

6. Ильин А. Н., Капустин А. П., Коган И. А., Попов И. В., Прозорова Н. А., Саваренский И. А., Чихачев С. М. Карстовые явления в районе города Дзержинска Горьковской области. Тр. Лаб. гидрогеолог. проблем АН СССР, т. 32, 1960.

7. Короткевич Г. В. Скорость развития соляного карста. Тр. ВНИИГ, вып. 53, 1967.

8. Максимович Г. А. Некоторые особенности гидрогеологии карста. Методика изучения карста, вып. 6. Гидрогеология карста. Пермь, 1963.

9. Максимович Г. А. Основы карстоведения, т. 1. Пермь, 1963.

10. Огоноченко В. П. Опыт инженерно-геологических изысканий на закарстованном участке в горах Кузнецкого Ала-Тау. Тез. докл. совещ. по обобщению опыта научн. исслед. изысканий, проектирования, стр-ва и эксплуатации сооружений в р-нах распространения карста. Горький, 1965.

11. Родионов Н. В. Некоторые данные о скорости развития карста в карбонатных породах. Тр. Лаб. гидрогеолог. проблем АН СССР, т. VI, 1949.

12. Родионов Н. В. Инженерно-геологические исследования в карстовых районах. М., Госгеолтехиздат, 1958.

13. Родионов Н. В. Карстовые явления в верхнемеловых отложениях Центрально-Черноземных областей. Сб. «Общие вопр. карстоведения» М. Изд. АН СССР. 1962.

14. Родионов Н. В. Карстовые процессы. Справочник по инженерной геологии. М., «Недра». 1968.

15. Скворцов Г. Г. О скорости развития карста в гипсах. Вопр. изуч. подземн. вод и инженер.-геол. процессов М., Изд. АН СССР 1955.

16. Черняева К. П. Карст Северо-Западного Алтая. Томск, 1967

К. А. Горбунова

## МОРФОМЕТРИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАРБОНАТНОГО КАРСТА

(на примере бассейна среднего течения р. Усьвы)

При определении степени закарстованности территорий применяются различные морфометрические показатели: плотность, площадной коэффициент закарстованности, коэффициент карстовой денудации. Особенности поверхностной закарстованности четко отражаются на графиках соотношения величин диаметров и глубин воронок. И. А. Саваренский (5,6) рекомендует сос-

тавлять по данным массовых замеров кривые распределения воронок по величине их диаметров и глубин.

Все эти методы обычно применяются для оценки карста в сульфатных породах (1, 3, 4, 6). Автор на основании указанных показателей дала количественную оценку карбонатного карста Усьвинской части Кизеловско-Яйвинского карстового района (2). Территория, имеющая среднегорный рельеф, расположена по среднему течению р. Усьвы и расчленена ее притоками на меридионально вытянутые возвышенности. Здесь закарстованы карбонатные отложения (известняки, доломиты, доломитизированные известняки) девона, карбона и перми, переослаивающиеся со свитами и пачками некарстующихся пород. Породы смяты в складки и местами осложнены разрывными нарушениями. Толща пород в верхней зоне сильно трещиновата. Покровные отложения имеют небольшую мощность. Максимальная мощность четвертичных отложений на поверхности визейских известняков достигает 120 м.

Наиболее интенсивно закарстованы химически чистые визейские известняки (свита С<sub>1</sub> 2в), затем верхнекаменноугольные, в меньшей степени—верхнетурнейские и живетские известняки. Слабо закарстованы известняки верхнего девона, среднего карбона и перми, обладающие глинистостью, кремнистостью или битуминозностью.

Поверхностные формы карста представлены воронками, котловинами, суходолами, карстовыми и карстово-эрозионными логами. Они располагаются обычно меридиональными полосами, вытянутыми по простиранию пород или линий тектонических нарушений.

На площади около 200 км<sup>2</sup> зафиксировано 528 воронок. Большая часть из них (85,7%) расположена в логах и долинах, меньшая (14,3%)—на водоразделах. Около 84% воронок имеют диаметр не более 15 м, примерно 81%—с глубиной до 3 м. Наиболее крупные воронки с диаметром 30—90 м и глубиной 8—35 м встречаются только в долинах и логах (рис. 1).

На рис. 2 и 3 показано распределение воронок по величине их диаметров и глубин. Для сопоставления на графики нанесены кривые распределения 693 воронок в гипсах иренской свиты кунгурского яруса района пос. Полазна по замерам К. Г. Бутыриной (1) и 285 воронок в гипсах поповской свиты района

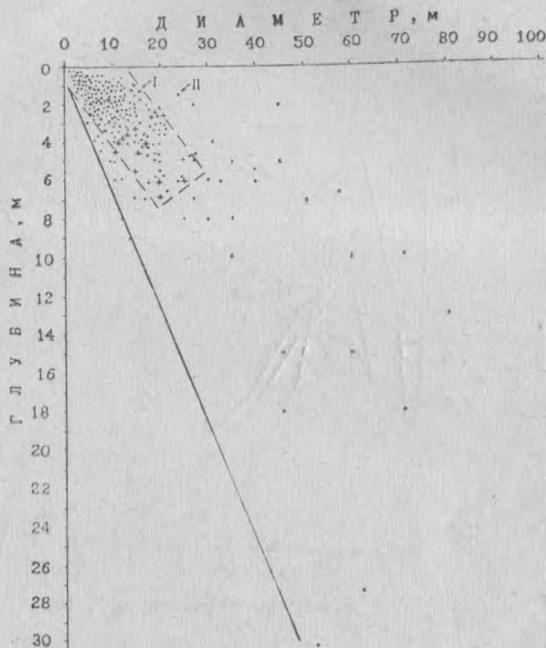


Рис. 1. График соотношения диаметров и глубин воронок Усвйинского района: I—воронки на водоразделе, II—в логах и долинах.

с. Кишерть—Посад (3). Карбонатный карст отличается меньшими размерами карстовых форм. Суммарные кривые распределения воронок по величине их диаметров и глубин для карбонатного карста сдвинуты влево относительно кривых для сульфатного карста (рис. 4).

Воронки преимущественно сухие, многие с действующими понорами. По форме они распределяются следующим образом: конусообразные—61%, блюдцеобразные—28%, чашеобразные—9% и сложные—2%. Средняя плотность воронок для площади распространения карбонатных пород, определенной по геологической карте, составляет около 3,8 в/км<sup>2</sup>, для визейских известняков она достигает 6 в/км<sup>2</sup>. На визейские известняки приходится

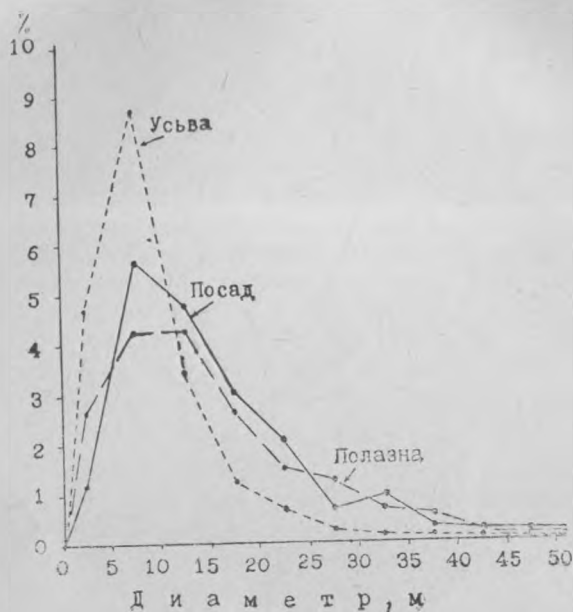


Рис. 2 Графики распределения карстовых воронок по величине их диаметров для карбонатного (Усьва) и сульфатного (Полазна, Посад) карста, построенные по методу И. А. Саваренского

ся 67% от всего количества воронок, на известняки среднего и верхнего карбона—30%, турнейского яруса, среднего и верхнего девона—3%.

При суммарной площади воронок, равной  $0,1 \text{ км}^2$ , и площади карбонатных пород  $140 \text{ км}^2$ , площадной коэффициент закарстованности составляет 0,07%. Коэффициент карстовой денудации вычислен путем деления суммарного объема воронок, равного  $0,001 \text{ км}^3$ , на площадь  $140 \text{ км}^2$  (причем за объем воронки условно принимается произведение ее площади на глубину). Он составляет всего 0,7 см. Для отдельных сильно закарстованных полей эти показатели возрастают.

Приведенные средние показатели для карбонатного карста значительно меньше, чем для сульфатного (табл.)

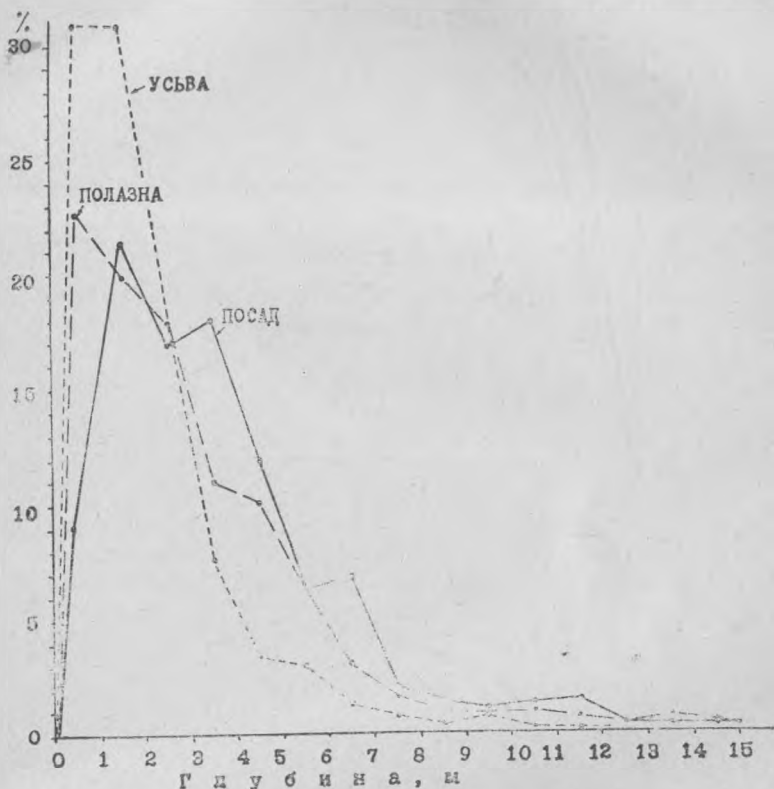


Рис. 3. Графики распределения карстовых воронок по глубине.

Показатели закарстованности карбонатного и сульфатного карста

Таблица

Участок	P, в/км <sup>2</sup>	K <sub>s</sub> , %	K <sub>d</sub> , см
Усьва, карбонатный	3,8	0,07	0,7
Ключи, сульфатный	27—117	2,7—8,1	7—50

Малые средние показатели закарстованности карбонатного карста по сравнению с сульфатным еще не указывают на слабую активность его проявления. Для данного района характерна высокая активность карста в локальных линейно вытянутых зонах. Показателем интенсивности современного карста является

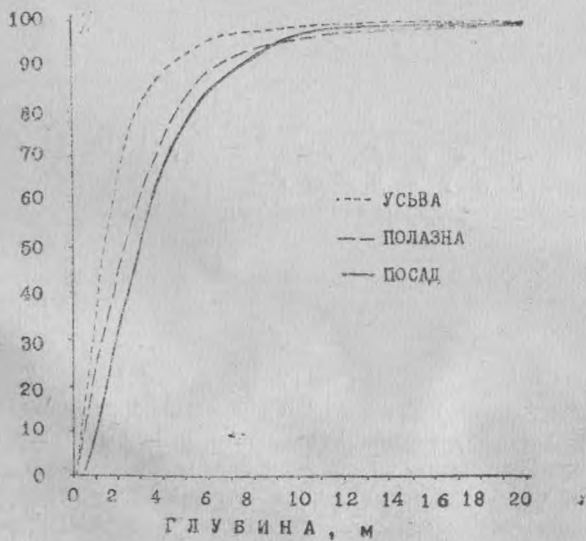
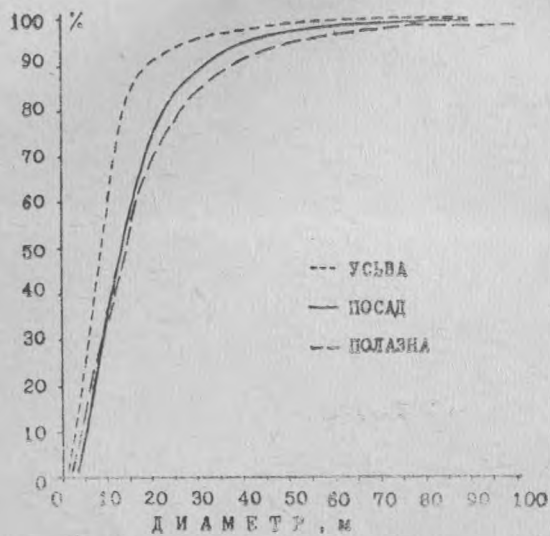


Рис. 4. Суммарные кривые распределения карстовых воронок по величине их диаметров и глубин.

ся отношение диаметра воронок к их глубине. Для Усьвинского района это отношение достигает 1,6 (рис. 1).

Таким образом, различные показатели закарстованности отражают не только морфометрические особенности карста, но и направление течения процесса (затухание или активизацию).

Дальнейшей задачей является установление связей между значениями различных показателей закарстованности и разработка на этой основе инженерно-геологической оценки карстовых территорий по морфометрическим показателям.

Институт карстоведения и спелеологии

### ЛИТЕРАТУРА

1. Бутырина К. Г. Карстовые явления окрестностей поселка Полазна Добрянского района Пермской области. Уч. зап. Пермск. ун-та, т. XXI, в. 3, 1962.
2. Горбунова К. А. Карстовые районы Пермской области. Докл. 4 Всеуральск. совещ. по геогр. районир. Пермь, 1958.
3. Горбунова К. А. Особенности гипсового карста. Пермь, 1965.
4. Максимович Г. А. Основы карстоведения, т. I, Пермь, 1963.
5. Рекомендации по инженерно-геологическим изысканиям и оценке территорий для промышленного и гражданского строительства в карстовых районах СССР, М., 1967.
6. Саваренский И. А. Инженерно-геологическая оценка карстовых явлений в районе г. Дзержинска. Тр. Лабор. гидрогеол. проблем, т. 47, 1962.

В. С. Лукин

### УСЛОВИЯ И ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КУНГУРСКОЙ ПЕЩЕРЫ

Представляет ли Кунгурская пещера явление, типичное для карста в сульфатных породах или, наоборот, редкое—такой вопрос в литературе не рассматривался и даже не ставился. Между тем, решение указанного вопроса имеет не только теоретический интерес, но и практическое значение для инженерных расчетов.

Кунгурская пещера, располагающаяся в глубине платообразной возвышенности—Ледяной горы, на площади 0,25 кв. км, имеет общее протяжение разведанных галерей 5,6 км, их объем—100 000 м<sup>3</sup>. Некоторые гроты достигают 40—60 м в ширину при высоте обвальных сводов до 20 м. В сводах пещеры насчитывается более 130 цилиндрических каналов—«органных труб» с поперечными размерами до 3—10 м.