

**О.Гутарева****Кайнозойский карст в Приольхонье  
(юго-западное побережье оз. Байкал)**

Гутарева О. Кайнозойский карст в Приольхонье (юго-западное побережье оз. Байкал) // Спелеология и карстология, - № 2. – Симферополь. – 2009. – С. 77-82.

**Резюме:** В Приольхонье карст развивается в массивах мраморов, ограниченных некарстующимися породами (сланцами, гнейсами, габбро, амфиболитами). Основные поверхностные формы представлены карстовыми останцами, воронками, суходолами, погребенными карстовыми котловинами. Максимальное количество пещер имеют Аинский и Байдинский массивы. Пещеры заложены в крыльях антиклинальных складок в основном по трещинам напластования. Значительную роль в происхождении, развитии и морфологии пещер сыграл гидротермальный режим и активная тектоническая деятельность Байкальского рифта на протяжении почти всего кайнозоя. В частности, в пещере Октябрьская обнаружено смещение блоков вмещающей породы, указывающее на левосдвиговый тектонический режим при формировании Байкальской впадины. Это означает, что в олигоцене пещера была уже сформирована и ее облик был близок к современному. По степени принадлежности к определенной динамической фазе карстовые формы подразделены на: формирующиеся, заканчивающие свое формирование (или начинающие консервироваться), отмирающие и отмершие формы.

Несмотря на то, что статья посвящена карстовым формам кайнозоя, возраст пещер остается не вполне определенным. На сегодняшний день нет достоверных данных по этому вопросу и мы относим начало формирования пещер к верхнемеловой-кайнозойской эпохе.

Ключевые слова: поверхностные карстовые формы; пещеры; кайнозой; Приольхонье

Гутарева О. Кайнозойський карст у Приольхон'ї (південно-західне узбережжя оз. Байкал) // Спелеологія і карстологія, - № 2. – Сімферополь. – 2009. – С. 77-82.

**Резюме:** У Приольхон'ї карст розвинений у масивах мрамурів, обмежених породами що некарстуються (сланцями, гнейсами, габро, амфіболітами). Основні поверхневі форми представлені карстовими останцями, лійками, суходолами, похованими карстовими улоговинами. Максимальну кількість печер мають Аїнський і Байдинський масиви. Печери закладені в крилах антиклінальних складок в основному по тріщинах нашарування. Значну роль у походженні, розвитку й морфології печер зіграв гідротермальний режим і активна тектонічна діяльність Байкальського рифту протягом майже всього кайнозоя. Зокрема, у печері Жовтнева виявлений зсув блоків вміщуючої породи, що указує на лівозсувний тектонічний режим при формуванні Байкальської западини. Це означає, що в олігоцені печера була вже сформована і її вигляд був близький до сучасного. По ступеню приналежності до певної динамічної фази карстові форми підрозділені на: ті, що формуються; ті, що закінчують своє формування (або починають консервуватися); відмерлі форми; ті, що відмирають.

Незважаючи на те, що стаття присвячена карстовим формам кайнозоя, вік печер залишається не цілком певним. На сьогоднішній день немає достовірних даних по цьому питанню й ми відносимо початок формування печер до верхньокрейдової-кайнозойської епохи.

Ключові слова: поверхневі карстові форми; печери; кайнозой; Приольхонье

Gutareva O. Cenozoic karst in the Priolkhonie region (the south-west shore of the Baikal Lake) // Speleology and Karstology. – N 2. – Simferopol. – 2009. – P. 77-82.

**Abstract:** In the Priolkhonie region (the south-western shore area of Lake Baikal) karst processes develop in marble rock masses bounded by non-karstifiable rocks such as slates, gneisses, gabbros and amphibolites. Major surface forms are represented by the karst outliers, sinkholes, blind valleys and buried depressions. The Ainsky and Baidinsky massifs are marked by the largest amount of caves, developed primarily at bedding joints of anticlinal limbs. The origin and development of caves and their morphology are attributed mainly to hydrothermal regime and tectonic activity of the Baikal rift during the whole period of Cenozoic. Particularly, in the Oktiabrskaya cave, displacement of host rock blocks due to the left-shift tectonics during the development of the Baikal depression was revealed; this indicates that the process of cave development could be completed by the period of

*Oligocene, and that the cave's shape was similar to the present state. In terms of dynamical phases, karst forms can be classified into: 1) developing, 2) completed development, 3) dying out, and 4) died out.*

*Despite that the paper is dedicated to description of the Cenozoic caves, exact age of caves remains uncertain. We refer the start of their development to the Upper Cretaceous and Cenozoic periods.*

*Key words: surface karst forms; caves; Cenozoic; Olkhon region.*

## ВВЕДЕНИЕ

Карст в Приольхонье является одним из ведущих экзогенных геологических процессов, но остается малоизученным. Поверхностные формы карста и подземные пустоты описывались в связи с проведением поисково-разведочных работ на полезные ископаемые, а пещеры исследовались в основном с точки зрения их палеонтологической ценности. Работа Г.П. Вологодского (1975) – это единственная сводка по вопросу. В настоящей статье сделана попытка осветить некоторые вопросы морфологии, истории и геодинамики карста как процесса, сыгравшего значительную роль в формировании рельефа территории.

Приольхоньем называется территория, примыкающая к острову Ольхон и расположенная на юго-западном побережье озера Байкал. В неотектонической структуре территория представляет собой промежуточную ступень между поднятием Приморского хребта и южной котловиной озера Байкал. С юго-востока она ограничена Приольхонским, а с северо-запада Приморским сбросами.

В пределах Приольхонья карст развивается в особых геологических и геоструктурных условиях. Структура территории представляет собой сложную комбинацию пород различного состава, так называемый синметаморфический коллизионный коллаж, сформировавшийся в раннем палеозое (Федоровский и др., 1995). Породы смяты в систему очень крутых складок, так что при срезании их денудационной поверхностью образовались вертикально стоящие пласты северо-восточного простирания. Такая геологическая структура обусловила геоморфологическую особенность ландшафта. Карстующиеся породы образуют массивы в виде узких длинных полос, ориентированных согласно общему простиранию пород. Массивы карстующихся пород представлены кальцитовыми и доломит-кальцитовыми мраморами, мощность которых достигает 1000 м, а отдельных пластов и горизонтов от 1 до 230 м. Породы разбиты многочисленными разрывными нарушениями и сильно трещиноваты. Средний коэффициент трещинной пустотности карбонатных пород района составляет 4-6% (Иванилова, Писарский, 1968).

Основу современного рельефа территории создали кайнозойские движения. Для него характерны узкие продольные полосовидные грабенообразные опускания в сочетании с денудационно-тектоническими и денудационно-карстовыми депрессиями, частично заполненными миоценовыми и плиоценовыми отложениями и занятые современными солёными озёрами. В зонах опусканий сохранились реликты мел-палеогеновой поверхности выравнивания.

Территория исключительно бедна поверхностными водотоками, которые представлены лишь транзитными

участками крупных рек (Бугульдейка и Анга), формирующихся за пределами области. Степной ландшафт территории и безводье долин, на фоне малого годового количества осадков (200-300 мм), обусловлены сильной закарстованностью пород. Глубина залегания карстовых вод составляет 3-40 м и определяется положением того или иного участка в рельефе. В пределах каждого массива или пласта карбонатных пород существует общий уровень подземных вод. Основными источниками их питания служат атмосферные осадки и воды поверхностного стока. Кроме того, отмечается дополнительное питание за счет трещинно-жильных вод из зон тектонических нарушений (Иванилова, Писарский, 1968). Области питания совпадают с площадью распространения карбонатных пород. Местная разгрузка осуществляется в речные долины и зоны тектонических нарушений. Выходы подземных вод преимущественно нисходящие и сосредоточены. В годовом цикле отмечается резкое увеличение дебитов источников в весенне-летний период и значительное снижение в осенне-зимний период, вплоть до полного замерзания некоторых источников.

## ПОВЕРХНОСТНЫЕ КАРСТОВЫЕ ФОРМЫ МРАМОРОВ

Хорошая дешифрируемость аэрофотоснимков позволяет сделать вывод об очень плотной поверхностной закарстованности карбонатных массивов и развитии участков голого карста. Массивы мраморов, обнаженные на поверхности, имеют вид светлых полос либо полей сложной конфигурации, на которых хорошо видны характерные коррозионные формы. Натурные наблюдения показывают, что поверхностные формы представлены карстовыми останцами, воронками и провалами. На обнаженных поверхностях мраморов по трещинам напластования развиты бороздчатые карры. Также карры наблюдаются в береговых уступах, однако здесь форма их ближе к округлой. В останцах имеются фрагменты карстовых полостей на поверхности массивов мраморов. Это могут быть небольшие формы, проработанные по трещинам напластования, либо фрагменты крупных галерей, разрушенных денудацией (рис. 1). Размеры воронок колеблются в широких пределах от первых до сотен метров. Карстовая депрессия особо крупных размеров обнаружена на аэрофотоснимке на левом берегу в долине р. Анга, ее диаметр ориентировочно составляет около 400 м. Один из самых крупных провалов в диаметре превышает 50 м, при глубине 15-18 м и имеет цилиндрическую форму. На дне под покровом трав и единичных листовенниц (100-120 лет) наблюдаются скопления глыб мраморов. Суходолы выделяются в виде карстово-эрозионных долин, представляющих собой цепи полузамкнутых и замкнутых карстовых котловин, сформированных по

тектонически ослабленным зонам, либо на контактах мраморов и некарбонатных образований.

Цепи котловин вытянуты вдоль простираения пород, длина их достигает 15-20 км, а отдельных котловин до 7 км. Котловины разделены между собой низкими перемычками, сложенными некарбонатными породами. Возраст котловин предположительно послеплиоценовый, т.к. по данным геологической съемки ни в одной из них не обнаружено осадков красноцветной формации. Поэтому начало формирования котловин связывается с понижением зеркала грунтовых вод в период ломки Байкальского свода и образования Байкальской впадины на рубеже неогена и четвертичного периода. Некоторые погребенные котловины, обнаруженные бурением, Г.П. Вологодский (1975) относит к палеогену.

В отдельных котловинах и воронках образованы небольшие озера глубиной до 3 м. Местные реки и ручьи в пределах карстово-эрозионных долин теряют значительную часть своего стока, а иногда и весь сток, который поглощается понорами либо уходит через трещины вглубь массива мраморов. Примерами таких карстово-эрозионных долин могут служить долины рек Кучелга, Анга, Таловка с воронками и понорами в пределах распространения карстующихся пород. Значительный сток в реках бывает только в период весеннего снеготаяния, когда часть поноров еще закупорена льдом. Известны примеры, когда ручьи с расходом до 40 л/с поглощаются полностью.

Трещинно-карстовые воды карбонатных пород дают начало многочисленным источникам по долинам рек, обычно в естественных обнажениях карбонатных пород. На 4 км<sup>2</sup> площади распространения карбонатных пород приходится от 1 до 4 источников (Писарский, 1964). Распределение их по площади неравномерно. Участки полного отсутствия источников, где в карбонатных массивах развиты суходолы и потери стока поверхностных водотоков, сменяются участками с групповыми выходами подземных вод на поверхность. Воды в источниках пресные с минерализацией не более 0,5 г/л и дебитом от 0,2 до 100 л/с. По химическому составу воды гидрокарбонатные кальциево-магниевые, реже натриево-кальцевые, либо сульфатно-гидрокарбонатные кальциево-магниевые (Склярова и др., 2002). Вода всех источников характеризуется низкой температурой от 2 до 7 °С.

### ПОДЗЕМНЫЕ КАРСТОВЫЕ ФОРМЫ

Среди многочисленных массивов мраморов в Приольхонье выделяются два, в которых известно наибольшее количество подземных карстовых форм – Аинский и Байдинский массивы.

Аинский карстовый массив находится в срединной части исследуемой территории. Породы представлены кальцитовыми и доломит-кальцитовыми мраморами



Рис. 1. Останец карстовой полости в мраморах Аинского массива.

мощностью до 1000 м, с прослоями биотитовых гнейсов и включениями графита. Пласт мраморов Аинского массива простирается на северо-восток (70-80°) и под углом 70-90° падает на юго-восток (160-170°), представляя собой крыло крутой складки. С юго-востока пласт мраморов ограничен гранитами, а с северо-запада сланцами и гнейсами. На сегодняшний день здесь известны три крупные карстовые полости – пещеры Октябрьская, Ая-Рядовая и Вологодского.

Пещера Октябрьская расположена в северо-восточной части массива. Вход в пещеру вскрыт склоновыми процессами в береговом уступе на высоте около двухсот метров над уровнем озера Байкал. Привходовая галерея представляет собой субвертикальный канал, заложенный по распространенной на этой территории системе трещиноватости. Хорошо заметно смещение блоков вмещающих пород, прошедшее по телу пещеры и разорвавшее эту галерею (рис. 2). Далее пещера продолжается системой субвертикальных и вертикальных труб и каминов, заложенных по трещинам основных простираций и соединенных горизонтальными переходами. Некоторые из них подходят к береговому уступу, и либо перекрыты глыбами, либо заполнены рыхлыми продуктами разрушения мраморов. В непосредственной близости от входа в пещеру видны еще два карстовых канала, заполненных рыхлыми отложениями.

Пещеры Ая и Рядовая в недавнем прошлом считались обособленными спелеообъектами. В июле 1993 года спелеологами клуба «Арабика» (г. Иркутск), были открыты новые части пещеры Рядовая, которые, как оказалось, соединяются с пещерой Ая в единую систему. Вход в пещеру Ая находится в 140 метрах от входа в пещеру Октябрьская. Между ними расположена крупная провальная воронка глубиной 25 м, имеющая неправильную форму в виде амфитеатра (рис. 3). Ее северная часть открывается в сторону распадка, выходящего к Байкалу и заложенного по контакту мраморов и гнейсов. Примыкающие к юго-западному



Рис. 2. Смещение блоков пород в пещере Октябрьская.

борту воронки галереи пещерной системы имеют обвальный характер. Амплитуда завала достигает 40 метров от поверхности.

В карстовой системе Ая-Рядовая, отмечены следы временных водотоков и озёр в виде такыров, террасированных сухих русел и водобойных ям, образовавших естественные разрезы пещерных отложений. Стены этих разрезов сложены многочисленными слоями разноцветных песчано-глинистых осадков. Вероятно, что их накопление происходило в условиях близких к озерным, а затем водотоки образовали в них водобойные ямы.

Изучая рыхлые отложения в шурфе в пещере Ая, А.Г.Филиппов (1995) выделил горизонты, из которых были извлечены костные останки различных представителей фауны – обитателей Прибайкалья в прошлом. Исследования шурфов показали, что айнская фауна разнообразна в систематическом отношении и сходна с ольхонской фауной среднего миоцена. Здесь найдены представители различных сред обитания. Основную массу находок составляют рыбы и млекопитающие, а находки амфибий, птиц, рептилий и моллюсков малочисленны или единичны. Это говорит об аллювиальном или озёрно-аллювиальном генезисе отложений. На нижне-среднемиоценовый возраст отложений указывает присутствие змееголовых рыб семейства Channidae. Находки фауны среднего-верхнего миоцена в низах разреза рыхлых отложений говорят о том, что заполнение полостей идет уже более 20 миллионов лет, а естественные разрезы в отложениях отражают историю и динамику этого процесса.

Пещера Вологодского расположена в 1,5 км от системы Ая-Рядовая и представляет собой вертикальный колодец, приводящий в грот, общей глубиной 17 метров. Морфология и расположение пещеры говорят о ее приуроченности к той же системе трещиноватости, что и упомянутые выше пещеры.

Для морфологии карстовых каналов, особенно в пещере Ая-Рядовая, характерно наличие резких сужений и расширений, округлых куполов и ниш в потолке и стенах, что, как замечают некоторые исследователи (Osborne, 2004; Dublyansky, 1980), характерно для карстовых полостей, образованных напорными гидротермальными водами. Следы стояния воды на разных уровнях в виде кальцитовых пленок и кораллиты свидетельствуют о том, что в далеком прошлом пещеры были обводнены, а впоследствии осушились. Осушившиеся карстовые пустоты начали постепенно разрушаться вместе с вмещающими их породами и заполняться приносимыми с поверхности отложениями.

Вторичные образования пещер представлены лишь кораллитами которые формируются из испаряющихся капиллярных плёнок (Степанов, 1998), либо в пещерных водоемах, как считают некоторые другие исследователи. В любом случае для образования кораллитов требуются условия повышенной увлажненности.

Три Байдинские пещеры расположены на мраморном плато между паадьми Баг-Орсо и Нугды. Крупнейшая из них – Мечта. Вход в пещеру приурочен к днищу воронки, расположенной в 1,2 км от оз. Байкал на высоте 270 м над его урезом. Основные направления ходов пещеры совпадают с ориентировкой зрозсионных форм и берегового уступа. В целом морфология пещеры сходна с морфологией пещеры Ая-Рядовая. Суммарная длина ходов составляет 830 м (Филиппов, 1993). Ориентация их северо-восточная и северо-западная, что повторяет ориентацию ходов пещер Аинского массива. Большая Байдинская пещера в плане имеет вид неправильного треугольника. Вход в нее ориентирован на северо-восток. Превышение входа над Байкалом 200 м, длина полости 12 м, ширина 6-9 м, высота 1,5-2,5 м, общая площадь около 60 м<sup>2</sup>. Малая Байдинская находится в 55 м к юго-востоку. Это небольшой грот высотой 3,5 м с двумя ответвлениями длиной 3,5 и 8 м. Ориентировочная площадь 50 м<sup>2</sup> (Беляк и Хороших, 1970). Все пещеры расположены в крыле складки осложняющей крупнейшую антиклинальную структуру.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Количество подземных форм в Приольхонье не ограничивается приведенными выше. Здесь известны одиноко расположенные пещеры – Хурганская, Тонта, Случайная, а также другие, не описанные ранее полости. В береговых уступах видны фрагменты полостей открытые или заполненные рыхлыми продуктами разрушения мраморов.

Из описаний поверхностных и подземных карстовых форм видно, что развитие их происходило согласно простиранию пластов мраморов, по трещинам напластования, либо по тектоническим трещинам.



Рис. 3. Воронка, разделяющая пещеры Октябрьская и Ая-Рядовая.

В различных литературных источниках можно найти следующие цифры:

- коэффициент закарстованности мраморов колеблется от 1,6 до 11,9% и даже до 21,5%, наиболее закарстованы кальцитовые разности (Вологодский, 1975);

- по данным бурения скважин в междуречье рек Анги и Кучелги, глубина закарстованности составляет от 50-60 до 190 м и ниже уреза воды оз. Байкал. Эти цифры оставляют для спелеологов надежду найти новые большие пещеры.

Интенсивному развитию карста в предыдущие эпохи способствовала сложная дислоцированность карбонатных пород, которые под углом срезаны эрозивной поверхностью, что создало благоприятные условия для проникновения воды в массивы. Также водная проницаемость обусловлена густой сетью тектонических трещин, связанной с активной кайнозойской тектоникой. Кроме того, на развитие карста оказывал влияние теплый влажный климат предыдущих эпох.

По степени принадлежности к определенной динамической фазе или степени выраженности в рельефе карстовые формы можно классифицировать на: 1) формирующиеся (долины с воронками и понорами, провалы, некоторые подземные полости); 2) заканчивающие свое формирование или начинающие консервироваться (котловины с озерами, подземные полости); 3) отмирающие формы (трудно устанавливаются по внешним особенностям; часто заполнены осадками; в лесной зоне узнаются по ландшафтным признакам – болотистым и зарастающим озерам блюдцевидной формы, обычно существующих только во время паводков и снеготаяния); 4) отмершие формы (крупные погребенные котловины, заполненные палеогеновыми глинами).

Приуроченность пещер к одним и тем же

структурным элементам, единые гидрогеологические условия, морфология карстовых форм и история позволяют сделать вывод о существовании в пределах массивов мраморов единых карстовых систем. Сохранившиеся подземные полости разорваны провальными воронками, глыбовыми завалами и рыхлым заполнением галерей.

Теоретически всю историю карста территории можно разделить на добайкальскую и байкальскую, связанную с развитием Байкальского рифта и активными движениями земной коры в послемеловое время. На сегодняшний момент о карсте домелового времени на исследуемой территории нет никаких достоверных данных. Г.П. Вологодский (1975) считал, что в кайнозое карст развивался почти без перерыва. Кайнозойскую эпоху карстообразования можно

разделить на стадии – верхнемел-палеогеновая и неогеновая, соответствующие стадиям образования коры выветривания. Еще одна стадия, плейстоценовая, соответствует времени активных горообразовательных процессов, с которыми связано понижение зеркала подземных вод. Такое деление условно и требует дальнейшей разработки.

Остается открытым вопрос, касающийся времени начала образования пещер. На сегодняшний день на территории Приольхонья нет ни одного выхода глубинных термальных вод, несмотря на их широкое распространение в остальной части рифтовой системы. Установлено, что гидротермальные процессы происходили на начальных этапах формирования Байкальского рифта на рубеже мела-палеогена (Мац и др., 2001) и продолжались до позднего плейстоцена, когда температура изливающихся здесь подземных вод превышала 70 °С (Склярков и др., 2007), а затем гидрогеологический режим сменился на современный. Это хорошо согласуется с предположением о значительной роли гидротермальных процессов в происхождении Приольхонских пещер и связи этих процессов с карстом региона вообще. Однако остается неясным нижний предел времени существования гидротерм. Указанное выше смещение блоков пород в пещере Октябрьская связано с левосдвиговыми смещениями при формировании Байкальской впадины с олигоцена, т.е. к этому времени пещера приняла близкий к современному облик. Обследование пещер показывает, что гравитационные процессы во многом определили их морфологию. Во всех пещерах наблюдаются завалы из глыб либо отдельные отсевшие блоки породы, а также сколы и обрушения вторичных образований.

## ВЫВОДЫ

Карст в Приольхонье, как один из основных рельефоформирующих процессов имеет длительную и насыщенную событиями историю, которая безусловно связана с Байкальским рифтом. На исследуемой территории можно встретить карстовые формы различных стадий своего развития. Древнейшими можно считать погребенные неогеновыми осадками котловины и пещеры. Активная деятельность карстовых гидросистем, связанная с поглощением поверхностных водотоков и выходами источников, говорит о протекании карстового процесса в современную эпоху. Дальнейшее изучение карста Приольхонья может существенно дополнить наши знания о геологической истории развития рельефа и течения экзогенных геологических процессов.

## ЛИТЕРАТУРА

- Беляк В.И., Хороших П.П. Пещеры южной части западного побережья оз. Байкала и о. Ольхон // Известия всесоюзного географического общества. – 1970. – 102 (4). – С. 391-393.
- Вологодский Г.П. Карст Иркутского амфитеатра. – Москва: Наука, 1975. – 126 с.
- Иванилова Р.Ф., Писарский Б.И. Водность метаморфических и изверженных пород // Гидрогеология СССР. Том XIX. Иркутская область. – Москва: Недра, 1968. – С. 216-247.
- Мац В.Д., Уфимцев Г.Ф., Мандельбаум М.М. Кайнозой Байкальской рифтовой впадины: строение и геологическая история. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. – 251 с.
- Писарский Б.И. Гидрогеология месторождений полезных ископаемых Юго-Западного Прибайкалья // Автореф. дисс. на соиск. учен. степени кандидата геол.-минер. наук. – Иркутск, 1964.
- Скляр Е.В., Федоровский В.С., Склярова О.А., Сквитина Т.М и др. Гидротермальная активность в Байкальской рифтовой зоне: горячие источники и продукты отложения палеотерм // Доклады академии наук. – 2007. – 412 (2). – С. 1-5.
- Склярова О.А., Скляр Е.В., Федоровский В.С. Структурно-геологический контроль локализации и состава вод озер и родников Приольхонья // Геология и геофизика. – 2002. – 43 (8). – С. 732-745.
- Степанов В.И. Структуры и текстуры минеральных агрегатов, образующихся в свободном пространстве пустот // Спелеология в России. – 1998. – 1. – С. 70-91.
- Федоровский В.С., Владимиров А.Г., Хаин Е.В. и др. Тектоника, метаморфизм и магматизм коллизионных зон каледонит Центральной Азии // Геотектоника. – 1995. – 3. – С. 3-22.
- Филиппов А.Г. Пещеры Иркутской области // Пещеры. – 1993. – С. 71-83.
- Филиппов А.Г., Ербаева М.А., Хензыхенова Ф.И. Использование верхнекайнозойских мелких млекопитающих юга Восточной Сибири в стратиграфии. – Иркутск: ВостСибНИИГГиМС, 1995. – 117 с.
- Dublyansky V.N. Hydrothermal karst in the alpine folded belt of the southern parts of U.S.S.R. // Kras i Speleologia. – 1980. – 3. – P. 18-36.
- Osborne R.A.L. The troubles with cupolas // Acta Carsologica. – 2004. – 33 (2). – P. 9-36.