

В.Н. Андрейчук

К НОВОЙ ПАРАДИГМЕ КАРСТА

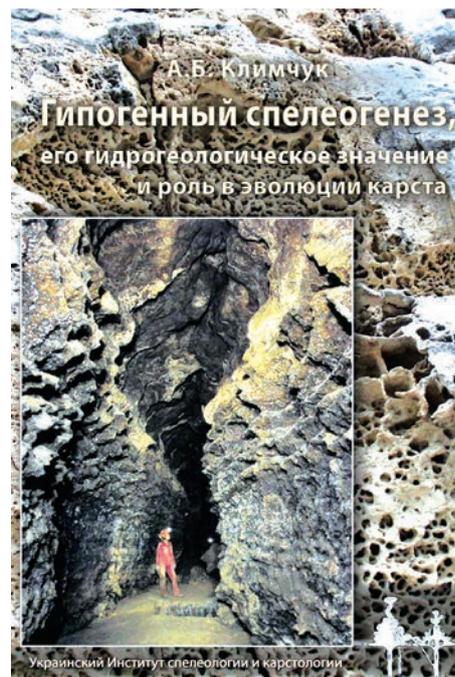
Климчук А.Б. Гипогенный спелеогенез, его гидрогеологическое значение и роль в эволюции карста / А.Б. Климчук. – Симферополь: Изд-во ДИАЙПИ, 2013. – 180 с. – ISBN 978-966-491-380-2.

В 2013 г. вышла из печати настоящая монография А.Б. Климчука, посвященная гипогенному спелеогенезу. Масштаб затронутых вопросов и характер их переосмысления делают книгу выдающимся научным событием последних лет в области исследований карста и пещер, выходящим за пределы интересов этих областей знания. Однако выход этой публикации, уже получившей рецензии и высокие оценки за рубежом (например, P. Bella, Slovensky Kras 51/2, 2013), остался не отмеченным в отечественной специальной литературе. Возможно, книга опередила свое время, но может быть также, что карстологическая и спелеологическая общественность на постсоветском пространстве оказалась не совсем готова к ее адекватному восприятию. Отмеченные выше обстоятельства побудили меня к написанию настоящей рецензии.

Не побоюсь задекларировать, что книга венчает собой, хотя и не резкий, но все же переход спелеологии и карстологии в новый статус – от малозначимых дисциплин об экзотических карстовых явлениях, остающихся вне магистральных трендов развития гидрогеологических и геологических воззрений, в статус полноценных наук, способных существенно влиять на другие основные дисциплины геологического цикла. Этот переход открывает новые горизонты и перспективы как в самих исследованиях карста и пещер, так и в их взаимодействии с другими науками о Земле. Все больше и чаще мы наблюдаем, как глубоко и многосторонне карстология и спелеология взаимодействуют с другими основными науками о Земле и участвуют в решении их научных и практических задач. Настоящая монография является прекрасным примером такого взаимодействия и влияния.

Книга уже в самом начале ориентирует нас на ведущую роль спелеологии (спелеогенеза) в связке «карстология – спелеология», что нарушает традиционную последовательность рассмотрения и соподчиненность таких понятий. Это не случайно и не «безобидно» для упомянутой связки. Из последующего анализа со всей очевидностью следует примат «подземного» над «поверхностным»: именно развитие процессов под землей является спусковым крючком и главным механизмом развития того, что со временем отражается на поверхности и что мы называем карстом.

© В.Н. Андрейчук, 2017



В монографии в довольно сжатом концептуальном виде рассмотрены существенные аспекты гипогенного спелеогенеза с выходом в более общие поля карстолого-спелеологической науки, касающиеся ее наиболее важных разделов – сущности карста, его развития и эволюции.

Гипогенный спелеогенез рассматривается на фоне карста вообще – с раскрытием его существенной гидрогеологической природы на основе синергетических позиций, чему посвящены первые три главы работы. В последующих главах последовательно анализируются региональные гидрогеологические закономерности и обстановки гипогенного спелеогенеза, механизмы растворения пород в гипогенных условиях, структурно-функциональные и морфологические особенности гипогенного спелеогенеза, критерии его идентификации, генетические и эволюционные типы карста, распространение гипогенного карста в Украине и мире, а также прикладные аспекты теории. Книга реализует, таким образом, два основополагающих логических принципа: от общего к частному и от теории к практике.

Монография состоит из введения, 10 глав, выводов, списка литературы и словаря специальных терминов, изложенных на 179 страницах текста, а также содержит 79 иллюстраций.

Во *Введении* автор отмечает кризисную ситуацию, сложившуюся в конце XX ст. в карстологии и спелеологии, анализирует ее причины, а также указывает на необходимость смены научной

парадигмы, которая смогла бы обеспечить дальнейшее развитие карстолого-спелеологической науки. Парадигмы, которая не только учла бы в полной мере многочисленные современные достижения – теоретические модели, эмпирические и экспериментальные данные, комплексные региональные наработки, но и стала бы надежным научно-теоретическим фундаментом – каркасом, органически интегрирующим накопленные до сих пор данные и появившиеся новые представления, зеркалом, отражающим современное состояние науки, в том числе имеющиеся тематические пробелы и ниши, и тем самым определяющим векторы ее дальнейшего развития. Не будет преувеличением отметить, что рецензируемая книга собственно и предлагает такую парадигму и представляет ее в наиболее законченном – из имеющихся на сегодняшний день воззрений – виде. Автор, правда, не формулирует поставленные перед книгой задачи как представление новой парадигмы карста (через широко понимаемый спелеогенез), тем не менее после ее внимательного прочтения сведущий читатель поймет, что дело обстоит именно так.

В первом разделе – *Развитие представлений о карсте* – автор кратко, но емко характеризует ограничения так называемой эпигенной (преимущественно геоморфологической) парадигмы карста, которая не в состоянии адекватно интерпретировать проявления глубинного карста, рассматривая его как экзотический частный феномен, связанный с особыми локальными гидрогеохимическими и гидрогеотермическими обстановками или оценивая через призму развития (в прошлом) в открытых гидрогеологических условиях. Отсюда недооценка масштабов и характера глубинных карстопоявлений и ошибочность выводов относительно их генезиса.

Появившиеся в последние десятилетия новые данные о характере и масштабах глубинного закарстования, новые модели водо- и флюидообмена в более глубоких (чем приповерхностные) горизонтах земной коры, а также спелеологические открытия и концепции, в том числе автора книги, по-новому объясняющие происхождение пещер определенного типа, позволили взглянуть на проблему шире, что и привело к появлению новой теории – так называемого гипогенного карста (карста глубинного и «происходящего из глубины»), в дополнение и противовес «эпигенному» – «происходящему от поверхности» – карсту). Широкий научный интерес к проблеме, а также лавинообразный поток новых эмпирических

данных, в том числе на основе пересмотра традиционных взглядов касательно генезиса пещер и ряда спелеопродуктивных карстовых форм, были инспирированы изданной в США в 2007 г. англоязычной монографией А.Б. Климчука по данной теме. Это привело к тому, что концепция гипогенного карста в очень короткое время превратилась (или превращается) в полноценную научную теорию, в возникновении и становлении которой ведущую роль сыграли именно работы и научные инициативы А.Б. Климчука.

Второй раздел – *Примат водообмена и спелеогенеза в формировании карста* – является ключевым разделом книги. В нем обсуждаются категориальный базис карстологии, базовые характеристики и основные особенности гидрогеологии карста, а также современные представления о генезисе и эволюции структур карстовой каналовой проницаемости. На этой основе раскрывается гидрогеологическая сущность карста и обосновывается новый подход к его определению. Базируясь на понимании карста как водообменной системы, ключевые свойства которой индуцируются процессом развития каналовых структур (спелеогенной самоорганизацией), автор утверждает примат водообмена и спелеогенеза в формировании карста. Из анализа логически вытекает вывод, что спелеогенез (спелеогенная организация структуры проницаемости) является центральным, сущностным звеном в развитии карста и его эволюции.

Анализируя начальные этапы процесса спелеогенеза, А.Б. Климчук выделяет и подробно описывает – обобщая опыт многочисленных экспериментальных исследований и численного моделирования – его главные стадии: протоспелеогенеза, спелеогенного инициирования и спелеогенного развития. Детальное рассмотрение упомянутых вопросов имеет большое научное значение. Ранние стадии спелеогенеза оставались до недавнего времени наиболее загадочным и проблематичным разделом науки о пещерах. Весьма продуктивным представляется также рассмотрение спелеогенеза и карстовой эволюции водообменной системы с позиций синергетики и неравновесной термодинамики – в контексте идей И. Пригожина. Современные исследования в ведущих научных дисциплинах, касающиеся вопросов развития и эволюции тех или иных явлений и систем, со всей очевидностью показывают, что самоорганизация является двигателем и сущностью каждого процесса развития сложных динамических систем. Приложение в данном

случае современных общенаучных взглядов и подходов к решению карстолого-спелеологических задач открывает, несомненно, новые исследовательские перспективы.

В третьей главе рассматриваются главные *Типы спелеогенеза* в узком (карстовом) его понимании. Ими являются эпигенный и гипогенный спелеогенез, представляющие собой два основных механизма формирования карста: эпигенный – под действием нисходящих и латеральных потоков, в тесной связи с внешними (ландшафтными) факторами, и гипогенный – вне связи с такими факторами, в условиях восходящего водообмена под воздействием исключительно геологических и гидрогеологических факторов и обстоятельств. Показано, что основные различия в генезисе карстовых каналово-полостных структур определяются гидродинамическими особенностями напорных и безнапорных водообменных систем и общим вектором водообмена. Бóльшее внимание уделено гипогенному спелеогенезу. Детально обоснованы и рассмотрены его генетическая связь с восходящим водообменом, а также особенности, определяемые относительной изолированностью спелеогенеза от поверхностных контуров питания и разгрузки. Показана и обоснована фундаментальная генетическая причина отличий гипогенного спелеогенеза от эпигенного, состоящая в действии внешнего (проницаемостью смежных нерастворимых толщ) гидравлического контроля за расходом в развивающихся карстовых каналах – механизма ослабления обратной связи в системе «водообмен – растворение». Ею обуславливаются различия в структуре и морфологии формирующихся каналово-полостных систем. Как и в предыдущем разделе, выводы, касающиеся гипогенного спелеогенеза (его артезианского варианта), подкреплены результатами численного моделирования. В итоговой части главы значительное внимание уделено вопросу предпосылок и условий реализации гипогенного спелеогенеза, в том числе в специфической прибрежно-островной обстановке (галоклинный спелеогенез).

Четвертая глава посвящена *Региональным гидрогеологическим закономерностям и обстановкам гипогенного спелеогенеза* в верхних горизонтах земной коры. Последовательно рассмотрены гидродинамические режимы и стадии водообмена, гидрогеологическая этажность и гидродинамическая зональность, а в завершение – обстановки гипогенного спелеогенеза, привязанные главным образом к внутрикратонным

артезианским бассейнам. Показано, что гипогенный спелеогенез, как и другие постседиментационные процессы, контролируется геофлюидным режимом осадочных бассейнов и локализуется в зонах разгрузки и взаимодействия водообменных систем разных типов и уровней. Как отдельное, специфическое явление, гипогенный спелеогенез рассматривается на фоне стадий развития внутриконтинентальных осадочных бассейнов – с приписанием ему соответствующих пространственно-временных (место и время проявления) координат.

Рассмотрение гипогенного карста в подобном ключе – на фоне более широкого по масштабу класса геологических явлений и структур – позволяет лучше понять его сущность, условия и причины развития, а также эволюционные тренды. Такой подход существенно отличается от традиционного, когда при объяснении формирования полостного пространства (как правило, пещеры или группы пещер) во внимание принимаются лишь локальные особенности водообмена – вне регионального, бассейнового и другого контекста. Применение автором такого более широкого и генетического, по своей сути, подхода показало свою эффективность при выяснении условий и закономерностей спелеогенеза (и карстогенеза) в ряде регионов, прежде всего Украины (Волыно-Подольский артезианский бассейн, Причерноморский бассейн, Предгорный Крым и т.д.). Выход за рамки локальных условий позволил ему оспорить старые схемы и по-новому подойти к осмыслению особенностей и закономерностей их подземного закарстования.

В главе широко представлены и охарактеризованы обстановки гипогенного спелеогенеза, связанные с разного типа обстановками разгрузки подземных вод (краевыми, внутренними, сводовыми, тектонически-локализованными) в осадочных структурах платформенного типа. Детализацией и одновременно обобщением является представление в конце главы типизации обстановок гипогенного спелеогенеза по гидродинамическим условиям формирования восходящих потоков подземных вод. В главе показано также – что важно – не только влияние регионального фона водообмена на локализацию и развитие гипогенного карста, но и обратное влияние – гипогенного карста на эволюцию гидрогеологических систем и структур, которое может существенно изменять структуру водообмена в различных масштабах, вплоть до регионального.

Таким образом, карст описывается в главе как неотъемлемое явление (свойство, особенность), присущее геологической и гидрогеологической эволюции осадочных бассейнов платформ. Автор неразрывно связывает гипогенный спелеогенез с региональной гидрогеологией и эволюцией водообмена.

В пятой главе, озаглавленной *Механизмы растворения в гипогенном спелеогенезе*, рассматриваются вопросы растворения пород мигрирующими сквозь толщи «вдоль и поперек» (т.е. сквозьформационно и латерально) водными (водно-газовыми) флюидами. Выделено и детально проанализировано девять гидрохимических (и гидрогеохимических) механизмов, таких как углекислотное растворение, сернокислотное растворение, растворение с участием органических кислот, растворение при охлаждении углекислых термальных вод, растворение с участием сероводорода, растворение при смешивании вод разного состава, растворение эвапоритов, растворение в смешанных сульфатно-карбонатных толщах и растворение в жестких термобарических условиях больших глубин (в том числе солянокислотное). Отмечается, что в гипогенном спелеогенезе могут участвовать одновременно (в комбинации) или стадийно (при изменении граничных условий) несколько из перечисленных выше механизмов. Показано, что «палитра» физико-химических и гидрогеохимических процессов растворения в гипогенном карсте несравненно богаче, чем в эпигенном, развивающимся в гораздо более однородной по условиям и стабильной термобарически среде.

Глава о механизмах растворения существенно углубляет наше понимание развития, а также огромного внутреннего потенциала гипогенного карста. Становится понятным, что явление это имеет огромные масштабы и охватывает гораздо более значительные части земной коры, чем «внешний» эпигенез, моделирующий только ее «бровку» на контакте с атмосферой и метеорными водами. Отсюда также понятно, что проявления гипогенного карста гораздо более разнообразны, чем эпигенного, как по видовому характеру, так и по распространению.

Глава смещает также акценты с геохимического (локально обусловленного, редкостного, экзотического) понимания механизмов растворения-развития гипогенного карста на его гидрогеохимическое и гидрогеодинамическое понимание, подразумевающее вездесущность, динамичность, изменчивость и разнообразие

процессов химического взаимодействия подземных вод с горнопородной средой.

Шестая – одна из наиболее крупных глав книги – знакомит со *Структурно-функциональными и морфологическими особенностями гипогенного спелеогенеза*. В ней гипогенный спелеогенез анализируется «изнутри» – в своих спелеоморфологических проявлениях-следствиях. Анализируется роль исходной структуры проницаемости (фильтрационные сети), структура гипогенных каналово-полостных систем, морфология и размеры гипогенных полостей, а также их постгипогенная модификация в эпигенных (приоткрытых и открытых) условиях. На многочисленных, хорошо иллюстрированных примерах показано, что структурно-функциональные, морфологические и морфометрические особенности гипогенного спелеогенеза обусловлены структурой первичной проницаемости пород, напорным характером и восходящим вектором движения подземных вод, действием внешнего гидродинамического контроля расхода, а также общей эволюцией водообменной системы. Для исследования структурных предпосылок гипогенного спелеогенеза в неоднородных средах автор вводит понятие о каркасе преимущественной фильтрации (КПФ), с помощью которого описывает исходную (доспелеогенную) структуру проницаемых элементов (трещиноватость) и производных от них каналово-полостных систем. Структура(ы) последних систематизирована в отдельной сводной таблице типов структур гипогенных каналово-полостных систем. Таблица представляет собой ценное обобщение, так как по-своему классифицирует типы широко понимаемой пустотности, причем в генетической увязке с различными геолого-структурными (формационными) условиями-предпосылками спелеогенеза. Приведенные в таблице типы спелеоморфогенетических структур детально охарактеризованы во втором подразделе главы и иллюстрированы наглядными примерами.

Важное научное значение имеет подраздел, посвященный морфологии гипогенных полостей, в котором их мезоэлементы увязываются со структурными предпосылками и гидродинамической функцией, присущей им на активном этапе спелеогенеза. Такая «идентификация» морфоэлементов весьма ценна как с познавательной, так и с методической (диагностика) точек зрения, поскольку может помочь исследователям разобраться в каждом конкретном случае со своим региональным (местным) материалом.

Диагностические возможности такого сравнительного метода основываются на морфологическом сходстве элементов, «продуцируемых» сходными условиями спелеогенеза (общностью функции) независимо от типа пород и обстановок.

Концовка раздела рассматривает модификацию морфологии гипогенных пещер при гидрогеологическом раскрытии напорных водоносных систем и переходе гипогенного спелеогенеза в эпигенную стадию.

Седьмая – наиболее краткая глава, озаглавленная *Критерии идентификации гипогенного спелеогенеза*, посвящена познавательному «инструменту» для определения гипогенного генезиса пещер и полостей. Таковым инструментом является комплексный подход к выявлению свидетельств гипогенного спелеогенеза, включающий три группы критериев: 1 – гидростратиграфические, палеогидрогеологические, палеогеографические и геоморфологические, 2 – спелеоморфогенетические и 3 – минералого-геохимические и спелеоседиментологические. Знание вопроса, т.е. особенностей гипогенного спелеогенеза, и последовательное (но в комплексе) применение упомянутых критериев позволяет однозначно идентифицировать гипогенное происхождение исследуемой пещерной системы или регионального кластера разобщенных полостей. Однако в данном контексте, нам кажется, весьма полезными были бы (особенно для начинающих исследователей и практикующих спелеологов) несколько более развернутые характеристики проявлений-свидетельств гипогенного спелеогенеза, а также интегрирование последних в некий «диагностический ключ». Это помогло бы избежать ошибочной гипогенной трактовки ситуаций, где для уверенного диагностирования гипогенного спелеогенеза требуются определенный опыт и специальные знания.

Подходя к рассмотрению гипогенного спелеогенеза и карстогенеза с синергетических позиций, автор по-новому (стадийно-эволюционно) освещает проблему типологии карста. Этим вопросам посвящена восьмая глава – *Генетические и эволюционные типы карста*. Основные генетические типы карста определяются типом спелеогенеза (гипогенным и эпигенным). Рассматривая противоречия существующих типологий, автор показывает эффективность эволюционного подхода к типологии, базирующегося на рассмотрении типов карста как стадий развития карстовых систем в нормальном цикле эволюции осадочных формаций

и гидрогеодинамических систем. В предложенной классификации эволюционных типов карста основные категории отражают последовательные стадии его эволюции и интегрально характеризуют наиболее существенные свойства карстовых систем. Это открывает хорошие возможности для решения широкого круга научных и практических задач, связанных с карстом.

Следует отметить, что проблема типологии карста является очень многоаспектной и ее «решения» всегда сопровождаются некими допускаемыми условностями. Не лишена недостатков и предложенная схема, однако по отношению к типологиям она, несомненно, является наиболее обоснованной, концептуально целостной и глубоко разработанной. Весьма интересен последний подраздел главы, описывающий временные, генетические и пространственные взаимоотношения карста и поверхностного геоморфогенеза и наглядно иллюстрирующий эвристический потенциал эволюционно-синергетического подхода к проблеме типологии.

Девятая глава посвящена вопросу *Распространения гипогенного карста в Украине и в мире*. Последовательно и детально проанализированы условия его развития и особенности проявления под землей и на поверхности, главным образом, в пределах Украины. Материал главы наглядно показывает, насколько разнообразны и контрастны могут быть условия развития и характер проявления гипогенного карста даже в пределах одной страны. Гипогенным карстом – современным или реликтовым – могут быть охвачены разные части геологических разрезов, в том числе сложенные слабокарстующимися в эпигенных условиях породами. Делается вывод, что гипогенный карст имеет глобальное распространение, намного более широкое, чем распространение эпигенного карста, традиционно принимаемого за «собственно карст», в частности за счет широкого развития в днище Мирового океана. Материал главы имеет не только познавательное, но и практическое значение, по-новому представляя некоторые проблемы региональной геологии, гидрогеологии и генезиса полезных ископаемых – серы, нефти, газа, минеральных вод и т.д.

Последняя, десятая глава книги касается *Прикладных аспектов теории гипогенного спелеогенеза*. Показана роль гипогенного спелеогенеза в формировании коллекторов и месторождений углеводородов, рудных полезных ископаемых, серы, геотермальных ресурсов, а также в формировании карстовой опасности. Из

главы явственно следует, что гипогенный спелеогенез и сопутствующие ему процессы создают предпосылки или непосредственно «ответственны» за формирование широкого спектра видов минерального сырья, в том числе наиболее востребованных сегодня. Представление в работе практических приложений теории гипогенного спелеокарстогенеза делает книгу комплексным, логически завершенным теоретическим исследованием с отчетливым обозначением полей практического применения ее положений и выводов.

Выводы в сжатой, но емкой форме подытоживают содержание охарактеризованных выше глав.

Заканчивает книгу обширный список литературы, изложенный на 15 страницах и содержащий почти равное количество позиций русскоязычных и зарубежных авторов. Такой список обладает самостоятельной ценностью, поскольку представляет собой обстоятельную сводку материалов по исследуемой проблематике.

Весьма полезным представляется размещение в конце текстовой части монографии *Словаря специальных терминов*, касающихся проблематики гипогенного спелеогенеза и карста. Некоторая часть определяемых терминов – это новые, недавно вошедшие в научный обиход, другая же часть – это наново сформулированные определения традиционных понятий, закономерно вытекающие из представленной в книге концепции.

Очень важным моментом проведенного исследования является его независимый и исчерпывающий (по полноте охвата проблемы) характер. Автор свободно владеет английским, и ему была доступна ведущая англоязычная (мировая по сути) литература по исследуемому вопросу. Будучи одним из инициаторов и организаторов международных баз карстолого-спелеологических данных, А.Б. Климчук имел доступ практически ко всем публикуемым по теме материалам. Отмеченные обстоятельства позволили ему не быть «скованным» национальными, западными, восточными и другими научными школами и концепциями, хотя основополагающие гидрогеологические воззрения базируются на работах советских и украинских исследователей.

Весьма положительное впечатление оставляет техническая сторона книги – твердая эффективная обложка, цветные иллюстрации, сама организация материала. Рисунки выполнены на высоком техническом уровне, понятны и выразительны, не только подкрепляют те или иные тек-

стовые положения, но и существенно дополняют их. Полезным приемом, еще редким в отечественных публикациях, является размещение в начале каждой главы вступительных синопсисов, информирующих о главных обсуждаемых в главе положениях и подготавливающих, тем самым, к восприятию нижеизлагаемого материала.

Конечно, как это бывает в случае пионерских работ, обобщающих передовые достижения данной науки и существенно расширяющих горизонты научной реальности данной дисциплины, многие положения книги требуют конкретизации и уточнения, некоторые, вероятно, придется подкорректировать и т.д. Однако ясно, что изложенные в книге взгляды представляют новое видение не только спелеогенетической, но и карстологической проблематики в целом, связывают их в единую концепцию со всеми признаками парадигмы и открывают широкие и четко обозначенные перспективы для дальнейших исследований, а также практики. Монография, несомненно, является одной из лучших в своем «жанре», т.е. книг, посвященных проблемам спелеологии и карстологии за все время их существования как таковых.

Монография вышла сравнительно небольшим тиражом (200 экз.), но ее доступность обеспечивается размещенностью электронной версии в открытом интернет-доступе, как на сайте Украинского Института спелеологии и карстологии (http://institute.speleoukraine.net/libpdf/Klimchouk_2013_Hypogene_Speleogenesis_inRussian.pdf), так и на международных порталах “Speleogenesis” и “ResearchGate”. Со времени издания прошло уже 3 года, что не так мало – на фоне современных темпов развития науки. Мощный поток информации о гипогенном карсте разных регионов земного шара еще более возрос. Усилия автора рецензируемой монографии по развитию этого направления исследований продолжаются организацией и редактированием крупной международной коллективной монографии «Гипогенный карст Мира», запланированной издательством «Шпрингер» к выходу в 2017 г. Несомненно, что в скором времени потребуются расширенное переиздание рецензируемой монографии с новым обобщением этой бурно развивающейся проблематики, но стержневая концепция и основные положения настоящей книги надолго останутся определяющими современными основы карстологии и спелеологии.