Северной галерее. Подобный кальцит нами обнаружен также в пещере Подарочная – фрагменте рифтового канала в основании палеоценовой толщи, расположенной в куэстовом обрыве в 400 м к западу от Таврской. Такой кальцит характерен для фреатических условий и «фаций» восходящих источников. Изотопное исследование кальцита и подложки коренной породы из пещеры Подарочная показало, что изотопный состав кислорода и углерода подложки заметно смещен в сторону более низких значений по сравнению с заведомо неизменной породой, что дает основание предполагать развитие зоны («гало») геохимического изменения, характерной для стен каналов, проводивших гипогенные флюиды (Dublyansky et al., 2011). В настоящее время проводятся изотопно-геохимические анализы кальцита и коренной породы для выявления признаков гипогенной циркуляции и детализации условий образования кальцита в районе пещеры Таврской.

5. ВЫВОДЫ: МОРФОГЕНЕЗИС ПЕЩЕРЫ ТАВРСКОЙ

Проведенные картирование и морфогенетический анализ пещеры Таврской, наряду с анализом геологических данных, позволяют сделать ряд важных выводов о факторах и условиях ее формирования и эволюции.

В региональном контексте, положение пещеры контролируется системой нарушений субширотного простирания, выраженных во всей мел-палеогеновой толще и оказавших существенное влияние на формирование речных долин и ряда других морфолинеаментов.

Плановая структура пещеры и ее важнейшие морфологические черты контролируются субвертикальными тектоническими трещинами и их пересечениями с выраженной палеогидрогеологически активной плоскостью напластования в средней части разреза дат-инкерманской известняковой толщи, а также с отдельными слоями относительно высокой латеральной проницаемости. Структура пещеры не проявляет признаков эпигенного («нисходящего») спелеогенеза и функционально-генетической связи пещеры с современным рельефом.

Мезо-морфология пещеры характеризуется преобладанием скульптурных поверхностей растворения и разнообразием и изобилием соответствующих спелеоформ, что определяет богатые возможности для реконструкции условий среды формирования пещеры. Состав комплекса идентифицированных в пещере спелеоформ, их генетическая интерпретация и анализ их взаимоотношений однозначно указывают на формирование в условиях напорного водоносного комплекса со слабопроточной средой, при взаимодействии восходящих вод глубокой системы стока с пластовыми водами более мелкой системы стока и большой роли конвективной циркуляции. Такие условия существовали в регионе до позднеплиоцен-раннеплейстоценового времени, когда завершилось раскрытие напорных водоносных комплексов неоген-

палеогеновых отложений в процессе формирования продольных и поперечных долин Предгорья, начавшемся еще в раннем-среднем плиоцене. В пещере не выявлены формы, образование которых может связываться с вадозными условиями и действием свободных потоков вод. Таким образом, по отношению к современной гидрогеологической обстановке, пещера является реликтовой.

Поступление вод глубокой системы стока осуществлялось по крупным трещинам, гидравлически связанным с гидрогеологически активным контактом известняков и подстилающих маастрихтских мергелей и флюидопроводящими нарушениями в последних. Эти трещины преобразовывались в ходе спелеогенеза в рифтовые каналы. Взаимодействие восходящих вод с пластовыми водами в средней части дат-инкерманских известняков осуществлялось наиболее интенсивно вдоль высокопроницаемых плоскости напластования и вышележащего слоя, с чем связано усиление (восстановление) агрессивности вод и проработка объемов на уровне нынешних основных галерей. По этим же плоскости и слою происходили латеральные перетоки между сближенными питающими рифтами в поле пещеры, а также между рифтами и внутрислойными субвертикальными трещинами верхней пачки известняков, по которым продвигалась восходящая проработка полостей этого уровня. По этим же латеральным водопроводящим элементам развивались («попятной коррозией») горизонтальные глубокие ниши и каналы в стенах основных ходов.

Разгрузка вод системы происходила в вышележащий слой высокой латеральной проницаемости через отдельные крупные и высокие потолочные купола-камины. Возможно также, что разгрузка осуществлялась также через нынешний привходовой канал по напластованию, к высокопроводящей трещинно-карстовой зоне вдоль нынешнего обрыва куэсты. Несомненно, что разгрузка вод в этом направлении (через нынешний привходовой канал) происходила на этапе начального эрозионного врезания и раскрытия водонапорного комплекса. С такой концептуальной моделью спелеогенеза пещеры Таврской хорошо согласуются местонахождения фреатического кальцита в при-рифтовых участках нынешней прирвовочной зоны.

На зрелых стадиях спелеогенеза, но до вскрытия и дренирования водоносного горизонта, пещера Таврская представляла собой систему параллельных, сближенных по двум зонам, во многих местах соединенных, узких и высоких ходов щелевидной морфологии на уровне выше активной плоскости, с рифтовыми питающими каналами под ней. Обрушение узких перегородок и подвесок между сближенными каналами и потолочными куполами и каналами при осушении пещеры сформировало нынешний облик основных галерей. Вадозные условия на их уровне установились не позднее 130 тыс. лет назад, что фиксируется по максимальному возрасту датированных сталагмитов. На стадиях гидрогеологического раскрытия и вадозной в пещеру не поступали концентрированные водные потоки, о чем свидетельствует полное отсутствие форм-индикаторов

таких условий. Нисходящая рассеянная фильтрация вод от поверхности куэсты была незначительной, на что указывает умеренное количество натечных образований – индикаторов и полное отсутствие вадозных коррозионных форм.

Дальнейшая детализация предложенной концептуальной модели морфогенеза пещеры Таврской будет осуществляться с привлечением результатов проводимых минералого-геохимических исследований, а также путем увязки этой модели с данными по геоморфологической истории района.

Пещера Таврская является геологическим объектом высокой научной ценности, ключевым и модельным для реконструкции как спелеогенетической истории региона, так и его гидрогеологической и геоморфологической истории.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Авторы выражают признательность С.Токареву, И.Трошечкину, С.Клушину и В.Бересток за помощь в выполнении работ по картированию и документации пещеры Таврской.

ЛИТЕРАТУРА

- 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.
- Вахрушев Б.А. Районирование карста Крымского полуострова // Спелеология и карстология. – 2009. – № 3. – С. 39-46.
- Геологическая карта Горного и Предгорного Крыма (сост. В.В.Юдин). М. 1:200000. – Симферополь: НПЦ Союзкарта, 2009.
- Гидрогеология СССР. Том VIII. Крым. – М.: Недра, 1971. – 364 с.
- Дублянский В.Н. Карстовые пещеры и шахты Горного Крыма. – Л.: Наука, 1977. – 183 с.
- Душевский В.П. Карстові порожини Внутрішнього куестового пасма Криму // Фізическа географія і геоморфологія. – 1970. – Вып. 4. – С. 114-118.
- Душевский В.П. Спелеологическая изученность Предгорно-Крымской карстовой области // Проблемы изучения, экологии и охраны пещер. – Киев, 1987. – С. 76-77.
- Климчук А.Б. Классы топосъемочных работ в пещерах // Свет. – №2 (15). – 1996. – С. 22.
- Климчук А.Б. Гидрогеологические условия развития и генезис карстовых полостей в неогеновых сульфатных отложениях Вольно-Подольского артезианского бассейна // Автореф. дисс. канд. геол. наук. – Киев: Институт геол. наук, 1999. – С. 1-25.
- Климчук А.Б. Карстообразование в артезианских условиях: концепция поперечного спелеогенеза // Геологический журнал. – 2006. – № 2-3. – С. 181-190.
- Климчук А.Б. Особенности и проблемы гидрогеологии карста: спелеогенетический подход // Спелеология и карстология. – 2008а. – №1. – С. 23-46.
- Климчук А.Б. Эволюционная типология карста // Спелеология и карстология. – 2010. №4. – С. 23-32. Климчук О.Б. Еволюційний підхід до типології карсту // Геологічний журнал. – 2010. – №3. – С. 85-97.
- Климчук А.Б., Андрейчук В.Н. О сущности карста // Спелеология и карстология. – 2010. – №5. – С. 22-47.

- Климчук А.Б., Амеличев Г.Н., Тимохина Е.И. Карстопроявления юго-западной части Предгорного Крыма с позиций теории гипогенного спелеогенеза // *Спелеология и карстология*. – 2009. – №2. – С. 35-53.
- Климчук А.Б., Пронин К.К., Тимохина Е.И. Спелеогенез в понтических известняках Одессы // *Спелеология и карстология*. – 2010. – №5. – С. 76-93.
- Лысенко А.В. Пещерные некрополи Горного Крыма эпохи раннего железа – позднеантичного времени (IX в. до н.э. – IV в. н.э.) // *Vita Antiqua*. – 2003. – №5-6. – С. 85-107.
- Національний Атлас України. – Київ: ДНВП Картографія, 2008. – 440 с.
- Пронин К. Естественные пещеры Причерноморско-Азовской и Молдавско-Подольской карстовых областей. – Симферополь-Одесса, 2009. – 130 с.
- Чемеков Ю.Ф., Ганешин Г.С., Соловьев С.С., Бойцов М.Н., Селиверстов Ю.П., Плотникова М.И. Методическое руководство по геоморфологическим исследованиям. – Л.: Недра, 1972. – 384 с.
- Audra P., Mocochain L., Bigot J.-Y., Nobécourt J.-C. Morphological indicators of speleogenesis: hypogenic speleogens // Klimchouk A., Ford D. (eds.). Hypogene speleogenesis and karst hydrogeology of artesian basins. Ukrainian Institute of Speleology and Karstology, Special Paper 1. – Simferopol: Ukrainian Institute of Speleology and Karstology, 2009. – P. 23-32.
- Birmingham Andrew N., Mylroie Joan R., Mylroie John E., Lacey Michael J. Bell Hole Origin: Constraints on Developmental Mechanisms, Crooked Island, Bahamas // *Speleogenesis and Evolution of Karst Aquifers*, 2011, №11 <http://www.speleogenesis.info/content/?vmode=article&id=9592>
- Bogli A. *Karst Hydrogeology and Physical Speleology*. – Springer-Verlag, Berlin: 1980. - 284 p.
- Bretz J.H. Vadose and phreatic features of limestone caves. *The Journal of Geology*. - 1942. - 50 (6). – P. 675-811.
- Dreybrodt W., Gabrovsek F. & Romanov D. *Processes of Speleogenesis: A Modeling Approach*. – Ljubljana: ZRC Publishing, 2005. – 376 pp.
- Dublyansky Y., Klimchouk A., Timokhina E., Spötl C. Isotopic indications of water-rock interaction in the hypogene Tavrskaya cave, Crimea, Ukraine // *Geophysical Research Abstracts*. – Vienna, 2011. – №13. – EGU2011-3055.
- Gabrovšek F. (Ed.). *Evolution of karst: from prekarst to cessation* - Ljubljana: SAZU, 2002. - 448 p.
- Ford D., Williams P. *Karst Hydrogeology and Geomorphology*. – Chichester: Wiley, 2007. – 562 p.
- Klimchouk A.B. Hypogene Speleogenesis: Hydrogeological and Morphogenetic Perspective // Special Paper no. 1. – Carlsbad, NM: National Cave and Karst Research Institute, 2007. – 106 p.
- Klimchouk A.B. Hypogene speleogenesis: Hydrogeological and morphogenetic perspective. - Carlsbad: National Cave and Karst Research Institute, 2007. – 106 p.
- Klimchouk A.B., Ford D.C., Palmer A.N., Dreybrodt. *Speleogenesis: Evolution of Karst Aquifers*. – Huntsville: National Speleological Society, Inc., 2000. – 527 p.
- Klimchouk A. Morphogenesis of hypogenic caves // *Geomorphology*. – 2009a. – 106. – P. 100-117.
- Palmer A. *Cave Geology*. – USA, OH: Cave Books, 2007. – P. 11-18.
- Lauritzen S.-E., Lundberg J. Solutional and Erosional Morphology // Klimchouk A., Ford D., Palmer A., Dreybrodt W. (Eds.), *Speleogenesis: Evolution of Karst Aquifers*. – Huntsville: National Speleological Society, 2000. – P. 408-427.
- White W.B. 1988. *Geomorphology and hydrology of karst terraines*. Oxford: Oxford University Press, 464 pp.