

УДК 551.442

## ПОНЯТИЕ О «ГЛУБОЧАЙШИХ КАРСТОВЫХ ПЕЩЕРАХ»

**Самохин Г.В.**

*Таврический национальный университет имени В. И. Вернадского, Симферополь, Республика Крым, Россия*  
*E-mail: gen-samokhin@yandex.ru*

В работе дан краткий анализ понятия «пещера» и «глубочайшая пещера». Проведена аналогия применения данных понятий в горном деле при категорировании глубоких искусственных шахт. Проведенный статистический анализ морфометрических показателей карстовых полостей массива Арабика позволил определить пороговые критерии для глубоких и глубочайших пещер рассматриваемого региона.

На массиве Арабика расположено 6 пещер преодолевших 3-сигмовый порог. Пещера Крубера, преодолев  $8\sigma$  предел показала, что она является элементом более глобальной планетарной статистической системы. Дано теоретическое обоснование понятий «глубокая» и «глубочайшая пещера».

**Ключевые слова:** глубочайшая пещера, карст, пещера Крубера, массив Арабика, статистический анализ

В исследовании понятия «Глубочайшие карстовые пещеры» мы будем опираться на представлениях о сущности объекта исследований, которые вырабатываются на базе знаний, накопленных наукой на историческом пути её развития.

Исследования географических объектов, в том числе и пещер, всегда включают в себя информацию о способах выделения объекта, методики его изучения и определении условий и факторов образования.

Основным объектом спелеологии является «пещера». Геоморфологический и общегеографический подход в определении термина «пещера» подразумевает некое подземное пространство доступное для непосредственного описания и изучения человеком [9; 40; 3; 25; 28; 41; 34; 43].

Хотя в более чем 30 известных определений «пещеры» имеются и другие подходы [33; 1; 19; 2; 32; 27; 46; 10; 39; 12].

Рассматривая пещеры как целостное географическое явление, в качестве их минимальных размеров принимается подземное пространство доступное для человека, заполненное воздухом или водой, при условии, что значение глубины (длины) является на много большим, чем диаметр входа. В противном случае эти объекты относятся к таким геоморфологическим категориям, как гроты, навесы, воронки и др.

Нельзя не оговориться, что антропоморфические ограничения накладывают некоторую неопределенность на метрические характеристики понятия пещеры.

Однако при этом, карстовая полость достигая антропометрических показателей выявляет системаобразующие свойства своей внутренней организации. Начиная с этого момента морфография (конфигурация) и морфометрия (объем, высота,

протяженность и др.) начинают влиять на дифференциацию гидрохимических, микро и макроклиматических, седиментационных и др. процессов [3].

Возможность исследования (доступность) пещеры определяется не только ее минимальными размерами, но и физической и тактической подготовкой исследователя, его опытом, используемыми техническими средствами и т.п. Современные спелеологические методы исследования практически снимают все ограничения при изучении пещер.

При картографировании изображение пещеры обычно выполняют в двух пространственных плоскостях - вертикальной (разрез, развертка) и горизонтальной (план - проекция ходов на горизонтальную плоскость). Необходимость выполнения картографической съемки для документирования пещер разрезов и планов пещер позволило получать достаточно точные морфометрические характеристики спелеообъектов. Появилась возможность проводить морфологический анализ всей доступной выборки карстовых полостей известных на данное время, сопоставлять их друг с другом, как в региональном, так и планетарном масштабе. Накопленный в результате этого фактический материал привел к повышенному вниманию спелеологов к выявлению максимальных по размерам карстовых полостей и их внутренних морфологических элементов (галерей, залов, колодцев, сплошных отвесов и т.д.). Такая методика использовалась уже на начальном этапе исследования пещер в Альпах и Пиренеях. Появилась необходимость в создании морфометрических классификаций карстовых полостей, определение и унификация основных терминов и соответствующих им параметров крупнейших, глубочайших и длиннейших пещер [44].

Данная практика сложилась и в горнодобывающей промышленности. Морфометрическая классификация подземных объектов заняла здесь достаточно прочное место. Прописаны критерии глубоких и сверх глубоких шахт по добыче полезных ископаемых.

Глубокая шахта - условно выделяемая категория шахт, ведущих добычу полезных ископаемых на глубинах, где условия разработки по влиянию ряда основных природных и горнотехнических факторов значительно отличаются от условий в шахтах умеренных глубин [5].

Глубина, с которой сказывается действие факторов, позволяющих отнести шахту к категории глубоких, для разных месторождений и бассейнов как в СССР, так и за рубежом неодинакова. Условно принято, например, для Донецкого и Печорского угольных бассейнов, считать глубокими угольные шахты с начальной глубиной вентиляционного горизонта более 600 м при разработке пологих и наклонных пластов и 700 м - крутых.

На многих угольных шахтах ФРГ, Бельгии, ЧССР, Великобритании, Нидерландов и Франции глубина разработки превышает 1000 м. В Японии угольные месторождения разрабатываются глубокими шахтами, работающими под дном Тихого океана ниже уровня моря более чем на 600 м. Добыча угля под морским дном ведётся также в США, Великобритании, Турции и других странах.

При разработке рудных месторождений, глубокими считают шахты при достижении глубин от 600 м до 1000-1200 м, далее их относят к категории

сверхглубоких. Усложнение условий разработки, характерное для рудных и угольных шахт наблюдается на различных глубинах. Так, на одних глубоких шахтах температура горных пород существенно повышается с глубиной 700-1000 м (ш. "Морру-Велью" в Бразилии), а на некоторых сверхглубоких шахтах она возрастает только с глубины 2000-2200 м (канадские шахты по добыче золота). На рудной глубокой шахте "Норанда" (Канада) горное давление не затрудняло ведение добычных работ до глубины 1500 м (открытые камеры с последующей закладкой). По данным на 2008 год наиболее глубокими шахтами по добыче золота являются "Тау Тона" (Tau Tona) глубина разработки 3900 м, общая протяженность туннелей – более 800 км, «Восточный Райнд Майн» (East Rand Mine) 3585 м в ЮАР, "Чемпион-Риф" (Champion Reef Mine) в Индии - 3400 м [5; 35; 48; 38].

Таким образом, выделенные категории сверхглубоких искусственных шахт проведены по принципу сложности инженерного обустройства, горных условий, применяемых методов добычи полезных ископаемых и функционирования шахт.

В выделении категории глубочайших естественных карстовых пещер кроме сложного геологического строения и тактики их прохождения, другие принципы, применимые в горном деле не подходят.

В отечественной карстолого-спелеологической науке вопросом о классификации пещер по морфометрическим показателям занимались Гвоздецкий Н.А. [4], Максимович Г.А.[16; 17.; 18], Дублянский В.Н.[7], Дублянский В.Н., Климчук А.Б., Вахрушев Б.А., Киселев В.Э.[13], Илюхин В.В.[8], Чикишев А.Г.[30; 31], Добровольский М.Н.[6] и др.

Максимович Г.А. [16; 17; 18] выделял следующие категории: громадные (длиной более 100 км); очень большие (25-100 км); большие (25-1 км); значительные (1000-250 м); небольшие (250-10 м); малые (менее 10 м).

В 1965 он же предложено выделять категорию крупнейших отдельно для стран, континентов и в мире [15]. Однако проблема морфометрических границ рассмотренных категорий карстовых полостей оставались неопределенными и в большей мере не обоснованными.

Впервые в международной спелеологической практике особое внимание категории «крупнейших» пещер было уделено на 6 Международном спелеологическом конгрессе в г.Оломоуце, Чехословакия (1973 г.) [82]. Комиссия по длиннейшим и глубочайшим пещерам мира Международного спелеологического союза под руководством профессора Хуберта Триммеля составили перечень крупнейших пещер Мира, [49] к числу которых были отнесены пещеры имеющие протяженность ходов более 3000 метров и глубину более 300 метров. На сегодняшний день из сотен тысяч известных пещер только 1600 длиннее 3000 метров и около 1000 имеют глубину свыше 300 метров [47]. В мировой практике эти параметры приняты как нижние пределы для «крупных пещер». В большинстве региональных кадастрах (СНГ, Средняя Азия и др.) крупные пещеры считают протяженностью более 1000 метров и глубже 100 метров [8; 13; 37]. Однако в некоторых регионах, к примеру, в Новой Зеландии, Франции и Испании, к глубоким относят полости глубже 200 метров. Это объясняется лимитирующими факторами - мощностью карстующихся пород, особенностями геологического строения

карстового массива и морфологическими характеристиками различных пещер. А также спелеологической изученностью – многие регионы изучены весьма детально, а другие еще только предстоит исследовать.

В результате широких спелеологических исследований последних десятилетий и накопления больших баз данных по многим карстовым регионам Мира, открытие новых глубоких карстовых полостей, появилась возможность применения статистических методов [26; 29; 23; 21; 24 др.] выявления категории «крупнейших карстовых пещер». Так как все пещерные системы по положению в пространстве можно разделить на субвертикальные и субгоризонтальные, то и крупнейшие пещеры выделяют по глубине и протяженности.

Кадастр пещер, оперируя терминами математической статистики, является выборкой из генеральной совокупности всех полостей массива. При анализе кадастровых данных необходимо осознавать, что мы не сможем обладать полной информацией о наличии всех полостей и их морфометрических показателях. Потенциально в недрах карстового массива имеется множество пока неизученных полостей. Ежегодно происходит открытие новых пещер и исследование ранее не известных участков в уже имеющихся полостях. Рассмотрим данную методику применительно к карстовому массиву Арабика (Западный Кавказ), в недрах которого заложена глубочайшая полость Мира – пещера Крубера. В вариационном ряду данных кадастра могут встречаться варианты, которые резко отличаются от остальных значений в выборке (рис. 1).

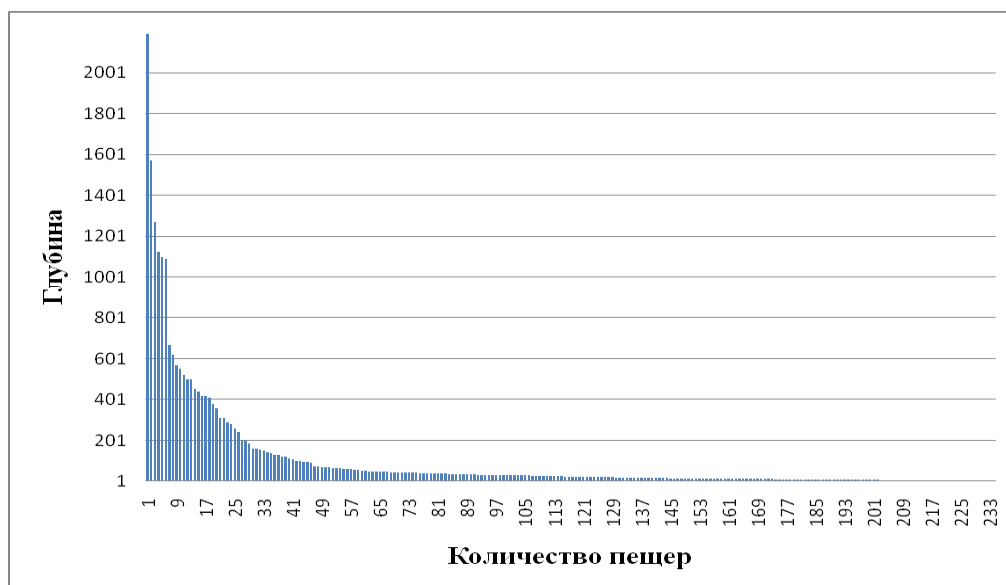


Рис. 1. Соотношение количество пещер массива Арабика и их глубины

Подобные значения, резко отличающиеся от общего массива данных, являются **артефактами**. Это уникальные физико-географические объекты, заметно выделяющиеся от общей массы пещер карстовых регионов.

В работе с взвешенными выборками возникает необходимость объединения близких по значению вариант в классы (разряды, ступени). Такая группировка вариант облегчает последующие расчеты, однако вносит неточность в получаемые результаты, так как при обработке данных варианты заменяются средними значениями классов [29].

При составлении взвешенного вариационного ряда принимается следующий порядок действий. Сначала определяется величина классового интервала  $i$ , которая зависит от принятого числа классов  $k$  и объема выборки  $N$ :

$$i = (x_{max} - x_{min}) / k \quad (1)$$

Число классов в зависимости от объема выборки определяется формулой:

$$k = 1 + 3,3 \lg N \quad (2)$$

Исходя из формулы (2), можно рекомендовать следующее число классов в зависимости от объема выборки (табл. 1) [26].

Таблица 1.  
Число классов в зависимости от объемов выборки

№	30-50	50-100	100-400	400-1000	1000-2000
k	4-6	6-8	8-9	9-11	11-12

Применим формулу (2) к имеющейся генеральной совокупности данных по глубинам пещер карстового массива Арабика

$$i = (2191 - 2) / 8 = 273,625$$

$$i = (2191 - 2) / 9 = 243,222$$

В статистике рекомендовано принимать величину классового интервала с приближением до некоторого округленного значения. В нашем случае примем девять классов по 250 единиц в каждом (рис. 2).

Для подтверждения наличия артефактов применяют различные показатели рассеяния вариант, или разнообразия признаков. Более точно степень разнообразия признака характеризуются такими показателями как среднеквадратическое отклонение и дисперсия. Их используют как составляющие параметры нормального распределения при вычислении ряда параметрических статистических критериев.

Среднеквадратическое отклонение, или сигма ( $\sigma$ ) показывает степень рассеяния значений статистической совокупности около среднего значения, а точнее, интервал ( $M \pm \sigma$ ), в который входит до 75 % вариант выборочной совокупности. Считается, если 75 % вариант выборки находится в пределах  $M \pm \sigma$ . то это соответствует норме

(стандартному отклонению); если в пределах  $M \pm 2\sigma$ , то имеется незначительное отклонение от нормы; если выходит за пределы  $M \pm 3\sigma$ , то можно утверждать о наличии аномального явления, процесса. Величина сигмы прямо пропорционально зависит от разброса вариант в вариационном ряду. Чем больший разброс, тем больше значение сигмы.

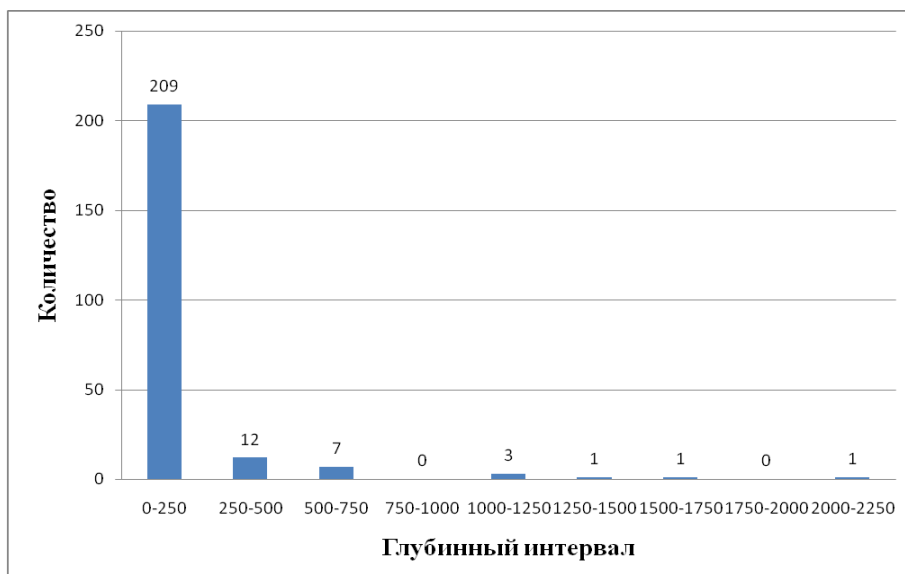


Рис. 2. Распределение пещер по глубине

Среднеквадратичное отклонение определяем по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\sum (x_i - M_x)^2 / (N - 1)}$$

Где  $(x_i - M_x)^2$  – квадрат отклонений от среднего арифметического,  $(x_i - M_x)^2 / (N - 1)$  – дисперсия.

Подставив данные рис.1 в формулу (3) получаем

$$\sigma = 249,94715 \text{ м}$$

Используя правило трех сигм, определим граничные значения, выше которого можно утверждать о наличии аномальности явления, или артефакта.

Среднее арифметическое равно 102,111, к среднему арифметическому прибавим  $3\sigma$ .

$$102,111 + 3 \times 249,94715 = 851,95245$$

Итак, пещеры карстового массива Арабика, морфометрические показатели которых превышают глубину 851 метр, можем отнести к географическим явлениям, не укладывающимся в обще статистические данные. Принятый нами условный порог для выделения глубочайших пещер в 1000 метров является обоснованным не только с точки зрения геоморфологической аномалии, но и с позиции

математической статистики. На карстовом массиве Арабика расположено 6 пещер отвечающим данным критериям.

Необходимо особо подчеркнуть, что среди категории «глубочайшие» пещера Крубера преодолела восьми-сигмовый предел! Что, безусловно, указывает на уникальность этого географического объекта.

После выделения «глубочайших пещер» из общей выборки пещер кадастра карстового массива Арабика проведем аналогичную операцию с оставшимся массивом данных (рис. 1). За исключением «глубочайших пещер» оставшийся массив данных включает 228 пещер, среднее арифметическое глубин равно 68,193, среднеквадратичное отклонение сигма -  $\sigma = 122,27498$

Используя правило трех сигм, определим граничные значения, выше которого можно утверждать о наличии аномальности явления, или артефакта.

$$68,193 + 3 \times 122,27498 = 435,018$$

По аналогии с выделением «глубочайших пещер», принимаем глубинный порог в 500 метров для выделения критерия «очень глубокие» (рис. 3). Удалив из списка пещеры, попадающие под категории «очень глубокие», подобным образом определяем глубинный критерий для категории «глубокие» пещеры. Он составляет 309 метра. Принимая во внимание мировую практику выделения порога для больших пещер в 300 метров, мы на основании наших расчетов и мировой практике также принимаем граничные значения глубины более 300 метров для категории «глубокие» пещеры.

Анализ таблицы 1 показывает некорректность формального подхода для определения глубинных классов пещер. Основываясь на мировом опыте градации карстовых пещер по глубине и используя, сигма-критерий среднеквадратичного отклонения, мы предлагаем следующие величины классового интервала (рис. 3).

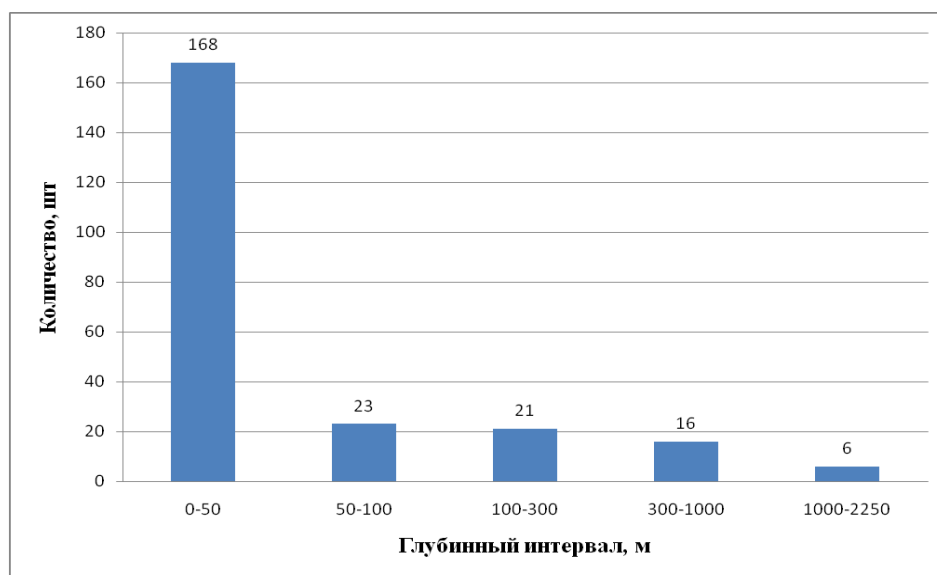


Рис. 3. Распределение пещер массива Арабика по глубине

## ПОНЯТИЕ О «ГЛУБОЧАЙШИХ КАРСТОВЫХ ПЕЩЕРАХ»

При обработке данных по пещерам находящихся в глубинном интервале менее 300 метров применение трех – сигмового предела является малоинформативным. Пещеры «значительной», «небольшой» и «малой» глубины определяем опираясь на мировой опыт и используя одно-сигмовый порог (табл. 2).

Таблица 2.

Глубинные пороги пещер массива Арабика.

		Расчетный порог, с применением трех-сигмового критерия [м]	Условно-приближенный глубинный порог	Количество пещер
Глубочайшие		852	$\geq 1000$	6
<i>Очень глубокие</i>	Глубокие	435	500-1000	7
<i>Глубокие</i>		309	300-500	9
Средней глубины		88*	100-300	21
Небольшой глубины		43*	50-100	23
Малой глубины			< 50	168
<b>Всего</b>				<b>234</b>

\* глубинная ступень «значительной глубины» и «небольшой глубины» определена по одно-сигмовому порогу

Проведенный статистический анализ морфометрических показателей карстовых полостей карстового массива Арабика позволил определить пороговые критерии для глубоких и глубочайших пещер рассматриваемого региона.

Однако, пещера Крубера, преодолев  $8\sigma$  предел показала, что она является элементом более глобальной планетарной статистической системы.

С этими целями подобный статистический анализ был проведен с генеральной совокупностью статистических данных как по соседним карстовым массивам (Бзыбский массив), так и по всем континентам Земли. В связи с тем, что общее количество пещер достигает 1 миллиона, в анализ включены только пещеры глубже 300 метров (табл. 3).

**Итак, под «глубокими» пещерами мы понимаем подземные полости глубиной более 300 метров, что является справедливым для карстовых полостей расположенных на карстовом массиве Арабика и для Мира в целом.**

**Следующим качественным и количественным порогом определяемым термином «глубочайшие» следует считать пещеры глубиной более 1000 метров.**



Таблица 3.

Соотношение значений отклонений для статистических показателей пещер карстовых массивов Арабика, Бзыбь и Мирового кадастра крупных пещер

Карстовый регион	Количество пещер	$M+3\sigma$	$M+2\sigma$	$M+1\sigma$
Карстовый массив Арабика	234	852	602	352
Карстовый массив Бзыбь	405	531	362	212
Планетарная выборка крупных карстовых пещер [глубже 300 метров]	1087	1357	1088	819

На 2014 год в списке глубочайших в мире находится 101 пещера.

Карстовые пещеры, морфометрические показатели преодолевшие трех-сигмовый порог обладают качественно новыми морфологическими, генетическими, микроклиматическими, седиментологическими и другими особенностями подземных пространств и вмещающих их карстовых массивов. Выявление особенностей данных свойств требует дополнительных исследований

Выделения «глубоких» и «глубочайших» карстовых пещер потенциально содержит возможность обнаружения особых свойств пещерных систем, которые потребуют изменения в методиках первопрохождения, описания и тактики исследования данного класса пещер.

#### Список литературы

1. Барков А.С. Словарь-справочник по физической географии. / Барков А.С; М.: Учпедгиз, 1954. 304с.
2. БСЭ — Большая Советская энциклопедия. 3-е изд. 1969-1975. Т. 1-30.
3. Вахрушев Б.А. Карстовый геоморфогенез Крымско-кавказского горно-карстового региона. Диссертация доктора геогр. наук. / Вахрушев Б.А. - Симферополь, 2004. – 494 с.
4. Гвоздецкий Н.А. Карст. Крупнейшие карстовые полости. / Гвоздецкий Н.А - стр. 210—218, 1954.
5. Горная энциклопедия. — М.: Советская энциклопедия. / [Под ред. Е. А. Козловского]. 1984—1991.
6. Добровольский М.Н. Краткие сведения о крупнейших пещерах Средней Сибири / Добровольский М.Н. - // Пещеры. – Пермь, 1965. – Вып. 5(6). – С. 56-64
7. Дублянский В. Н. Новые данные о глубинном карсте Горного Крыма. - Дублянский В. Н. - Пещеры, вып. 5 (6), Пермь, 1965
8. Дублянский В.Н. Крупнейшие карстовые пещеры и шахты СССР. / [Дублянский В.Н., Илюхин В.В.] М.: Наука, 1982. 136 стр
9. Дублянский В.Н. Терминология спелеологии. / Дублянский В.Н., Андрейчук В.Н. – Кунгур, 1991. – 180 с.
10. Зайцев И. К. Вопросы изучения карста СССР. / Зайцев И. К. - М.: Госгеолгиздат, 1940, 231 с.
11. Какие карстовые полости считать крупнейшими. / Брашнина И. А. Новости карстоведения и спелеологии, № 2, М., 1961.
12. Климчук А.Б. Понятие о пещере и некоторые проблемные вопросы теоретической спелеологии// Физическая география и геоморфология. / Климчук А.Б. – Киев, 1985. – Вып.32. – С.
13. Крупные карстовые полости СССР. Т. III. Спелеопровинции Большого и Малого Кавказа / [Дублянский В.Н., Климчук А.Б., Киселев В.Э. Вахрушев Б.А. и др.] - // Ред журн. «Геологический журнал». – Киев, 1987. – 260 с. - Деп. В ВИНТИ 06.01087, № 1112-В 87.

14. Крупные карстовые полости СССР. Т. II. Крымская спелеологическая провинция / [Дублянский В.Н., Вахрушев Б.А., Климчук А.Б., Киселев В.С.] - //Ред. журн. «Геологический журнал». – Киев, 1987. – 65 с. - Деп. в ВИНТИ. 06.01087, № 1111-В 87.
15. Максимович Г. А. 35 Длиннейших пещер Мира. / Максимович Г. А. - Пещеры, вып. 6 (7), Пермь, 1965
16. Максимович Г. А. Крупнейшая пещера Европы. / Максимович Г. А. - «Природа», № 12, , 1957. - стр. 114
17. Максимович Г. А. Наиболее крупные карстовые пещеры. / Максимович Г. А. - В книге «Карст Пермской области», , Пермь, 1958 - стр. 65—76.
18. Максимович Г. А. Сто крупнейших карстовых пещер Мира. / Максимович Г. А. - Пещеры, вып. 1, Пермь, 1961.
19. Маруашвили Л. И. Морфологический анализ карстовых пещер // Очерки по физической географии Грузии. - / Маруашвили Л. И. - Тбилиси: Мецниереба, 1969. С. 5—84.
20. Математико-картографическое моделирование в географии / Жуков В.Т., Сербенюк С.Н., Тикунов В.С. Под ред. проф. Салищева К.А. – М.: Мысль, 1980. – 224с.
21. Математические методы в географии. Голиков А.П., Черванев И.Г., Трофимов А.М. – Х.: Вища шк., Изд-во при Харьк. ун-те, 1986. – 144с.
22. Математические методы в географии/ Ю.Р. Архипов[и др.]. – Казань: Изд-во Казанского университета, 1976.
23. Пузаченко Ю. Г. Математические методы в экологических и географических исследованиях: учеб. пособие/ Ю. Г. Пузаченко. – М.: Академия, 2004.
24. Тикунов В. С. Моделирование в картографии/ В. С. Тикунов. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997.
25. Толковый словарь английских геологических терминов. М.: Мир. Т. 1—3. 1717 страниц; 1977 - 1979 г.
26. Третьяков А.С. Статистические методы в прикладных географических исследованиях: Учебно-методическое пособие. Научный редактор: проф. И.Г. Черванев – Х.: Шрифт, 2004. – 96 с.
27. Ушаков Д.Н. Толковый словарь Ушакова. / Ушаков Д.Н. 1935-1940.
28. Цыкин Р.А. Отложения и полезные ископаемые карста. / Цыкин Р.А. - Новосибирск: Наука, 1985. 267 с
29. Чертко Н.К. Математические методы в физической географии: Учеб. Пособие для геогр. спец. Вузов. / Чертко Н.К. – Мн.: изд-во «Университетское», 1987. – 151 с.
30. Чикишев А.Г. Пещеры на территории СССР. / Чикишев А.Г. – М.: Наука, 1973. – 136 с.
31. Чикишев А.Г. Районирование карста СССР. / Чикишев А.Г. – М.: Наука, 1978. – 190 с.
32. Шукин И.С. Четырехязычный энциклопедический словарь терминов по физической географии./ Шукин И.С. - М.: Сов. энциклопедия, 1980. 703 с.
33. Birol M. Vocabulaire geomorphologique Russe-Francais.P., 1976. 106 p.
34. Burcham J. Learning about caves; how caves are formed. Journey into amazing caves. Project Underground. [http://www.amazingcaves.com/learn\\_formed.html](http://www.amazingcaves.com/learn_formed.html). Retrieved September 8, 2009.
35. Champion Reef Mine shaft. - Wikipedia, the free encyclopedia // <[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Champion\\_Reef\\_Mine\\_shaft.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Champion_Reef_Mine_shaft.jpg)>
36. Courbon P., Chabert Cl. Atlas des grandes cavites mondiales. Paris: La Garde, 1986. 225 p.
37. Courbon, Paul et al. Atlas of The Great Caves of the World, Cave Books, St. Louis, 1989. 368 p.
38. East Rand Proprietary Mines. - Wikipedia, the free encyclopedia // <[http://en.wikipedia.org/wiki/East\\_Rand\\_Mine](http://en.wikipedia.org/wiki/East_Rand_Mine)>
39. Ford D. Genetic classification of solutional cave systems // Proc. 7th Intern. Speleol. Congr. Sheffield, 1977. P. 189—192.
40. Ford D.C. and Williams P.F. 1989. Karst Geomorphology and Hydrology . Unwin Hyman: London, 601pp.
41. Giovanni Badino. Le Grotte. BOLETÍN INFORMATIVO DE LA COMISIÓN DE GEOSPELEOLOGÍA Federación Espeleológica de América Latina y el Caribe -FEALC-Geospeleology Commission Newsletter, Speleological Federation of Latin America and the Caribbean No. 26, Abril 2002
42. International speleology 1973 : abstracts of papers submitted to the 6th International Congress of Speleology, 1973, Olomouc, Czechoslovakia

43. Lexicon of cave and karst terminology with special respect to environmental karst hydrology. (2002) 214 p. EPA, Washington.
44. Martel E.A. Nouveau traite des eaux souterraines. Paris, 1921. O. Doin. In-8, 838 p., 382 figures
45. Middleton, J., & Waltham, T., 1986, The underground atlas, a gazetteer of the world's cave regions: Robert Hale Ltd., UK, 239 p
46. Monkhouse F. A dictionary of geography. L., 1970. 344 p.
47. NSS GEO2 committee on long and deep caves. - [http://www.caverbob.com/Speiaologisches Fachworterbuch](http://www.caverbob.com/Speiaologisches_Fachworterbuch). Wien. 1965;
48. Tau Tona Mine. - Wikipedia, the free encyclopedia // <http://en.wikipedia.org/wiki/TauTona>
49. Trimmel H. Liste des grottes les plus longues du monde. Commission des grottes les plus longues et des gouffres les plus profondes du monde. Circulaire N 1, Document 4, UIS, Wien, 1966.

**Самохин Г.В. Поняття про «найглибшу карстову печеру» / Г.В. Самохин // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського. Серія: Географічні науки. – 2014. – Т.27 (66), №2. – С. 172-185.**

В роботі дан короткий аналіз поняття «печера» і «найглибша печера». Проведена аналогія застосування даних понять в гірничій справі при категоризованні глибоких штучних шахт. Проведений статистичний аналіз морфометричних показників карстових порожнин масиву Арабіка дозволив визначити порогові критерії для глибоких і найглибших печер розглянутого регіону.

На масиві Арабіка 6 печер подолали 3-сігмовий поріг. Печера Крубера, подолавши 8σ межа показала, що вона є елементом більш глобальної планетарної статистичної системи. Дано теоретичне обґрунтування понять «глибока» і «найглибша печера».

**Ключові слова:** Найглибша печера, карст, печера Крубера, масив Арабіка, статистичний аналіз.

## CONCEPT OF “DEEPEST KARST CAVES”

*Samokhin GV*

*Taurida National V. I. Vernadsky University, Simferopol, Crimea Republic, Russia*

*E-mail: gen-samokhin@yandex.ru*

In article the short analysis of the concept "cave" and "the deepest cave" is given. Considering caves as the complete geographical phenomenon, as their minimum sizes the underground space is accepted by the available to the person, filled air or water provided that value of depth [length] is on much big, than diameter of an entrance.

In the mining industry morphometric classification of underground objects held a firm place. In article criteria deep and over deep mines on mining are specified. Categories of the deepest artificial mines are carried out by the principle of complexity of engineering arrangement, mountain conditions, the applied methods of mining and functioning of mines. In allocation of category of the deepest natural karst caves except a complex geological structure, other principles applicable in mining don't approach.

Today from hundreds of thousands of known caves only 1600 are longer 3000 meters and about 1000 have depth over 300 meters. In world practice these parameters are accepted as the lower limits for "large caves". As a result of wide-ranging speleological studies of the last decades and accumulation of big databases on many karst regions of the World, opening of new deep karst cavities, there was a possibility of application of statistical methods. The carried-out statistical analysis of morphometric indicators of karst cavities of the massif Arabica allowed to determine threshold criteria for deep and the deepest caves of the considered region by a mean square deviation [sigma]. Caves which morphometric indicators exceed depth of 851 meter [three-sigmovy threshold], we can

carry to the geographical phenomena which aren't keeping within in it is general statistical data. The conditional threshold accepted by us for allocation of the deepest caves in 1000 meters is reasonable not only from the point of view of geomorphological anomaly, but also from a position of mathematical statistics. On the massif Arabica 6 caves to the answering these criteria are located.

Kruber's cave, having overcome  $8\sigma$  a limit showed that it is an element of more global planetary statistical system. At data processing on caves less than 300 meters which are in a deep interval application of three – a sigmovy limit is low-informative. We define caves of "considerable", "small" and "the smallest" depth relying on world experience and using one-sigmovy threshold.

Theoretical justification of the concepts "deep" and "the deepest cave" is given.

The karst caves, morphometric indicators which overcame three-sigmovy threshold possess qualitatively new morphological, genetic, microclimatic, sedimentological and other features of underground spaces and the karst massifs accomodating them.

The way of allocation of "large" and "the largest" karst caves potentially contains possibility of detection of special characteristics of cave systems which will demand change in techniques of the first exploration, the description and tactics of research of this class of caves.

**Keywords:** *The deepest cave, karst, Krubera cave, massif Arabica, statistical analysis*

#### References

1. Barkov A.S. The dictionary reference on physical geography. / A.S. Barkov; M.: Uchpedgiz, 1954. 304p.
2. BSE — the Big Soviet encyclopedia. 3rd prod. 1969-1975. T. 1-30.
3. Vakhrushev B.A. Karst geomorphogenesis of the Crimean-Caucasian mountain and karst region. Thesis of the doctor geography sciences. / Vakhrushev B.A. - Simferopol, 2004. – 494 pages.
4. Gvozdetsky N.A. Karst. The largest karst cavities. / Gvozdetsky N.A. - p. 210 — 218, 1954.
5. Mountain encyclopedia. — M.: Soviet encyclopedia. / (Under the editorship of E.A. Kozlowski). 1984 — 1991.
6. Dobrovolsky M.N. Short data on the largest caves of Central Siberia / Dobrovolsky M.N.-//Caves. – Perm, 1965. – Number 5(6). – Page 56-64.
7. Dublyansky V.N. New data on a deep karst of the Mountain Crimea. - Dublyansky V.N. - Caves, Number 5 (6), Perm, 1965
8. Dublyansky V.N. The largest karst caves and USSR mines. / (Dublyansky V.N., Ilyukhin V.V.) M.: Science, 1982. 136 pages.
9. Dublyansky V.N. Terminologiya of speleology. / Dublyansky V.N., Andreychuk V. N. – Kungur, 1991. – 180 pages.
10. Zaytsev I.K. Questions of studying of a karst of the USSR. / Zaytsev I.K. - M.: Gosgeolizdat, 1940, 231 pages.
11. What karst cavities to consider the largest. / Brashnina I. A. News of a karstovedeniye and speleology, № 2, M., 1961.
12. Klimchuk A.B. The concept of the cave and some problematic questions of theoretical caving //Physical geography and geomorphology. / Klimchuk A.B. – Kiev, 1985. – Number 32. – Page.
13. Large karst cavities of the USSR. T. III. Speleoprovintion Big and Lesser Caucasus / (Dublyansky V. N., Klimchuk A.B., Kiselyov V. E. Vakhrushev B. A. etc.)-// The geological magazine. – Kiev, 1987. – 260 pages - Depp. In VINITI 06.01087, No. 1112-B 87.
14. Large karst cavities of the USSR. T.II. Crimean speleologichecky province / (Dublyansky V. N., Vakhrushev B.A., Klimchuk A.B., Kiselyov V.E.)-// The geological magazine. – Kiev, 1987. – 65 pages - Depp. in VINITI. 06.01087, No. 1111-B 87.

15. Maksimovich G.A. of 35 Longest caves of the World. / Maksimovich G. A. - Caves, Number 6 (7), Perm, 1965 Максимович Г. А. Крупнейшая пещера Европы. / Максимович Г. А. - «Природа», № 12, , 1957. - стр. 114
16. Maksimovich G.A. The largest cave of Europe. / Maksimovich G. A. - // Nature, № 12, 1957. - p. 114
17. Maksimovich G.A. Most large karst caves. / Maksimovich G.A. - // Karst of the Perm Area, Perm, 1958 - p. 65 — 76.
18. Maksimovich G.A. Hundred largest karst caves of the World. / Maksimovich G. A. - Caves, № 1, Perm, 1961.
19. Maruashvili L.I. Morphology the analysis of karst caves // Sketches on physical geography of Georgia. - / Maruashvili L.I. - Tbilisi: Metsniyereba, 1969. Page 5 — 84.
20. Mathematics-mapping modeling in Geography / Zhukov V.T., Serbenyuk S.N., Tikunov V.S. Under the editorship of the prof. Salishchev K.A. – M.: Mysl, 1980. – 224s.
21. Mathematical methods in geography. Golikov A.P., Chervanev I.G., Trofimov A.M. – X.: Vishcha school, Publishing house at Kharkov university, 1986. – 144p.
22. Mathematical methods in geography / Yu.R. Arkhipov (etc.). – Kazan: Publishing house of the Kazan university, 1976.
23. Puzachenko Yu.G. Mathematical methods in ecological and geographical researches: tutorial / Yu. G. Puzachenko. – M.: Academy, 2004.
24. Tikunov V.S. Modeling in cartography / V.S. Tikunov. – M.: Publishing house Moscow university, 1997.
25. Explanatory dictionary of English geological terms. M.: World. T. 1 — 3. 1717 pages; 1977 - 1979.
26. Tretyakov A.S. Statistical methods in applied geographical researches: Educational and methodical grant. Scientific editor: the prof. I.G. Chervanev – X.: Font, 2004. – 96 pages.
27. Ushakov D.N. Explanatory dictionary of Ushakov. / Ushakov D. N. 1935-1940.
28. Tsykin R. A. Deposits and minerals of a karst. / Tsykin R. A. - Novosibirsk: Science, 1985. 267 p.
29. Chertko N. K. Mathematical methods in physical geography: tutorial for geographical specialty Higher education institutions. / Chertko N. K. – Мн.: publishing house "University", 1987. – 151 pages.
30. Chikishev A.G. Caves in the territory of the USSR. / Chikishev A.G. – M.: Science, 1973. – 136 pages.
31. Chikishev A.G. Division into districts of a karst of the USSR. / Chikishev A.G. – M.: Science, 1978. – 190 pages.
32. Schukin I.S. The four-lingual encyclopedic dictionary of terms on a physical geography /Schukin I.S. - M.: Soviet Encyclopedia, 1980. 703 pages.
33. Birol M. Vocabulaire geomorphologique Russe-Francais.P., 1976. 106 p.
34. Burcham J. Learning about caves; how caves are formed. Journey into amazing caves. Project Underground. [http://www.amazingcaves.com/learn\\_formed.html](http://www.amazingcaves.com/learn_formed.html). Retrieved September 8, 2009.
35. Champion Reef Mine shaft. - Wikipedia, the free encyclopedia // <[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Champion\\_Reef\\_Mine\\_shaft.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Champion_Reef_Mine_shaft.jpg)>
36. Courbon P., Chabert Cl. Atlas des grandes cavites mondiales. Paris: La Garde, 1986. 225 p.
37. Courbon, Paul et al, Atlas of The Great Caves of the World, Cave Books, St. Louis, 1989. 368 p.
38. East Rand Proprietary Mines. - Wikipedia, the free encyclopedia // <[http://en.wikipedia.org/wiki/East\\_Rand\\_Mine](http://en.wikipedia.org/wiki/East_Rand_Mine)>
39. Ford D. Genetic classification of solution cave systems // Proc. 7th Intern. Speleol. Congr. Sheffield, 1977. P. 189—192.
40. Ford D.C. and Williams P.F. 1989. Karst Geomorphology and Hydrology . Unwin Hyman: London, 601pp.
41. Giovanni Badino. Le Grotte. BOLETÍN INFORMATIVO DE LA COMISIÓN DE GEOSPELEOLOGÍA Federación Espeleológica de América Latina y el Caribe -FEALC-Geospeleology Commission Newsletter, Speleological Federation of Latin America and the Caribbean No. 26, Abril 2002
42. International speleology 1973 : abstracts of papers submitted to the 6th International Congress of Speleology, 1973, Olomouc, Czechoslovakia
43. Lexicon of cave and karst terminology with special respect to environmental karst hydrology. (2002) 214 p. EPA, Washington.
44. Martel E.A. Nouveau traite des eaux souterraines. Paris, 1921. O. Doin. In-8, 838 p., 382 figures

## ПОНЯТИЕ О «ГЛУБОЧАЙШИХ КАРСТОВЫХ ПЕЩЕРАХ»

---

45. Middleton, J., & Waltham, T., 1986, The underground atlas, a gazetteer of the world's cave regions: Robert Hale Ltd., UK, 239 p
46. Monkhouse F. A dictionary of geography. L., 1970. 344 p.
47. NSS GEO2 committee on long and deep caves. - [http://www.caverbob.com/Speiaologisches Fachwörterbuch](http://www.caverbob.com/Speiaologisches_Fachwörterbuch). Wien. 1965;
48. Tau Tona Mine. - Wikipedia, the free encyclopedia // <http://en.wikipedia.org/wiki/TauTona>
49. Trimmel H. Liste des grottes les plus longues du monde. Commission des grottes les plus longues et des gouffres les plus profondes du monde. Circulaire N 1, Document 4, UIS, Wien, 1966.

*Поступила в редакцию 20.11.2014 г.*