

**В.В. Покалюк\*, И.М. Стефанишин\*\*, А.А. Аронский\*\*\*,  
Н.В. Шафранская\*\*\*\***

\*Институт геохимии окружающей среды НАНУ, Киев, Украина

\*\*ООО «ТЕТ-продакшн», Киев, Украина

\*\*\*Институт геофизики НАНУ, Киев, Украина

\*\*\*\*Киевский национальный университет им. Т.Шевченко, Киев, Украина

## **ЛАТЕРАЛЬНЫЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ТИПЫ ЛАБИРИНТОВ И СПЕЛЕОИНИЦИИРУЮЩАЯ ТРЕЩИНОВАТОСТЬ ПЕЩЕРЫ МУШКАРОВА ЯМА (ПОДОЛЬЕ)**

Выделен отдельный гидродинамический тип пещерных лабиринтов – мощных широких горизонтальных коллекторов-концентраторов подземного палеостока, характеризующийся аномально высокой степенью «пустотности»

**V.V.Pokalyuk, I.M. Stefanyshyn, A.A. Aronskiy, N.V. Shafranska**

## **LATERAL HYDRODYNAMIC TИPES OF LABYRINTHS AND SPELEOINITIATING JOINTS OF MUSHKAROVA YAMA CAVE (PODILLIA REGION)**

Morphological hydrodynamic type of karst caves labyrinths has characterized, which features by large and wide subsurface collectors of paleo-drainage with abnormally high void fraction.

Пещера Мушкарова яма расположена на юге Тернопольской области в Борщевском районе неподалеку с. Алексинцы; открыта в 2008 г. и закартирована членами киевского спелеоклуба "Карст" под руководством И.М. Стефанишина. Геолого-морфологические и другие сведения о ней приведены в работах [5, 6]. По протяженности разведанных на 2011 г. ходов (5220 м) она входит в десятку крупнейших карстовых пещер Украины. Пещера заложена в гипсовой толще неогенового возраста мощностью около 20 м, перекрытых маломощным (6-16 м) неоген-четвертичным чехлом песчано-карбонатно-глинистых отложений. Так же как и большинство крупных подольских пещер, она относится к лабиринтовому типу и имеет несколько ярусов горизонтальной эрозионной проработки. Основные доступные объемы пещеры (90%) приурочены к среднему ярусу гипсовой толщи (нижний ярус почти полностью закупорен наносами, а верхний составляет не более 10% всех ходов).

Важнейшим свойством пещерных сетей в гипсах Подолии является их ярусная дифференциация [3, 4]. В отношении же латеральной изменчивости структуры пещерных лабиринтов (в пределах одного уровня или яруса) отмечено лишь то, что они в целом незначительны: «сети, развитые в одном и том же интервале, но на разных площадях пещерного поля, демонстрируют сходство важнейших черт структуры и морфологии ходов, но могут иметь и некоторые различия. Структурные различия выражаются главным образом в плотности сетей, расстоянии между субпараллельными ходами (частоте ходов одного направления) в системных сетях, распределении ходов различной длины по направлениям... Площадные различия морфологии одноярусных ходов

могут обуславливаться также и гидродинамическими факторами, например степенью концентрации стока или интенсивностью водообмена ... [3, стр. 43]»

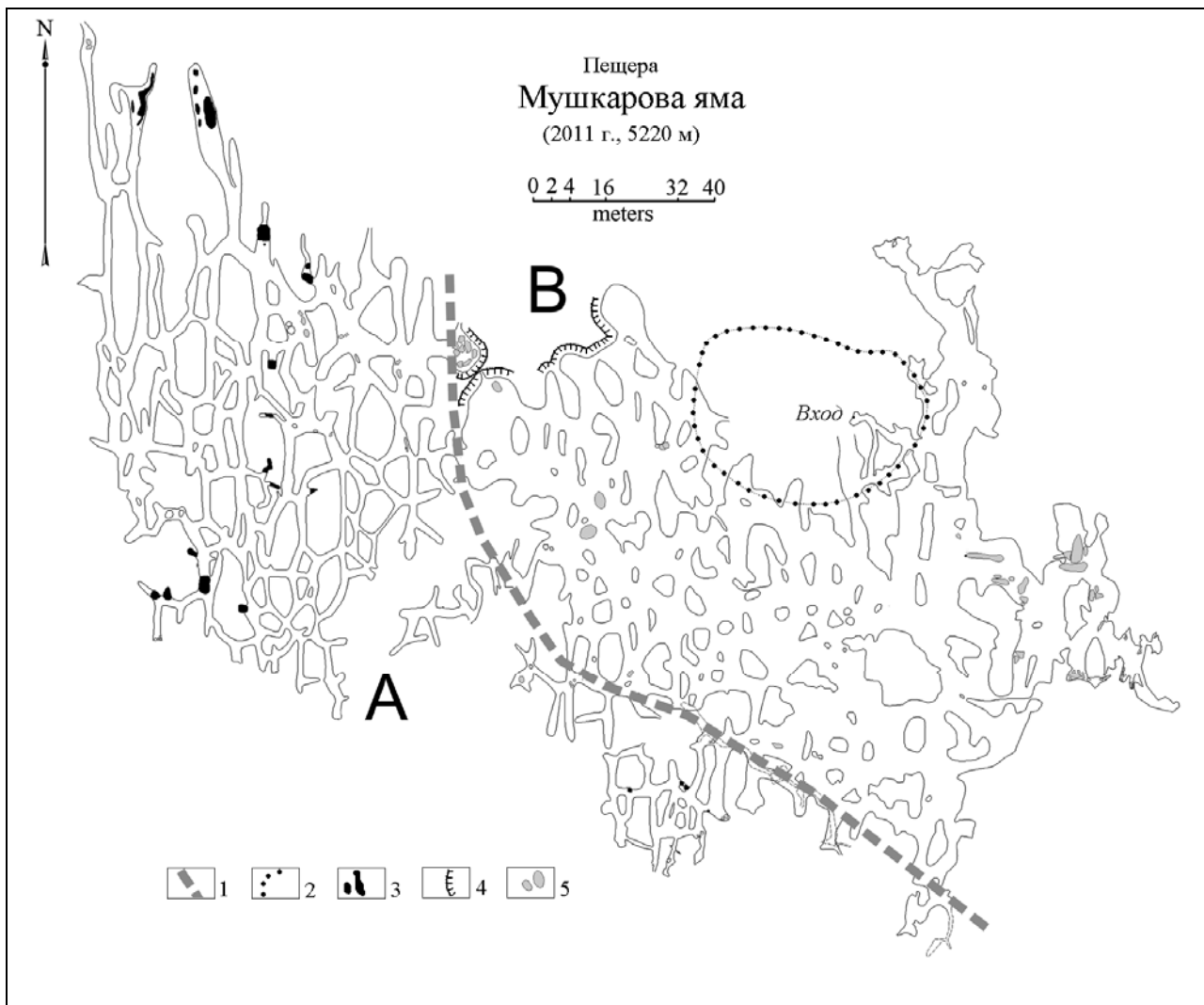
Яркий пример латеральной неоднородности лабиринтов представляет пещера Мушкарова яма. По степени эрозионно-коррозионной проработки пещера четко разделяется на два типа районов (рис.1), связанных друг с другом одним горизонтальным уровнем (ярусом) распространения.

Первый тип (**А**) обычен для большинства пещер региона. Ему свойственна лабиринтовая сетка с неширокими ходами при средней ширине ходов 1-2 м и значительном преобладании площади целиков над площадью пустот.

Второй тип (**В**) характеризуется аномально высокой степенью «пустотности». Отношение площади пустот к площади перемычек (целиков) здесь аномально высокое и доходит до 4/1. Район состоит из невысоких широких галерей и залов, разделенных узкими перемычками и столбообразными колоннами. Ширина галерей достигает 12 м, залов – 30 м, при средней высоте их около 2 м и размерах перемычек в среднем от 1×1 до 10×15 м. Граница между районами **А** и **В** нерезкая (без каких-либо смещений), но четкая. Она ориентирована субпараллельно общей вытянутости пещеры в СЗ–ЮВ направлении. Граница контролируется зоной (шириной 2-5 м и протяженностью 200 м) тектонических трещин более крупного ранга, пересекающих как среднюю, так и верхнюю пачки гипсов. К этой зоне приурочена узкая полоса ходов верхнего яруса пещеры. Каких-либо вертикальных смещений по границе указанных районов не наблюдается. Мало того, эрозионные ниши и стратиграфические маркеры плавно, без изменений прослеживаются из одного района в другой. Все это свидетельствует о том, что такие аномально проработанные водой районы, в данном случае район **В**, представляют собой участки наибольшей концентрации стока подземных вод и являются фрагментами мощного широкого коллектора, вероятно, подземного палеорусл. Есть все основания полагать, что данный коллектор продолжается далее за зонами завалов, ограничивающих пещеру с севера и востока. Об этом свидетельствует непрерывная цепочка погребенных воронок и крупных просадок в современном рельефе, трассирующихся в юго-восточном направлении от пещеры на протяжении 2 км [5].

Указанный тип лабиринта (**В**) в морфологическом отношении похож на пещеру Вертеба, для которой также указывалась аномально высокая степень отношения площади пустот к площади перемычек [1]. Однако, в отличие от Вертебы здесь это отношение еще выше и, вероятно, представляет предельную степень коррозионно-эрозионной проработки подземных площадей, после которой наступает стадия активных широких обрушений кровли. Такие обрушения наблюдаются в северо-западном и восточном ограничениях лабиринта **В** (рис.1).

Данный тип лабиринта является наиболее характерной отличительной особенностью морфологии пещеры Мушкарова яма, выделяющий ее среди всех других пещер Подолии.



**Рис. 1. Топоплан пещеры Мушкарова яма (съёмка киевского спелеоклуба «Карст» 2008-2009 г.г. с дополнениями 2011 г.; авторы – И. Стефанишин, С. Мусияченко, В. Прохоренко, В. Иващук, Т. Радченко, О. Мусияченко, Д. Остапюк, К. Дмитриенко, А. Матошко, О. Диковская, А. Грачёв, А. Галаган, П. Куприч, О. Горбачёва, С. Епифанов, Т. Ермакова)**

А, В – два типа районов, заложенных в одном ярусе, но различных по степени коррозионно-эрозионной проработки.

1 – граница между типами лабиринтов А и В; 2 – контур входной воронки; 3 – места выхода стоячих грунтовых вод; 4 – зона обрушения; 5 – отдельные обрушенные глыбы и глыбовые завалы.

Относительно генезиса данного типа лабиринта можно сказать, что он сформирован открытыми (ненапорными) горизонтально текущими водами. Об этом свидетельствуют многочисленные фрагменты идеально горизонтальных эрозионных поверхностей на стенах (ниши) и в потолке ходов, которые срезают литологические неоднородности в гипсах [6]. Для сходных по морфологии лабиринтов пещеры Вертеба ранее был обоснован генезис путем перетекания подземного русла через шейку палеомеандра р. Серет [1]. Сам факт латеральной площадной дифференциации районов пещеры по степени

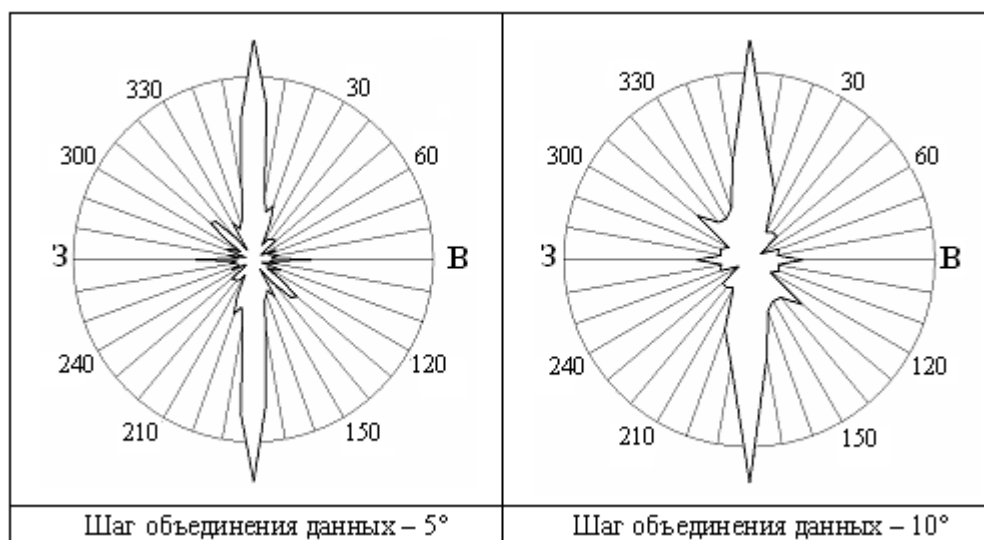
коррозионно-эрозионной проработки свидетельствует в пользу открытого горизонтального движения водотоков и их концентрации на отдельных участках в относительно широкие (до 100-150 м) и протяженные зоны подземных русел. Концепция артезианской напорной циркуляции вод при образовании подольских пещер [3] не дает удовлетворительного ответа на описанные выше наблюдаемые закономерности.

Для лабиринта типа (А), развитого в западном («Озерном») районе пещеры нами построены диаграммы распределения ориентировок ходов (рис.2). Как показано в работе [3, стр. 26], пещерные хода «в целом адекватно характеризуют соответствующие свойства спелеоиницирующих трещин и их сетей». Диаграммы получены на основе одной и той же выборки (500 линейных отрезков), но различны по интервалу объединения данных – в 5 и 10 градусов. Алгоритм построения таких диаграмм приведен в работе [7]. Как видно из рисунка, обе диаграммы мало отличаются друг от друга и свидетельствуют о наличии четырех основных, неравнозначных по количественному проявлению, систем направлений. Резко доминирует субмеридиональная система (355-5°). Она характеризуется наибольшей протяженностью прямолинейных отрезков ходов (9-19 м) и их наибольшей плотностью (средний шаг между двумя соседними параллельными ходами – 3-6 м). В меньшей степени проявлены северо-западная (~312°) и субширотная (~270°) системы. Для обеих характерны короткие прямолинейные отрезки (4-7 м) и шаг между двумя соседними параллельными цепочками 12-18 м. Эти две системы тесно связаны друг с другом, образуя цепочки связанных, переходящих друг в друга по простиранию ходов, вытянутые в целом с ЗСЗ на ВЮВ. Далее по распространенности следует четвертая система – северо-восточная (~ 45°), для которой также характерны относительно короткие (до 6 м) прямолинейные отрезки, выстраивающиеся в угадываемые прерывистые цепочки. Расстояние между такими субпараллельными цепочками составляет 12-17 м. Кроме указанных четырех систем направлений присутствуют также и другие, однако они слабо проявлены в данной выборке.

В целом пещерная сеть характеризуется отчетливой системностью (упорядоченностью) и анизотропией, что свойственно тектонической (эндогенной) трещиноватости. Вместе с тем наблюдаемая совокупность четырех основных систем направлений (субмеридиональной, субширотной и двух диагональных) типична для планетарной трещиноватости осадочных пород чехла, возникающей уже на стадии литификации осадков за счет внешних ротационных сил планеты [2]. Вероятно, имеет место наложение тектонического фактора на сформированную несколько ранее планетарную трещиноватость гипсов.

Строгая кинематическая оценка вышеуказанных направлений неоднозначна, поскольку отсутствуют непосредственные полевые тектонофизические данные о характере смещений. Однако по морфологии проявления этих систем можно предполагать, что субмеридиональное направление соответствует сколам с очень незначительной компонентой раздвига (или её отсутствием), в то время

как северо-западные и субширотные направления соответствуют сколам с большей компонентой раздвига.



**Рис. 2. Диаграммы простираний ходов пещеры Мушкарова яма. Масштаб линейный. Выборка 500 отрезков.**

В наиболее подробной за последние 15 лет работе по структурным предпосылкам спелеогенеза пещер Подолии [3] о генезисе спелеоиницирующей трещиноватости сделан общий вывод: «характеристика сетей трещин в гипсах Западной Украины в наибольшей степени соответствует свойствам литогенетической трещиноватости (стр. 54)», возникшей «на стадии позднего диагенеза (катагенеза) в связи с продолжающимся и в твердой породе процессами отжатия и перераспределения поровых растворов, перекристаллизации гипсов и т.п. (стр. 56)». В доказательство приводятся данные о сходстве пещерных сетей верхнего яруса гипсовой толщи и полигональных литогенетических трещинных систем усыхания в иле, застывания лавового потока и др. Между тем сами авторы отмечают, что сети нижнего и среднего ярусов характеризуются явно выраженной системностью и анизотропией, что является ярким свойством тектонических трещин. Несмотря на это, общий вывод о литогенетической природе касается всех трещинных сетей в гипсах. В конце авторы, однако, оговаривают: «... вопрос о природе спелеоиницирующей трещиноватости в гипсах региона пока не решается однозначно. По-видимому, правильно будет говорить о сложном процессе формирования трещиноватости в ходе литогенеза (катагенеза) гипсовой толщи, при одновременном воздействии литогенетических и тектонических напряжений и определяющем влиянии структурно-текстурных неоднородностей на заложение трещин (стр. 59)».

Между тем известно, что тектоническая трещиноватость очень сильно зависит от литологических (физических, структурно-текстурных) свойств среды. Особенно это характерно для деформаций малого уровня глубинности, к которому относится гипсовая толща. В квазиоднородной среде (в скрыто-мелкозернистых массивных гипсах нижнего яруса) реализуется схема

тектонической трещиноватости, близкая к идеальным моделям (ромбическая, параллелепipedальная или субортогональная сети); в неоднородной среде (в слоистых гипсах крупно-гигантокристаллической структуры среднего и верхнего яруса гипсовой толщи) трещиноватость приспособляется к внутренним неоднородностям среды, формируя сложную полигональную сеть.

#### Литература

1. Дублянський В.Н., Смольников Б.М. Карстолого-геофізическіе дослідження карстових порожнин Придністровської Подолії і Покуття. – Київ: Наук. думка, 1969. – 151 с.
2. Гинтов О.Б. Полевая тектонофізика и ее применение при изучении деформаций земной коры Украины. – Киев: «Феникс», 2005. – 572 с.
3. Климчук А.В., Андрейчук А.Н., Турчинов И.И. Структурные предпосылки спелеогенеза в гипсах Западной Украины. – Киев: 1995. – 104 с.
4. Корженевский Б.А., Рогожников В.Я. О значении контракционной трещиноватости в формировании карстовых лабиринтовых систем в гипсах Подолії / Вопросы генезиса, динамики, формирования подземных вод и воднофізические свойства пород СССР. – Киев: Наук. думка, 1978. – С. 147-152.
5. Покалюк В.В., Стефанишин И.М., Грачов А.П., Мусияченко С.Т. Новая крупная гипсовая пещера Украины – Мушкарова яма (оценка перспектив и направлений поисков новых лабиринтов на основе космофотодешифрирования) // Доклады АН Украины. – 2010. – №10. – С. 102-108.
6. Покалюк В.В., Прохоренко В.П., Грачев А.П., Стефанишин И.М. Комплексное морфоструктурное нивелирование горизонтальной многоярусной пещеры в гипсах (Придністровское Подолье) / Спелеология и спелестология: развитие и взаимодействие наук. Сборник материалов междунар. науч.-практ. конференции. – Набережные Челны: НГПИ, 2010. – С.89-93.
7. Шафранська Н.В. Алгоритм побудови кругових структурних діаграм, реалізований в середовищі ГІС // Геоінформатика. – 2011. – №1. – С. 80-83.