



Б.А. Вахрушев

## Геоморфология карста и понятие о карстовом рельефе

Vakhrushev B.A. Karst geomorphology and the notion of karst relief. // Speleology and Karstology, - Vol. 1. – Simferopol. – 2008. – P.47-53.

Вахрушев Б.О. Геоморфология карста і поняття про карстовий рельєф // Спелеологія і карстологія, - № 1. – Сімферополь. – 2008. С. 47-53.

**Резюме:** Главным объектом изучения геоморфологии карста является карстовый рельеф. В статье обосновывается объем понятия “карстовый рельеф” и дается его определение. Показано, что в понятие “карстовый рельеф” должны включаться как поверхностные, так и подземные карстовые формы.

**Abstract:** Karst relief is the principal study object of karst geomorphology. In the paper the notion of “karst relief” is substantiated and defined. It is argued that both surface and underground features should be included in this notion.

Теоретические поиски двадцатого столетия в геоморфологии ознаменовались созданием достаточно стройной научной концепции (Диалектика..., 1970; Марков, 1948; Проблемы..., 1988). Представления о рельефе как результате взаимодействия эндогенных и экзогенных процессов признается основной парадигмой геоморфологии (Герасимов, 1983). Процессы могут взаимодействовать, непосредственно совпадая в пространстве и времени, но могут быть разделены во времени. Тогда взаимодействия осуществляются через геоморфу, сохранившуюся в современном рельефе от более древних эпох. Категория “взаимодействие” – главный атрибут геоморфологической формы движения материи (в понимании О.В. Кашменской (Кашменская, 1980)), которая обладает качествами хоро- и хронологичности, передает и использует энергию (в т.ч. и гравитационную), информацию, отличается свойствами системности и, следовательно, самоорганизации и эволюции (Поздняков, Черванев, 1990). Она осуществляется (или материализуется) через создание, развитие и отмирание форм рельефа земной поверхности, под действием эндогенных и экзогенных рельефообразующих процессов.

Отдельные виды геоморфологической формы движения материи, отличающиеся определенным характером взаимодействий (и их результатом) могут изучаться разными разделами геоморфологии. Ю.Г. Симонов (Симонов, 1972) намечает несколько основных путей последующего синтеза полученных знаний в общей теории геоморфологии. Один из них: “... отдельные звенья или отрасли науки могут изучать общие законы развития рельефа земной поверхности или же частные (развитие речных

долин, склонов, морских берегов, ледниковых форм рельефа, поверхностей выравнивания и т.п.). Отсюда первый путь синтеза от частной геоморфологии к общей. Этот синтез обычно затруднен тем, что практически невозможно выровнять фронт частных исследований” (с. 3, (Симонов, 1972)).

Одним из путей подобного “выравнивания” является процесс дифференциации геоморфологии, в основе которого лежат достижения частных исследований, перерастающих со временем в отдельные разделы геоморфологии. Принцип дифференциации, основанный на генетическом и системном подходах в изучении объекта исследования, может выступать как классификационный признак, выстраивая закономерную иерархию геоморфологических наук. Он же отвечает за структуру отдельных компонентных или частных наук, определяя их внутренние научные направления.

В связи с этим, выделение геоморфологии карста в качестве научного раздела вполне оправдано, так как это усилит методологическую базу геоморфологии, направленную на выявление закономерностей карстового геоморфогенеза территорий, сложенных растворимыми в воде породами. Такой подход и есть “выравнивание”, по образному высказыванию Ю.Г. Симонова (Симонов, 1972; Симонов, 1988), фронта частных геоморфологических исследований.

Развитие науки и запросы человеческого общества приводят к усилению на определенных этапах междисциплинарных взаимодействий, как среди наук, находящихся на одном, так и на смежных уровнях. Здесь возникают внутриуровневые или межуровневые науки и научные направления. Их место на следующем, более низком уровне. Между ними также может быть установлена своя соподчиненность, основанная на тех же принципах сложности и структурированности объекта исследований и используемой методологической базы

© Б.А. Вахрушев<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Украинский Институт спелеологии и карстологии МОНУ и НАНУ, Симферополь, Украина

\* Корреспондующий автор. E-mail: institute@speleogenesis.info

смежных наук и др. Подобный порядок вещей хорошо согласуется с представлениями С.Ю. Бортника (Бортник, 1998) о механизме развития междисциплинарных взаимодействий научных направлений.

Таким образом, учение о карстовом геоморфогенезе является научным разделом геоморфологии и тесно связано с карстоведением и спелеологией, а через них с другими пограничными дисциплинами, изучающими особенности закарстованных территорий: гидрогеологией карста (Дублянский, Кикнадзе, 1984), учением о поверхностных карстовых водах (Гигинейшвили, 1979), инженерной карстологией (Инженерная геология..., 1992).

Важным является то, что геоморфология карста испытывает достаточно сильное влияние (в т. ч. и методологическое) со стороны других разделов геоморфологии и карстологии. Так Б. Булла (Bulla, 1954), подчеркивая особое значение литологии в развитии карста, не вынося учение о морфогенезе карстовых областей за рамки геоморфологии, отнес его к группе литогеоморфологии. Однако литология не является достаточной причиной для развития карста: по Д.С. Соколову (Соколов, 1962) - это одно из четырех основных условий его развития.

Успешное становление научного направления о роли новейшей геодинамики в формировании рельефа горных и равнинных стран (Палиенко, 1992) определило усиленное внимание в карстологических исследованиях к вопросам геодинамики карста (Вахрушев, 1997), структурной карстологии и сейсмокарстологии (Вахрушев, 1995; Дублянский и др., 1995).

В тоже время, в формировании карстового рельефа большое значение имеют и зональные географические факторы, отвечающие в основном за динамику коррозионных процессов. Они связаны с другой стороной карстового литодинамического потока – водной средой.

Агрессивные свойства природных вод по отношению к наиболее распространенным карстующимся породам – карбонатным, формируются за счет поглощения двуокиси углерода, органических и неорганических кислот. Кроме того, интенсивность коррозии зависит и от динамических характеристик русловых и внерусловых вод. Подобные факторы, обеспечивая реализацию третьего и четвертого условий развития карста Д.С. Соколова (наличие движущихся, агрессивных вод), (Соколов, 1962) в первую очередь зависят от количества атмосферных осадков, теплового режима территорий, почвенно-растительного покрова и тем самым тесно связаны с широтной зональностью и высотной поясностью.

Таким образом, теоретические и прикладные вопросы климатической геоморфологии не могут обойти объяснительную базу геоморфологии карста. В связи с этим, вот уже около ста лет успешно развивается климатическая карстология (Penck, 1894; Гвоздецкий, 1950; Lemmann, 1954; Corbel, 1954; Trombe, 1952; Максимович, 1955; Максимович, 1963; Чикишев, 1979; Якуч, 1979).

Приведенные положения носят в целом методический характер и являются обычным приемом, организующим исследования, подчиняющиеся заранее сформулированным научным и практическим целям

и задачам. Сложные взаимодействия природных процессов и явлений настолько многогранны и взаимопроницающи, что подобные научные абстракции, основанные на целевых установках, являются практически единственным путем решения поставленных задач.

Синтез аналитических знаний о природе территорий, сложенных растворимыми в воде породами, полученных смежными науками геолого-географического цикла, привел к возникновению в первой половине XX века новой научной дисциплины – карстоведения (карстологии). В современной литературе карстоведение определяется как *“особая отрасль знаний (в системе геолого-географических наук), посвященная изучению карста”* (с. 9, (Гвоздецкий, 1972)) или трактуется как *“... учение о современных и древних явлениях в растворимых в воде горных породах, их образовании, развитии, распространении и практическом значении”* (с.10, (Максимович, 1963)). Г.А. Максимович выделяет общее, региональное карстоведение, гидрогеологию и гидрологию карста, учение о минералах и полезных ископаемых карстовых полостей, инженерное, историческое карстоведение и методику изучения карста.

Подобное положение вещей нашло отражение в трудах третьего Всесоюзного карстологического совещания (1956 г., г. Москва), имевших названия: *“Общие вопросы карстоведения”* (27 статей) (Общие вопросы..., 1962), *“Региональное карстоведение”* (38 статей) (Региональное карстоведение, 1961), *“Специальные вопросы карстоведения”* (25 статей) (Специальные вопросы, 1962).

В классификации географических наук, предложенной А.М.Мариничем (Маринич, 1963), выделяется три основных цикла наук: природная география, экономическая география и картография. Первые два цикла делятся на отраслевые и интегральные науки, между которыми развиваются междисциплинарные связи. С этих позиций карстоведение - это достаточно специализированная интегральная наука, изучающая все стороны влияния карста (в том числе и сами карстовые процессы и явления) на природную среду их протекания (или нахождения). А.Г.Максимович (Максимович, 1963) включает в объекты изучения карстоведения карстовые воды и их свойства, пещерные минералы, микроклимат карстовых полостей, полезные ископаемые пещер и карстовых коллекторов и др.

Геоморфология карста – это отраслевое научное направление, исследующее карстовые формы рельефа (карстовый рельеф) согласно классической геоморфологической триаде: генезис, морфология, возраст, непременно в контексте эволюционного развития рельефа. Изучение других компонентов карстовых геоморфологических систем (карстовых вод, микроклимата пещер и др.) производится с целью выяснения закономерностей развития карстового рельефа, а также при решении прикладных задач.

Итак, главным объектом изучения геоморфологии карста является карстовый рельеф. Однако, имеется несколько проблем, не решив которые невозможно четко ограничить объем исследования данного научного направления. Одна из них – это проблема

правомерности включения в объем понятия “карстовый рельеф” подземных карстовых форм, что формально противоречит определению рельефа – рельеф – “... это совокупность неровностей земной поверхности” (подчеркнуто нами) (с.5, (Леонтьев, Рычагов, 1979)). Эта проблема имеет место и в определении (или даже признании) понятия “подземный карстовый ландшафт”.

Исследуя в течение многих лет карстовые области Горного Крыма и Кавказа, мы все более и более убеждались в неразрывности процессов поверхностного и подземного карстообразования. Единство этих двух звеньев непрерывной цепи генетических взаимодействий находит выражение в закономерностях пространственного расположения, ориентировки, морфографии и морфометрии поверхностных и подземных карстовых форм. Данное правило относится не только к формам рельефа карстового происхождения, но и к формам других генетических типов поверхностного рельефа, находящегося с ними в парагенетических взаимодействиях. Ставя вопрос о правомерности включения подземных карстовых форм в объем понятия “карстовый рельеф”, сталкиваемся с парадоксальной, на наш взгляд, терминологической, а по большому счету и гносеологической проблемой – в карстологической литературе термин “карстовый рельеф” используется чрезвычайно редко. И это при том, что введение в научный обиход понятие “карст” исторически связано с геоморфологическими особенностями известнякового плато Крас (Максимович, 1963). Один из классиков геоморфологической науки И.С. Щукин достаточно точно определил, что: *“Рельефообразующее значение свойств горных пород нигде не выступает так отчетливо во всей своей совокупности форм рельефа, как в тех своеобразных ландшафтах, которые известны под названием карстовых областей”* (с. 3, (Щукин, 1934)). В карстологических работах преобладают понятия: “карст” (применяется практически ко всем его проявлениям: формам, процессам, гидролого-гидрогеологическим явлениям и др.), “закарстованные территории” (области развития карстовых процессов и явлений), “карстовые поверхностные и подземные формы” (т.е. элементы карстового рельефа), “карстовый массив” (выделяющийся в рельефе горный хребет, горный узел или их большая, достаточно обособленная часть, сложенная карстующимися породами), “карстовые явления” (карстовые формы), карстообразования (карстовые формы) и др.

В обширной монографии Л. Якуча “Морфогенез карстовых областей” (Якуч, 1979) термин “карстовый рельеф” встречается только два раза (с. 161 и с. 187 при объеме работы 388 с.) и, к тому же, не в контексте анализа данного понятия – его объема, содержания и области применения. Не находит объяснения понятие “карстовый рельеф” и в знаменитом двухтомнике одного из основоположников современного карстоведения Г.А. Максимовича “Основы карстоведения” (Максимович, 1963; Максимович, 1969). Не выяснив место и значение подземных карстовых форм, не решить и терминологическую проблему понятия “карстовый рельеф”. В этой же работе Г.А. Максимович, детально рассматривая вопросы морфологии карста, характеризует их по гидродинамическим зонам, к которым

они приурочены. Для разных гидродинамических зон карстовых массивов свойственен определенный набор форм рельефа, в который входят как поверхностные, так и подземные карстовые явления. Тем самым, априори предполагается единство поверхностных и подземных карстовых форм, как связанных (общих) элементов карстового рельефа.

В капитальном труде известного карстолога и географа Н.А. Гвоздецкого “Проблемы изучения карста и практика” (Гвоздецкий, 1972) термин “карстовый рельеф” впервые появляется на странице 155. Тем не менее, этот термин и границы его применения нашли здесь более конкретное обозначение – карстовый рельеф в своей специфике: *“... свойственен всем основным морфолого-генетическим типам карста”* (с.155, (Гвоздецкий, 1972)), его своеобразие заключается в преобладании замкнутых отрицательных форм (ванновый рельеф по выражению Н.А. Гвоздецкого). В этом цитируемый автор придерживается положений классических работ А. Пенка (Penck, 1913; Penck, 1894), Й. Цвиича (Cvijić, 1893), И.С. Щукина (Щукин, 1934) – начального этапа изучения карста, считая, что данная особенность обусловлена выносом растворенного вещества через подземные каналы карстовых полостей: *“Именно наличие карстовых каналов в толщах растворимых горных пород определяет специфику карстового рельефа поверхности”* (с.155, (Гвоздецкий, 1972)). Таким образом, следует понимать, что подземные карстовые формы по Н.А. Гвоздецкому входят в понятие “карстовый рельеф”.

В то же время Н.А. Гвоздецкий, рассматривая известную классификацию Д.С. Соколова (Соколов, 1962), в которой все карстовые формы делятся на две группы: карстовые формы в растворимых породах и карстовые формы в покровных некарстующихся отложениях, – указывает, что первые, в случае их образования в результате провалов: *“... не являются формами выщелачивания, а произошли за счет силы тяжести (провальные воронки и котловины) и в такой же мере являются гравитационными как формы второй категории (в покровных некарстующихся отложениях), – суффозионными или эрозионными”* (с.156, (Гвоздецкий, 1972)).

Если не отходить от избранной теоретической концепции, то нельзя относить к карстовым те явления, в образовании которых не принимали непосредственное участие коррозионные (карстовые) процессы. Иначе исчезает сама генетическая суть в определении рельефообразующих процессов, а вместе с этим возможность построения любых генетических классификаций в геоморфологии. Д.С. Соколов, понимая это положение, и чтобы “не терять” карстовый генезис форм рельефа, возникающих в покровных отложениях (а точнее парагенезис), вводит в их обозначение генетическую (в данном случае карстовую) позицию – коррозию. Таким образом, в его классификации появляются коррозионно-просадочные, коррозионно-провальные, коррозионно-эрозионные, коррозионно-оползневые и др. формы рельефа. Не может возникнуть карстовая провальная воронка без формирования карстовой полости, послужившей базисом гравитации. Вместе с тем Д.С. Соколов указывает, что результатом карстового процесса является своеобразный рельеф, в котором преобладает отрицательные поверхностные

и подземные формы (Соколов, 1962). На единство поверхностных и подземных карстовых форм, объединяемых в генетическую категорию “карстовый рельеф” указывается и в работах И.С. Щукина. “Под словом “карст” подразумевается как комплекс характерных форм рельефа, так и особенности поверхностной и подземной гидрографии” (с. 3, (Щукин, 1934)). На странице десятой второго тома “Общая геоморфология” говорится даже о “подземной” топографии и гидрографии в морфологии карстовых областей (Щукин, 1934).

Н.П. Торсуев (Торсуев, 1985) обосновывал географическое направление изучения закарстованных территорий, рассматривает карст как природную территориальную систему, морфологическим компонентом которой является комплекс поверхностных и подземных карстовых форм. Совместно со спецификой режима карстовых вод, он определяет горизонтальную и вертикальную структуру карстовой геосистемы.

Весьма конкретно о месте подземных карстовых форм высказался Н.И. Николаев (Николаев, 1962). Указывая на необходимость разработки классификации и систематики карстовых форм, он говорит: “...о карстовых элементах поверхностного и подземного рельефа” (с. 31, (Николаев, 1962)).

Один из основоположников современной геоморфологии В.М. Девис, разрабатывая теорию о геоморфологических циклах (Davis, 1899; Davis, 1924; Davis, 1930), обращается к таким “чутким” на тектонические движения формам как карстовые пещеры. Прямо в работах В.М. Девиса не указывается о том, что пещеры являются элементами карстового рельефа. Но, рассматривая изменения рельефа в “нормальном” геоморфологическом цикле, он выделяет четыре этапа развития одноцикловых и пять этапов двухцикловых пещер. Тем самым следует понимать, что карстовые полости развиваются конгенетично с поверхностным рельефом и не могут не входить в “карстовый рельеф”.

А.Б. Климчук, обосновывая роль приповерхностной зоны карстовых массивов в гидрогеологии и морфогенезе карста (Климчук, 1989), показывает генетическую и морфологическую взаимосвязь поверхностных и подземных карстовых форм, при ведущей роли геологических и карстовых структурных неоднородностей. Вместо традиционной схемы типовых связей:

первичная борозда стока ⇒ ванновые формы рельефа ⇒ трещины выветривания ⇒ трещинные карры ⇒ воронки  
 ↓ ↓ ↑  
 секущие трещины ⇒ скрытые шахты ⇒ вскрытые шахты  
 поноры ⇒ колодцы ⇒ шахты

предлагается:

В первом случае карстовый морфогенез определяется на поверхности и проникает вглубь, во втором (по А.Б. Климчку) - в глубине массива и “... проявляется на поверхности уже детерминированным внутренней структурой карстообразования” (с.

25, (Климчук, 1989)). И в первом и во втором случаях карстовый морфогенез поверхностной и глубинной его составляющих предстает в морфогенетическом единстве.

В первой фундаментальной работе о карстовых пещерах Грузии З.К. Таташидзе (Тинтилозов) (Тинтилозов, 1976) идея о единстве развития поверхностного рельефа карстовых массивов и карстовых полостей, заложенных в их недрах, “красной” нитью проходит через всю монографию. Рассмотрение распространения, морфологии и происхождения карстовых полостей автор начинает с анализа “.. *поверхностных форм карстового рельефа*” (с. 76, (Тинтилозов, 1976)), тем самым указывая, что далее он перейдет к характеристике “подземных форм карстового рельефа”.

В.Н. Дублянский в своих работах неоднократно отмечал тесную связь поверхностных и подземных карстовых форм. По его мнению, любая оценка, касающаяся развития карста будет неполноценной без учета подземного закарствования. Подземные формы могут быть наложены на различные элементы поверхностного рельефа, часть вскрыта денудационными процессами, формирующими поверхность карстовых массивов (Дублянский, 1977). В то же время В.Н. Дублянский считает, что: “*Поверхностные формы являются объектом исследования геоморфологии, подземные – спелеологии*” (с. 16, (Дублянский и др., 2001)). Это, по-видимому, связано в данном случае, с высокой степенью абстракции используемого научного подхода для определения объекта и области исследований спелеологии. Достаточно обратиться к работам одного из классиков геоморфологической науки В.М. Девиса (Davis, 1930), как становится ясно, что без привлечения всего комплекса геоморфологических методов решить проблему карстового спелеогенеза не удастся. Широкое развитие спелеологических исследований закарстованных территорий, начавшееся со времен М. Мартеля (Martel, 1894) – отца научной спелеологии, связано с большой аттрактивностью и экзотичностью пещерных объектов. Это привело, по высказыванию Л. Якуча: “...к довольно парадоксальной ситуации: развитие геоспелеологии (часть) предшествовало развитию морфологии карста (целое), как во времени, так и по содержанию” (ст. 34, (Якуч, 1979)). И далее совершенно справедливое резюме: “Таким образом, становится понятным, почему многим современным спелеологическим работам не удается отразить современные теории морфологии карста, в то время как геоморфологические (подчеркнуто нами) работы, напротив, решают проблемы, используя широкий спектр геоспелеологических свидетельств...” (стр.34, (Якуч, 1979)). В.Н. Дублянский справедливо ставит вопросы, ответы на которые являются ключом к решению проблем карстового спелеогенеза: где (в какой гидродинамической зоне), каким образом (какой агент денудации отвечает за образование пещер) и когда (т.е. время) происходит формирование данной полости (Дублянский, 1977).

Если, по мнению цитируемого автора, на первый вопрос ответ должен дать гидрогеолог, то в ответе на второй и третий вопросы должны принимать участие геоморфолог и палеогеограф. Но даже в решении



Рис. 1. Типичный карстовый рельеф - нижнего плато Чатырдага, Крым. Фото А.Б.Климчука.

первой проблемы, по нашему мнению, должен принимать участие геоморфолог. Это видно из другой работы В.Н. Дублянского, в которой он четко указывает, что гидродинамическая зональность карстовых массивов зависит от геолого-гидрогеологических особенностей и истории развития рельефа (подчеркнуто нами) (Дублянский, Шипунова, 1984). Если быть последовательным в признании карстовых полостей элементом карстового рельефа, следует обратиться к классификации карстовых полостей В.Н. Дублянского (Дублянский, 1977), которая основана *“.. на развитии представлений А.И. Спиридонова (Спиридонов, 1985) о генетической систематике рельефа”*. (с. 42, (Дублянский, 1977)).

Б.Н. Иванов, выделяя геосинклинальный и платформенный типы карста (Иванов, 1961), указывает на необходимость установления взаимосвязи формирования поверхностного и глубинного карста. Одни и те же особенности карстования в горных и равнинных условиях будут усиливать развитие поверхностного карста и угнетать подземный, и наоборот. Так, например, усиление напряжений в пещерах, связанных с современной геодинамикой горных стран, может способствовать перестройке систем трещин, а за ними и изменение процессов карстообразования. Как справедливо указывает Б.Н. Иванов (Иванов, 1961), (это подтверждается и нашими исследованиями) наибольшая смена произойдет в недрах карстовых массивов, а внешние условия карстования практически останутся без изменений. Подобная асинхронность или, в других случаях, синхронность генетических, морфологических и пространственных сочетаний встречается в горно-карстовых областях Крыма и Кавказа в бесчисленном множестве. *“Это разнообразие, отраженное в морфологии поверхностных и глубинных форм, в гидродинамической зональности карста каждого отдельного района требует широкого комплексного регионального исследования”* (с. 107, (Иванов, 1961)).

Поверхности карстовых массивов Крыма и Кавказа, где развит классический карстовый рельеф, являются бессточными территориями (рис. 1). Вынос вещества, изъятая денудационными процессами при образовании поверхностного рельефа, происходит подземным путем. Подземные карстовые формы в этом случае выполняют функции тальвегов во флювио-эрозионном типе рельефа. Таким образом, структура карстового рельефа, его внутренняя форма (Поздняков, Черванев, 1990; Флоренсов, 1978), определяющая динамику вещества и энергии, и организующая литодинамические потоки во многом зависят от наличия подземных карстовых форм. По А.В. Позднякову и И.Г. Черваневу, *“Главный энергоноситель в геоморфологических процессах – сила тяжести, ее потенциал, появляющийся вместе с образованием превышения высот поверхности Земли над гравитационным полем”* (с. 66, (Поздняков, Черванев, 1990)). Геопотенциал определяется произведением силы тяжести на высоту. Поверхность геоида характеризуется нулевым значением геопотенциала. При расчетах энергетической составляющей геопотенциала считают, что его величина не зависит от пути нивелирования, а определяется только положением начальной и конечной точек (Философов, 1988). Из этого следует вывод, что: *“... эрозия, денудация и аккумуляция, т.е. основные геоморфологические процессы зависят не от геометрической разности высот, а от разности геопотенциалов, в которую как составная часть входит и разность геометрических высот”*. (с. 84, (Философов, 1988)). В таком случае большое значение в энергетике геоморфологических процессов должны играть градиенты геопотенциалов как производные от геопотенциалов на длину перемещения в направлении нормали к уровенной поверхности. Они определяются как вектор, направленный в сторону наибольшего возрастания геопотенциала. Если вектор есть сила, то его размерность соответствует размерности энергии и работы  $W$ -г-см<sup>2</sup>/с<sup>2</sup> (Бровар и др., 1963). Однако при этом необходимо подчеркнуть, что градиенты

геопотенциалов рассчитываются как частное от деления разности геопотенциалов двух (начальной и конечной) точек, лежащих на разных уровнях поверхности на расстояние по нормали между ними.

Такая ситуация может возникнуть и в реальном рельефе – падение воды по отвесной линии в водопаде или поглощение поверхностью потока в карстовую вертикальную шахту. Подобные случаи проявляют максимальную энергетику процесса. Если же водный (ледниковый и др.) литодинамический поток движется по наклонной прямой между истоком и устьем (т.е. между двумя – начальной и конечной точками, лежащими на разных уровнях поверхности; рис.2), то длина пути будет иметь важнейшее значение в способности производить геоморфологическую работу данным процессом. В связи с этим, мы вводим другой термин, как более приближенный к реальным условиям экзоморфогенеза показатель кинетики процесса, – “геоморфологический гравитационный градиент”, как путь  $L_m$  деленный на разность геопотенциалов ( $W_2 - W_1$ ) точек А и В (рис. 2).



Рис. 2. Соотношение геоморфологического гравитационного градиента и градиента геопотенциала.

Исходя из рассмотренного, наличие карстовых полостей не только определяет пространственную конфигурацию карстового литодинамического потока, но и значительно усиливает энергию карстового рельефа. Одним из следствий этого является высокая способность к саморазвитию и авторегуляции карстового рельефа. Это очень важный вывод на который практически не обращается внимание в классических работах по геоморфологии и карстологии. Таким образом, становится понятным обращение В.М. Девиса (Davis, 1924; Davis, 1930) для иллюстрации своего знаменитого геоморфологического алгоритма “форма (структура) - процесс – стадия” к особенностям и цикличности развития карстовых пещер.

Таким образом, карстовый рельеф – это закономерное генетическое и эволюционно обусловленное нахождение на одной территории карстовых (поверхностных и подземных) и других форм рельефа, связанных парагенетическими взаимодействиями. Карстовый рельеф можно рассматривать как геоморфологическую систему, объединенную общностью литодинамического потока, в основе которого (его генетическое и рельефообразующее содержание) лежат химический процесс растворения (коррозия) и хемогенная (в основном карбонатная) седиментация.

Эмерджентными свойствами такой системы является особая структура ее геоморфологического устройства, выражающаяся в специфике энерго- и массопереноса, приводящая к образованию как поверхностных, так и подземных карстовых форм. Следовательно, карстовые поверхностные формы и связанные с ними геоморфологическими взаимодействиями подземные карстовые явления, образуют феномен – “карстовый рельеф”, генетическая сущность которого будет рассмотрена нами в следующих публикациях данного сборника.

## ЛИТЕРАТУРА

- Бортник С.Ю.* Про резонансну пульсаційну модель природничого знання // Людина в ландшафті XXI століття: гуманізація географії. Проблема постнекласичних методологій. – Київ: Б.Н., 1998. – С. 116-117.
- Бровар В.Б., Магницкий В.А., Шимбирёв Б.П.* Теория фигуры Земли. – М.: Геодезиздат, 1963.
- Вахрушев Б.А.* Сейсмокарстология: пути и методы изучения сейсмической опасности ЮБК // Проблемы экологии и рекреации Азово-Черноморского региона. – Симферополь, 1995. – С. 144-146.
- Вахрушев Б.А.* Геодинамика карста Крымско-Кавказского региона // Геодинамика Крымско-Черноморского региона. – Симферополь, 1997. – С. 120-127.
- Гвоздецкий Н.А.* Карст. – М.: Географиз, 1950. – 186 с.
- Гвоздецкий Н.А.* Проблемы изучения карста и практика. – М.: Мысль, 1972. – 392 с.
- Герасимов И.П.* Современные сочетания и перспективы развития общей теории советской геоморфологии // Геоморфология. – 1983. – № 8. – С. 3-14.
- Гигинейшвили Г.Н.* Карстовые воды Большого Кавказа и основные проблемы гидрогеологии карста. – Тбилиси: Мэциереба, 1979. – 224 с.
- Диалектика развития и теория познания в геологии /* Под ред. А.С. Поваренных. – Киев: Наукова думка, 1970. – 124 с.
- Дублянский В.Н.* Карстовые пещеры и шахты Горного Крыма. – Л.: Наука, 1977. – 182 с.
- Дублянский В.Н., Шипунова В.А.* Пространственно-временной анализ карстовых полостей // Ден. Укр. НИИТИ. – 1984. – № 1778. – 43 с.
- Дублянский В.Н., Кикнадзе Т.З.* Гидрогеология карста Альпийской складчатой области юга СССР. – М.: Наука, 1984. – 128 с.
- Дублянский В.Н., Амеличев Г.Н., Вахрушев Б.А.* Палеосейсмическая активность Горного Крыма // Сейсмический бюллетень Украины за 1992. – Симферополь, 1995. – С.118-123.
- Дублянский В.Н., Дублянская Г.Н., Лавров И.А.* Классификация, использование и охрана подземных пространств. – Екатеринбург, 2001. – 195 с.
- Иванов Б.Н.* Особенности геосинклинального карста на примере Крыма, Кавказа и Карпат // Региональное карстование. – М.: АН СССР, 1961. – С. 108-112.
- Инженерная геология карста. Тезисы докладов международного симпозиума. – Пермь, 1992. – 175 с.
- Кашменская О.В.* Теория систем в геоморфологии. – Новосибирск: Наука, 1980. – 120 с.
- Климчук А.Б.* Роль приповерхностной зоны карстовых массивов в гидрологии и морфогенезе карста. – Киев: ИГН АН УССР, 1989. – 44 с.

- Леонтьев О.К., Рычагов Г.И.* Общая геоморфология. – М.: Высшая школа, 1979. – 287 с.
- Максимович Г.А.* Химическая география вод суши. – М.: Географиз, 1955. – 271 с.
- Максимович Г.А.* Основы карстоведения. – Пермь, 1963. – Т.1. – 444 с.
- Максимович Г.А.* Основы карстоведения. – Пермь, 1969. – Т. 2. – 529 с.
- Марков К.К.* Основные проблемы геоморфологии. – М.: ГИГЛ, 1948.
- Маринич О.М.* Структура географічної науки та її сучасний стан в Україні // Український географ. журнал.– 1963. – № 1. – С.4-8.
- Николаев Н.И.* Основные проблемы изучения карста // Общие вопросы карстоведения. – М.: АН СССР, 1962. – С. 26-33.
- Общие вопросы карстоведения. – М.: АН СССР, 1962. – 248 с.
- Палиенко В.П.* Новейшая геодинамика и ее отражение в рельефе Украины. – Киев: Наукова думка. – 1992 с.
- Поздняков А.В., Черванев И.Г.* Самоорганизация в развитии форм рельефа. – М.: Недра, 1990. – 204 с.
- Проблемы теоретической геоморфологии. – М.: Наука, 1988. – 257 с.
- Региональное карстоведение. – М.: АН СССР, 1961. – 244 с.
- Симонов Ю.Г.* Региональный геоморфологический анализ. – М.: МГУ, 1972. – 251 с.
- Симонов К.К.* Место геоморфологии в системе наук о Земле // Проблемы теоретической геоморфологии. – М.: МГУ, 1988. – С. 25-26.
- Соколов Д.С.* Основные условия развития карста. – М.: Госгеолтехиздат, 1962. – 322 с.
- Специальные вопросы карстоведения. – М.: АН СССР, 1962. – 184 с.
- Спирidonov А.И.* Геоморфологическое картирование. – М.: Недра, 1985. – 183 с.
- Тинтилозов З.К.* Карстовые пещеры Грузии. – Тбилиси: Мецниереба, 1976. – 275 с.
- Торсуев Н.П.* Карст: пути географического изучения. – Казань: КУ, 1985. – 153 с.
- Философов В.П.* Единство гипсометрического и гравитационного полей // Проблемы теоретической геоморфологии. – М.: Наука, 1988. – С. 82-90.
- Флоренсов Н.А.* Очерки структурной геоморфологии. – М.: Наука, 1978. – 237 с.
- Чикишев А.Г.* Проблемы изучения карста Русской равнины. – М.: МГУ, 1979. – 304 с.
- Щукин И.С.* Общая морфология суши. – 1934. – Т. 1. – 274 с.
- Якуч Л.* Морфогенез карстовых областей. – М.: Прогресс, 1979. – 388 с.
- Bulla B.* A klimatikus morfológia területi rendszere // VNF Tarsadalom – es Törtenettudományi OSZlaty Közlemeni. – Budapest, 1954. – № 1-4. – P. 17.
- Corbel I.* Karst de climat froid // Erdkunde, 1954. – Vol 8. – P. 21-42.
- Cvijič I.* Das Karstphänomen // Geogr. Abb, 1893. – Bol., V, H.3. – 41 p.
- Davis W.M.* The Geographical Cycle // Geogr. Journ., 1899. – Vol. XIV. – P. 216-284.
- Davis W.M.* Die erklärende Beschreibung der Landformen, 2-te Aufl. – Leipzig-Berlin, 1924. – 234 p.
- Davis W.M.* Origin of limestone caverns // Bull. Off the Geol. Soc. Of America. – 1930. – Vol. 41. – № 3. – P. 475-626.
- Lemmann H.* Das Karstphänomen in der verschiedenen Klimazonen // Erdkunde, 1954. – Bd VIII. – P. 22-39.
- Martel E.* Les Abimes. – Paris: Delagrave. – 1894. – 588 p.
- Penck A.* Die Formen der Landoberfläche und Verschiebungen der Klimagürtel // Sitz Ber. d.Preuss. Akad/ d Wiss, 1913. –№ 4. – P. 7-29.
- Penck A.* Morphologie der Erdoberfläche teil 2. – Stuttgart, 1894. – 324 p.
- Trombe F.* Traite de speleologie. – Paris, 1952. – 256 p.