

УДК 551.44

Г. Н. Амеличев¹
К. А. Пищурова¹

Эволюция эпикарста массива Чатырдаг (Крым)

¹ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени
В.И. Вернадского», г. Симферополь
e-mail: lks0324@yandex.ru

Аннотация. В работе приводятся результаты реконструкции палеогеографических обстановок зарождения и развития эпикарстовой зоны горного массива Чатырдаг, базирующиеся на исследованиях гидрогеохимических, гидрогеологических и морфологических маркеров эволюционного развития закарстованных территорий. Выделяется два эволюционных этапа, состоящих из пяти эпох, начиная от верхнеюрской и заканчивая современной. В течение всего эволюционного пути эпикарст массива пережил несколько периодов, включающих погребение под покровными отложениями, переработку гидротермокарстовыми процессами, возрождение после эксгумации из-под покрова, консервацию и экзарацию горными ледниками и активное унаследованное развитие в послеледниковье.

Ключевые слова: эпикарст, растворение, карстовый морфогенез, эволюция, относительный возраст, Чатырдаг.

Введение

Изучение эпикарстовой зоны – это относительно новое направление в исследованиях состава и структуры закарстованных территорий и карстово-водоносных систем (КВС), которое сегодня активно развивается в Крыму. Для региона оно является важным не только с теоретической, но и с практической точки зрения. Как было выявлено в последние годы [1] количество эпикарстовых вод, участвующих в питании многих карстовых рек и источников, может достигать 30-40 % их годового стока, что существенно детализирует представления о формировании водных ресурсов Крыма, позволяет по-новому подойти к рассмотрению и решению вопросов водоохранной политики. Особую актуальность приобрели эволюционные исследования эпикарста, которые идут параллельно с активно формируемыми на полуострове новыми геологическими, гидрологическими и палеогеографическими концепциями развития природы и существенно дополняют их.

Предметом данного исследования выступает эпикарст (эпикарстовая зона), который понимается как верхняя выветрелая и закарстованная зона экспонированных на поверхность карбонатных пород (своеобразная кора выветривания), отличающаяся от нижележащей зоны более высокой и равномерно распределенной пористостью и проницаемостью, удерживающая некоторые динамические запасы вод и регулирующая сток в нижележащую вадозную зону [2].

Объектом данного исследования являются гидрогеологические, морфолого-генетические и палеогеографические особенности эпикарстовой зоны, позволяющие установить историю ее зарождения, развития и достижения современного состояния. В качестве территории, где наиболее ярко и контрастно

представлен открытый карст, выбран горный массив Чатырдаг, расположенный в центральной части Главной гряды Крымских гор.

Целью работы является создание эволюционной модели эпикарста массива Чатырдаг на основе анализа гидрогеологических, морфолого-генетических и палеогеографических особенностей приповерхностной зоны.

Материалы и методы

В ходе написания работы авторами использованы материалы теоретических разработок по эпикарсту [3, 4, 5] и другим взаимосвязанным палеогеографическим источникам информации [6, 7], а также результаты собственных полевых исследований на массиве [8, 9].

При изучении свойств эпикарстовой зоны следует придерживаться подхода, который рассматривает карст как саморазвивающуюся систему, в которой процесс коррозии растворимых в воде пород (причина) приводит к направленной трансформации этих пород, возникновению связанной с ними специфической гидрографии и в конечном итоге формированию поверхностных и подземных форм рельефа (следствие).

В гидродинамической и гидрохимической системе карста эпикарстовая зона играет роль своеобразного трансформационного буфера, в котором инфильтрационные воды претерпевают существенные температурные изменения, приобретают и срабатывают большую часть своего растворительного потенциала, переходят от рассеянного стока к концентрированному. Вследствие высокой порозности эпикарст обладает относительно высокими емкостными запасами вод и может рассматриваться как определенного рода водоносный горизонт, сходный с верховодкой. Замедляя сквозное прохождение подземного стока к основным водоносным горизонтам, он обеспечивает возможность разрушения некоторых видов потенциальных загрязнителей, т.е. выполняет водозащитную функцию. С эпикарстом тесно связаны водный режим почв, характер растительности и условия обитания животных троглобионтов.

Карстовый процесс, протекающий в эпикарстовой зоне и связанный, кроме геохимических преобразований, с перераспределением питания и его концентрацией у нижней границы эпикарста, является определяющим в геоморфогенезе поверхности [10]. Начальная фаза геоморфогенеза в приповерхностной части разреза связана с формированием зоны разуплотненных карбонатных пород, которую можно условно сравнить с корой выветривания. Рост мощности высокопроницаемого «слоя» и зарождение в нем поверхностных форм – прямое указание на прогрессию эпикарста. Высоко динамичная, благодаря наличию быстрой фильтрации через глубокие трещины и разломы, и стабильная циркуляция агрессивных эпикарстовых вод в итоге ведет к формированию таких локализованных поверхностных форм классического карста как карровые поля, воронки, котловины и др. К моменту достижения зрелого возраста мощность эпикарста может составлять 10-20, реже 30 м. Таким образом, мощность эпикарстовой зоны может служить возрастным индикатором карста.

В Институте спелеологии и карстологии (ИСК) разработан метод оценки мощности эпикарстовой зоны по глубине воронок [5]. Он основан на принципе, согласно которому положение самой глубокой точки воронки обусловлено прохождением в этом месте «фильтрационного порога» - границы между

выветрелыми и закарстованными известняками с рассеянным стоком и началом колодцев и шахт с концентрированным стоком в преимущественно монолитном целике. По карте с точками глубины воронок после интерполяции строилась карта изомощностей (изохор) эпикарста. Для оценки свойств эпикарстового пространства между воронками использовался метод георадарного профилирования, базирующийся на излучении электромагнитных волн метрового и дециметрового диапазона и фиксации, отраженных от плотностных аномалий эпикарста сигналов [8]. Это позволяет увидеть пространственную картину распределения неоднородностей в виде профиля на глубину до 40-50 м. Для оценки направления эпикарстового стока и интенсивности карстового процесса в подповерхностной зоне использовались методы мультитрассирования вод [9] и гидрохимического мониторинга [1]. Разработка и использование вышеперечисленного комплекса методов с опорой на теоретические представления о формировании и развитии эпикарста [3, 4] позволили провести его детальную реконструкцию на примере массива Чатырдаг.

Результаты и обсуждение

Эпикарстовая зона в пределах массива Чатырдаг формируется в условиях открытого (голого) карста и благодаря наличию разновозрастного, морфологически разнообразного и унаследовано развивающегося комплекса поверхностных форм несет в себе информацию о палеогеографических обстановках прошлых эпох, события которых могут быть реконструированы на основе знаний о спелеогенезе и динамических процессах в карстовой среде. Для повышения достоверности реконструкции в работе используются связанные с карстом палеогеографические маркеры эволюции климата, рельефа, гидролого-гидрогеологических структур, почвенно-растительного покрова Крыма и пр.

Рассматривая историю развития карста Крыма, Б.А. Вахрушев [11] выделяет два крупных эволюционных этапа - геологический и геоморфологический. Используем это деление для реконструкции истории развития эпикарста массива Чатырдаг.

На геологическом этапе эволюции карста Чатырдага можно выделить позднеюрскую эпоху карбонатного осадконакопления, которая охватывала период с начала оксфорда по ранний берриас нижнего мела и длилась более 20 млн. лет. За этот период в условиях жаркого тропического климата [12], были сформированы толщи органогенных (коралловых, водорослевых и хемогенных) известняков Чатырдага. В них отмечается три крупных континентальных перерыва между оксфордом и кимериджем, кимериджем и титоном, титоном и валанжином. В течение первых двух, в условиях невысокой холмистой суши, была сформирована маломощная эпикарстовая зона, поверхностные и небольшие подземные карстовые формы, выполненные в настоящее время литокластическим материалом и бокситоносными отложениями. Заполнитель вскрыт в некоторых полостях на нижнем плато (Армейская, Мраморная, Горшенина, Овечья и др.). Геоморфологическим следствием позднекimmerийской (андийской) фазы горообразования явилось формирование позднеюрской поверхности выветривания. На Чатырдаге она представлена верхним плато. В титон-валанжинский континентальный перерыв была сформирована нижнемеловая поверхность выравнивания, соответствующая нижнему плато. Некоторые исследователи [13, 14]

считают, что в это время, длившееся 3-4 млн. лет, были сформированы древнейшие звенья пещерных систем Мраморной, Эмине-Баир-Хасар, Партизанской. Отсутствие мощной зоны вертикальной циркуляции карстовых вод определило формирование субгоризонтальных или пологонаклонных (5-10°) карстовых галерей, залов и практического отсутствия вертикальных полостей. В связи с этим большинство из них унаследованно развивались, проходя этапы консервации и последующей активизации, начиная с позднемиоценового времени, и к началу раннего плейстоцена уже имели достаточно крупные размеры. В то же время интенсивная химическая денудация поверхности закарстованных известняков, обусловленная весьма агрессивной средой влажного тропического климата, сокращает мощность эпикарстовой зоны этой эпохи.

С конца берриаса Чатырдаг в составе Горного Крыма начинает втягиваться в область опусканий. Наступает эпоха морского осадкообразования, охватившая практически весь нижний мел. Глинистые отложения мелового моря покрывают нижнее плато Чатырдага, консервируя все ранее созданные карстовые формы (рис. 1, а). В известняках нижнего плато под глинистым покровом формируется напорная гидрогеологическая обстановка, обусловленная с одной стороны наличием возвышенной (верхнее плато) и открытой для атмосферных осадков области питания, а с другой - подпорным влиянием плотных морских вод и меловых глинистых экранов. Последнее обстоятельство должно было стимулировать развитие восходящей разгрузки менее плотных карстовых вод по линзе морских. Сопровождавшие это движение эффекты коррозии смешивания вероятно послужили основанием для заложения у южного края нижнего плато целой группы пещер-источников вклюдского типа, известных ныне как пещеры Вяловского леса.

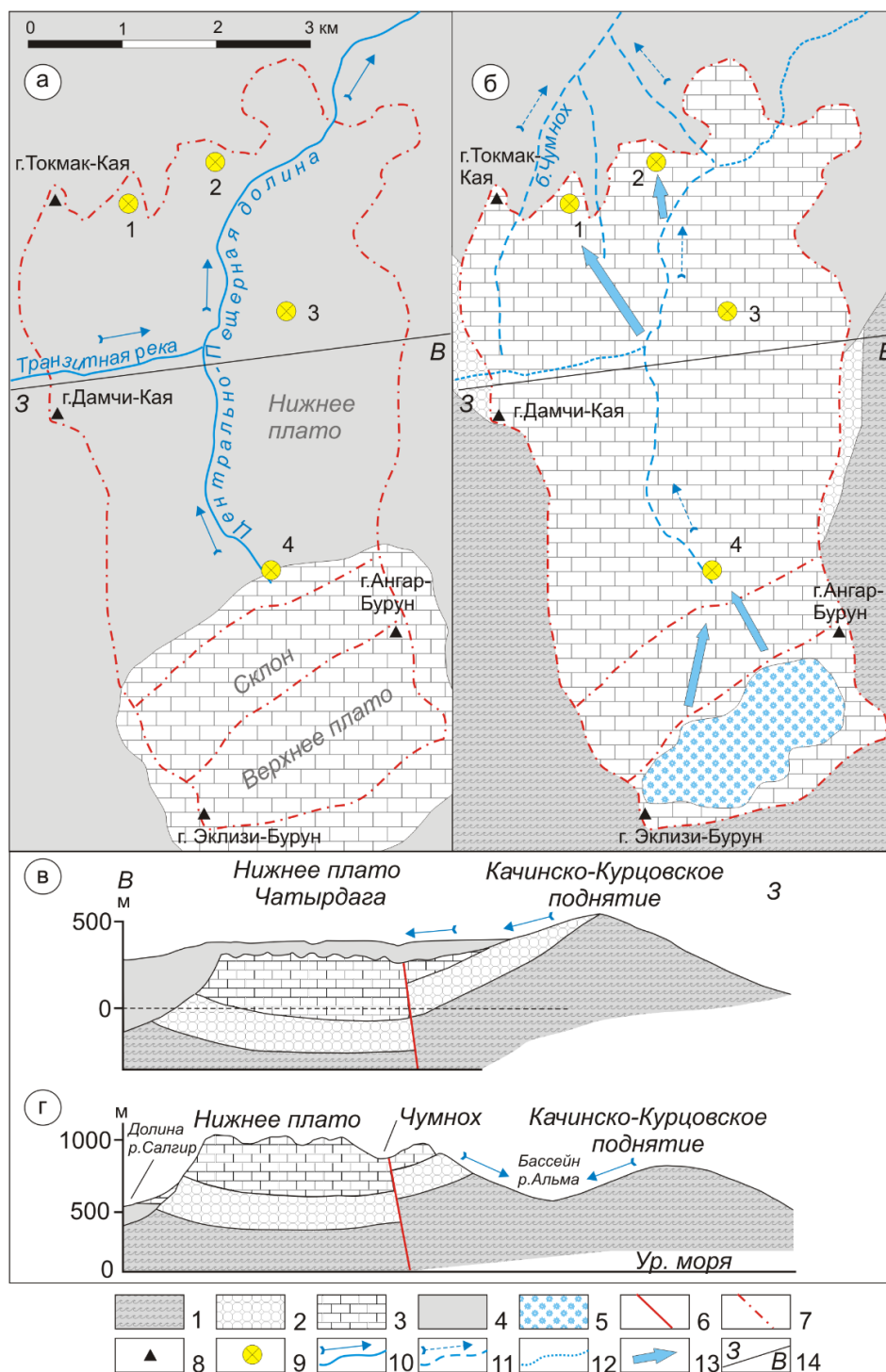


Рис. 1. Палеогеографические обстановки развития эпикарста массива Чатырдаг

Условные обозначения: а – меловая эпоха геологического этапа; б – плейстоценовая эпоха геоморфологического этапа; в-г – разрезы, соответствующие эпохам а и б; 1 – таврический флиш; 2 – конгломераты оксфорда; 3 – известняки кимеридж-титона; 4 – меловые глины; 5 – плейстоценовые ледники; 6 – разрывные нарушения (на разрезе); 7 – границы нижнего, верхнего плато и склона между ними; 8 – реперные вершины; 9 – реперные пещеры: (1 – Мраморная, 2 – Эмине-Баир-Хосар, 3 – Ход конем, 4 – группа пещер Вяловского леса); русла водотоков: 10 – постоянных, 11 – временных, 12 – отмерших (реликтовых); 13 – направления подземного стока (перехваты поверхностного стока); 14 – линии разрезом.

Составлено авторами

В позднем мелу-среднем миоцене Чатырдаг явился одной из арен активного проявления гидротермальной деятельности. Ее индикаторами являются кальцитовые жилы, представленные на поверхности нижнего плато в районе пещер Инженерной, Ход Конем и др. Изучение кальцитовых жил и кристаллов исландского шпата [15] показало, что их образование происходило при постепенном снижении температур напорных минералообразующих растворов от 200 до 30°C. При восходящем движении слабокислых гидротермальных растворов их растворимость по отношению к CaCO_3 вначале возрастает (до глубины 500-250 м от поверхности), а затем резко снижается. Таким образом, в карбонатном массиве формируются две физико-химические зоны: растворения и отложения. В первой из них происходило образование шарообразных и щелевидных гидротермокарстовых полостей, во второй - образование кальцитовых жил. В ходе тектонических поднятий верхняя часть кальцитовых жил попала в сферу влияния эпикарстовых процессов и позже была срезана денудацией, а в зону отложения вошли гидротермокарстовые полости, в которых началось образование кристаллов исландского шпата.

Таким образом, за геологический этап эпикарстовая зона массива Чатырдаг имела несколько периодов активного развития и денудации, связанных с экспонированием известняков на поверхность в условиях теплого и гумидного климата, и длительный этап меловой консервации под глинистым покровом.

Началом геоморфологического этапа в эволюции карста принято считать конец миоцена – начало плиоцена, когда поднятия Горного Крыма существенно активизировались. В начале этапа Чатырдаг представлял собой невысокий платообразный массив, на покрытой глинами поверхности которого в переменновлажных субтропических условиях формировалась красноцветная кора выветривания [16, 17]. Плиоценовые поднятия привели к усиленному денудационному срезу красноцветов и подстилающих глинистых покровов. Однако их мощности еще хватало для поддержания поверхностного стока транзитной реки, втекавшей с запада в пределы нижнего плато, и водотока Центрально-Пещерной долины (ЦПД), протянувшегося с юга на север. К концу плиоцена погребенный эпикарст был частично эксгумирован. Вскрытие известняков углубившимися долинами и доступность поверхностного питания привели к очередному омоложению древних карстовых полостей, заложенных ещё вовремя титон-берриасского континентального перерыва. С этого времени начался переход водонапорной системы массива на инфильтрационный этап развития. Активизировалось постепенное вытеснение минерализованных седиментационных вод из верхней части карбонатной верхнеюрской толщи и вторичный промыв ранее сформированных полостей, происходивший в частично напорных условиях. Предположительно, к этому времени относится формирование конкордантных поверхностей растворения по древним натекам и породе, отмечаемых в ряде крупных пещер Чатырдага. Вышедшая на поверхность древняя частично разрушенная эпикарстовая зона вступила в новый этап карстовой активизации и омоложения, который был связан с приспособлением к новым условиям рельефа и питания и переориентацией стока к сохранившимся древним дренажным системам.

В эоплейстоцене, когда сводовые поднятия достигли своего максимума, покровные отложения освободили почти всё нижнее плато, отступив к его северной бровке. Только севернее абсолютных отметок 900-1000 м он продолжал играть роль водоупорного экрана, стимулируя концентрацию подземного стока у пещер Мраморная, Эмине-Баир-Хосар и Эмине-Баир-Коба, которые вероятно работали как

эставеллы или источники. Водоток транзитной реки полностью утратил свой сток, который был перехвачен балкой Чумнох и р. Альма. Водоток ЦПД функционировал периодически во время паводков. Остальное время его сток поглощался системой трещин и поноров, сформировавшихся в днище долины, постепенно распадавшейся на замкнутые водосборы (котловины и воронки).

С конца раннего плейстоцена и до голоцена Чатырдаг был выведен на современные абсолютные отметки. Поднятия и общее похолодание, связанное с периодическим оледенением на Русской равнине, способствовали установлению холодного умеренного климата со снежными зимами [12]. Рассчитанная депрессия снеговой линии для днепровского и валдайского оледенений указывает о ее положении на высоте около 1300 м. Это позволяет предполагать на верхнем плато Чатырдага наличие обширных фирновых полей и небольших ледников [6]. Их слабая экзарационная деятельность привела к срезанию верхней части эпикарстовой зоны, вследствие чего ее мощность была уменьшена в среднем на 2 м по сравнению с нижним плато, где оледенения не было.

В плейстоцене на нижнем плато Чатырдага устанавливаются перигляциальные условия, свидетельством которых являются дефлюкционные и делювиальные шлейфы, связанные с IV и III террасами речных долин. В эту геоморфологическую эпоху существовали благоприятные условия для дальнейшего развития структурной основы эпикарстовой зоны. Они определялись повышенным количеством атмосферных осадков и низким испарением, преимущественно рассредоточенным (снежный покров) питанием холодными агрессивными водами, обильными в начальной и конечной стадиях оледенения, а также в межледниковья. В сочетании с активным морозным выветриванием верхней части карстующихся пород это приводило к развитию и сгущению трещиноватости в приповерхностной зоне с выраженными зонами тонкого, мелкого, крупного (глыбового) и блокового дробления. В эту эпоху активную спелеогенетическую проработку получила дренирующая такие участки тектоническая трещиноватость. Эволюционировав до размеров карстовых колодцев и мелких шахт, скрытых до поры под питающими карровыми полями и трещинными зонами, она в итоге проявлялась на поверхности в виде провалов. В зависимости от условий питания и морфологии вскрывшейся трещины-полости, в дальнейшем она могла развиваться как вертикальная пещера или как закольматированная воронка. В отдельных случаях в эту эпоху происходило вскрытие молодыми эпикарстовыми колодцами древних активных и пассивных (заполненных осадками) полостей. В периоды межледниковий обильные талые воды, стекавшие с верхнего плато, могли использовать системы древних карстовых каналов, имевших связь с истоком ЦПД. Древняя долина могла временно обводняться и с учетом развитой инфлюации дополнительно промывать подрусловые пещерные системы. Однако после оледенения инфлюационный тип питания в ЦПД полностью сменяется инфильтрационным.

В позднем плейстоцене-голоцене на нижнем и верхнем плато Чатырдага продолжается развитие эпикарста и образование поверхностных форм рельефа. Карстовые воронки формируются на водоразделах, склонах и в днищах карстовых котловин как результат последовательного развития эпикарстовой зоны и дренирующего ее трещинно-каналового аппарата. Карры, как наиболее простой морфоскульптурный элемент, либо моделируют открытые поверхности сложного структурно-денудационного и карстового рельефа, либо обнажаются на поверхности после естественной или искусственной деградации почв уже сформированными,

образуя карровые поля. Последние выступают своеобразными индикаторами структур высокой проницаемости внутри эпикарстовой зоны и под ней, несут информацию о ее строении, условиях питания, мощности и др. В связи с более низким, чем в плейстоцене фоном увлажнения и полным разрушением участков водоупорного покрова, служившего концентратором поверхностного стока, многие вскрывшиеся через эпикарст колодцы и шахты затягиваются делювием и превращаются в воронки.

В современных условиях эпикарст Чатырдага является одним из самых выразительных и хорошо изученных на Главной гряде Крымских гор. Последними исследованиями в центральном Крыму отмечена его тесная связь с абсолютной высотой (рис. 2; [18]).

В декабре 2023 г. в приповерхностной пещере Точка на нижнем плато Чатырдага выполнен эксперимент по окрашиванию эпикарстовых вод [9]. Пройдя под землей расстояние в 3,6 км, краситель появился в главном очаге разгрузки карстовых вод массива источнике Аян, затратив на весь путь 3,5 суток. Эксперимент показал высокую канализованность подземного (в том числе эпикарстового) стока и высокую емкость динамических запасов карстовых вод массива. Доля эпикарстовых вод в общем стоке через Аянский источник в среднем составил около 30 % [1].

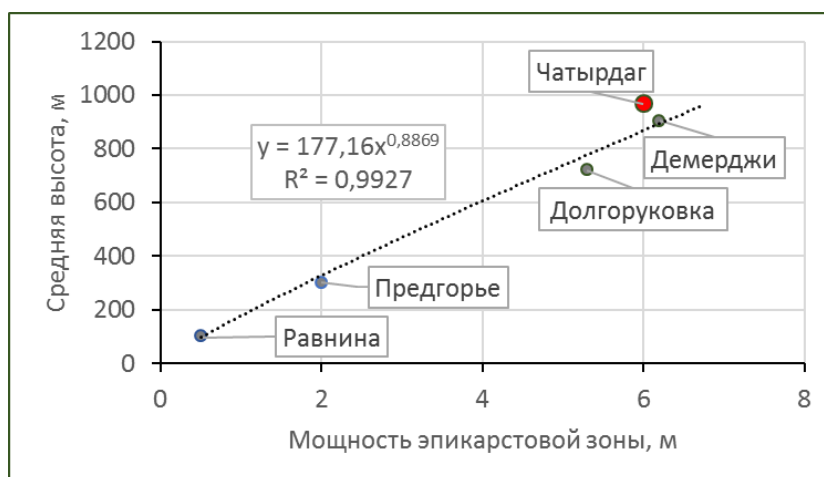


Рис. 2. Зависимость между средней высотой карстовых массивов и мощностью эпикарстовой зоны в центральной части Крыма [18].

Современные данные свидетельствуют о прогрессивном развитии эпикарстовой зоны Чатырдага. В соответствии с теоретическими оценками и большинством полученных авторами характеристик эпикарст массива находится в зрелой стадии.

Выводы

В результате выполненных исследований можно сформулировать несколько основных выводов:

Обобщение и систематизация морфологических и гидрогеологических данных о приповерхностной зоне массива Чатырдаг подтвердила правомерность выделения двух эволюционных этапов – геологического и геоморфологического, а также существенно детализировала их.

В пределах первого этапа выделяются:

а) позднеюрская – раннемеловая эпоха карбонатного осадкообразования и трех континентальных перерывов (формирование известняков и древнего эпикарста, карбонатных поверхностей выравнивания и слабопроницаемых покровов, законсервировавших эпикарст);

б) позднемеловая – средне-миоценовая эпоха гидротермальной деятельности (формирование под покровом кальцитовых жил и гидротермокарстовых полостей в известняках).

В пределах второго этапа выделяются:

в) средне-миоценовая – эоплейстоценовая эпоха активизации альпийских поднятий и денудационного среза покрова (формирование гидрографической сети на плато, эксгумация части древнего погребенного эпикарста, вторичный промыв древних КВС);

г) плейстоцен-голоценовая эпоха гляциально-нивальной деятельности и полного освобождения от покровных отложений (угасание и распад гидрографической сети, формирование открытого карста, экзарация части эпикарста верхнего плато и активное унаследованное развитие на нижнем).

д) современная эпоха прогрессивного развития зрелого эпикарста (наращивание мощности карбонатной коры выветривания, усиление канализованности эпикарстового стока, рост карровых полей, воронок и котловин).

Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ в рамках научного проекта № 25-17-00065

Литература

1. Gubareva T. S., Amelichev G. N., Tokarev S. V., Vakhrushev B. A., Gartsman B. I., Naumenko V. G., Amelichev E. G., Vakhrushev I. B. Assessing River Runoff Components in the Mountain Crimea. 2. The Runoff of Karst Aquifer Systems // Water Resources. 2024. Vol. 51, No. 6, pp. 895–908.
2. Klimchouk A. B. Towards defining, delimiting and classifying epikarst: its origin, processes and variants of geomorphic evolution // W.K. Jones, D.C. Culver, J. Herman (eds.) Epikarst. Proc. of the symposium held October 1 through 4, 2003. Sheperdstown, West Virginia, USA: Karst Water Institute special publication 9. 2004. P.23-35.
3. Williams P. W. The role of the epikarst in karst and cave hydrogeology: A review // International Journal of Speleology. 2008. 37. P.1-10.
4. Климчук А. Б. Эпикарст: гидрогеология, морфогенез и эволюция. Симферополь: Сонат, 2009. 112 с.
5. Климчук А. Б., Амеличев Г. Н., Науменко В. Г., Токарев С. В. Оценка мощности эпикарстовой зоны по распределению глубин воронок // Спелеология и карстология. №3. 2010. С.26-38.
6. Вахрушев Б. А., Амеличев Г. Н. К вопросу о возможности оледенения Крымских гор // Фізична географія та геоморфологія. Вип. 40. Київ, 2001. С. 139-153.
7. Амеличев Г. Н. Методы морфолитогенетического анализа грубообломочных отложений и палеогеографическая интерпретация их результатов (на примере

- массива Чатырдаг, Горный Крым) // Уч. Записки ТНУ. Сер. География. №15(54). Вып.2. 2002. С.86-97.
8. Климчук А. Б., Токарев С. В., Амеличев Г. Н., Науменко В. Г., Пустовойт В. А. Изучение эпикарстовой зоны известняковых массивов Горного Крыма методом георадарного профилирования // Географические и геоэкологические исследования в Украине и сопредельных территориях. Симферополь, 2012. С.139-141.
 9. Токарев С. В., Середа А. И., Амеличев Г. Н., Брага Е. В. Результаты новейших экспериментов по трассированию карстовых водоносных систем Чатырдагского и Долгоруковского массивов (Горный Крым) // Карст и пещеры 2024: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Пермь, 2024. С.170-181.
 10. Климчук А. Б. Значение приповерхностной зоны в гидрогеологии и морфогенезе карста. Киев: Ин-т геол.наук, 1989. 42 с.
 11. Вахрушев Б. А. Картографирование карста Украины // Культура народов Причерноморья. 2001. №20. С. 13-18.
 12. Борисов А. А. Климаты Крыма в различные геологические эпохи // Вестник ЛГУ. 1955. №4. С. 85-97.
 13. Лысенко Н. И., Вахрушев Б. А. Об условиях залегания нижнемеловых отложений на северном склоне Чатырдага (Крым) // Известия АН СССР. Серия геология. Вып. 4. 1974. С.148-150.
 14. Дублянский В. Н., Шутов Ю. И. Карстовая водоносная система Вялова и некоторые вопросы гидрогеологии Чатырдага // Геол. журнал. №4. 1978. С.115-121.
 15. Дублянский Ю. В. Закономерности формирования и моделирование гидротермокарста. Новосибирск, 1990. 151 с.
 16. Добровольский В. В. Красноцветные образования Крыма и их палеогеографическое значение // Вестник МГУ. №1. 1968. С.45-50.
 17. Мичурина Е. С. Карстовый процесс и коры выветривания Крыма // Известия ВГО. №4. 1966. С.361-368.
 18. Амеличев Г. Н., Стренадо А. Д. Закономерности развития и распространения карста в центральной части Крыма // Карст и пещеры Кавказа: результаты, проблемы и перспективы исследований. Материалы VI Региональной научно-практической конференции (г. Сочи, 4-6 ноября 2021 г.). Сочи: Сочинское отделение РГО, 2021. С.9-18.

G. N. Amelichev¹
K. A. Pischurova¹

Epicarst evolution on the Chatyrdag massif (Crimea)

¹V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol
e-mail: lks0324@yandex.ru

Abstract. The paper presents the results of the reconstruction of paleogeographic environments in which the epikarst zone of the Chatyrdag mountain range originated and developed. They are based on studies of hydrogeochemical, hydrogeological and morphological markers containing information about the evolution of karst territories. There are two evolutionary stages, consisting of five epochs, starting from the Upper

Jurassic and ending with the modern one. During the entire evolutionary path, the epikarst of the massif has experienced several periods, including burial under cover sediments, processing by hydrothermal karst processes, rebirth after exhumation from under the cover, conservation and exoration by mountain glaciers, and active inherited development in the Postglacial.

Keywords: *epikarst, dissolution, karst morphogenesis, evolution, relative age, Chatyrdag.*

References

1. Gubareva T. S., Amelichev G. N., Tokarev S. V., Vakhrushev B. A., Gartsman B. I., Naumenko V. G., Amelichev E. G., Vakhrushev I. B. Assessing River Runoff Components in the Mountain Crimea. 2. The Runoff of Karst Aquifer Systems // Water Resources. 2024. Vol. 51, No. 6, pp. 895–908.
2. Klimchouk A. B. Towards defining, delimiting and classifying epikarst: its origin, processes and variants of geomorphic evolution // W.K. Jones, D.C. Culver, J. Herman (eds.) Epikarst. Proc. of the symposium held October 1 through 4, 2003. Sheperdstown, West Virginia, USA: Karst Water Institute special publication 9. 2004. P.23-35.
3. Williams P. W. The role of the epikarst in karst and cave hydrogeology: A review // International Journal of Speleology. 2008. 37. P.1-10.
4. Klimchuk A. B. Jepikarst: gidrogeologija, morfogenez i jevoljucija (Epikarst: hydrogeology, morphogenesis and evolution). Simferopol': Sonat, 2009. 112 s.
5. Klimchuk A. B., Amelichev G. N., Naumenko V. G., Tokarev S. V. Ocenka moshhnosti jepikarstovoj zony po raspredeleniju glubin voronok (Estimation of the epikarst zone capacity by the distribution of crater depths) // Speleologija i karstologija. №3. 2010. S.26-38.
6. Vakhrushev B. A., Amelichev G. N. K voprosu o vozmozhnosti oledeneniya Krymskih gor (On the possibility of glaciation of the Crimean Mountains) // Fizichna geografija ta geomorfologija. Vip. 40. Kiïv, 2001. S. 139-153.
7. Amelichev G. N. Metody morfolitogeneticheskogo analiza grubooblomochnyh otlozhenij i paleogeograficheskaja interpretacija ih rezul'tatov (na primere massiva Chatyrdag, Gornyj Krym) (Methods of morpholithogenetic analysis of coarse-grained sediments and paleogeographic interpretation of their results (on the example of the Chatyrdag massif, Mountainous Crimea)) // Uch. Zapiski TNU. Ser. Geografija. №15(54). Vyp.2. 2002. S.86-97.
8. Klimchuk A. B., Tokarev S. V., Amelichev G. N., Naumenko V. G., Pustovojt V. A. Izuchenie jepikarstovoj zony izvestnjakovyh massivov Gornogo Kryma metodom georadarnogo profilirovanija (Study of the epikarst zone of limestone massifs of the Mountainous Crimea by georadar profiling) // Geograficheskie i geojekologicheskie issledovanija v Ukraine i sopredel'nyh territorijah. Simferopol', 2012. S.139-141.
9. Tokarev C. V., Sereda A. I., Amelichev G. N., Braga E. V. Rezul'taty novjshih jeksperimentov po trassirovaniju karstovyh vodonosnyh sistem Chatyrdagskogo i Dolgorukovskogo massivov (Gornyj Krym) (The results of the latest experiments on tracing karst aquifers of the Chatyrdag and Dolgorukovsky massifs (Mountainous

- Crimea)) // Karst i peshhery 2024: materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. Perm', 2024. S.170-181.
10. Klimchuk A. B. Znachenie pripoveryhnostnoj zony v gidrogeologii i morfogeneze karsta (The importance of the near-surface zone in the hydrogeology and morphogenesis of karst). Kiev: In-t geol.nauk, 1989. 42 s.
 11. Vahrushev B. A. Kartografirovanie karsta Ukrainy (Mapping the karst of Ukraine) // Kul'tura narodov Prichernomor'ja. 2001. №20. S. 13-18.
 12. Borisov A. A. Klimaty Kryma v razlichnye geologicheskie jepohi (The climates of Crimea in different geological epochs) // Vestnik LGU. 1955. №4. S. 85-97.
 13. Lysenko N. I., Vahrushev B. A. Ob uslovijah zaleganiya nizhnemelovyh otlozhenij na severnom sklone Chatyrdaga (Krym) (On the conditions of occurrence of Lower Cretaceous sediments on the northern slope of Chatyrdag (Crimea)) // Izvestija AN SSSR. Serija geologija. Vyp. 4. 1974. S.148-150.
 14. Dubljanskij V. N., Shutov Ju.I. Karstovaja vodonosnaja sistema Vjalova i nekotorye voprosy gidrogeologii Chatyrdaga (Vyalov karst aquifer system and some issues of Chatyrdag hydrogeology) // Geol. zhurnal. №4. 1978. S.115-121.
 15. Dubljanskij Ju. V. Zakonomernosti formirovanija i modelirovanie gidrotermokarsta (Patterns of formation and modeling of hydrothermokarst). Novosibirsk, 1990. 151 s.
 16. Dobrovol'skij V. V. Krasnocvetnye obrazovanija Kryma i ih paleogeograficheskoe znachenie (Red-colored formations of Crimea and their paleogeographic significance) // Vestnik MGU. №1. 1968. S.45-50.
 17. Michurina E. S. Karstovyj process i kory vyvetrivanija Kryma (Karst process and crustal weathering of Crimea) // Izvestija VGO. №4. 1966. S.361-368.
 18. Amelichev G. N., Strenado A. D. Zakonomernosti razvitija i rasprostraneniya karsta v central'noj chasti Kryma (Patterns of karst development and distribution in the central part of Crimea) // Karst i peshhery Kavkaza: rezul'taty, problemy i perspektivy issledovanij. Materialy VI Regional'noj nauchno-prakticheskoy konferencii (g. Sochi, 4-6 nojabrja 2021 g.). Sochi: Sochinskoe otd-nie RGO, 2021. S.9-18.

Поступила в редакцию 02.02.2025 г.