

ПЛОТНОСТЬ ВОРОНОК И ПЕЩЕР КАРСТОВЫХ РАЙОНОВ ПЕРМСКОЙ ОБЛАСТИ

В Пермской области на территории более 30 тысяч км², там где вблизи поверхности залегают известняки и доломиты, гипсы и ангидриты, а также каменная соль, развиты карстовые явления. Площади отдельных районов, возраст и литология карстующихся пород различны.

В карстовой провинции Приуральской части Русской платформы в пределах Пермской области карстовая область Уфимского вала, где карстуются нижнепермские карбонатные отложения, занимает площадь 800 км². Три района, где карстуются преимущественно кунгурские гипсы и ангидриты и в меньшей степени карбонатные отложения, обладают следующими территориями: Полазнинско-Шалашинский – 1100, Сылвинский – 1700 и Кунгурско-Иренский – 5700 км². Закарстованная площадь этой провинции 9300 км², из которых на карст гипсов и ангидритов падает 8500 км².

В карстовой провинции Предуральского краевого прогиба в южной части Северо-Уральской или Печорской карстовой области Колво-Вишерский район гипсового, а местами и соляного карста нижнепермских отложений обладает площадью 800 км². В находящемся южнее Ксенофоновско-Ныробском районе гипсов и частично известняков карстуются нижнепермские и более древние палеозойские отложения на территории 550 км².

В Соликамской области соляного и гипсового карста нижнепермских отложений закарстовано 4050 км². Кроме того по восточному крылу имеется небольшой участок карста гипса площадью около 100 км².

В Сылвинской области гипсового и соляного карста ниже-пермских отложений, приуроченной к южной части Уфимско-Соликамской впадины, выделено несколько карстовых районов. По западному крылу впадины наблюдаются районы преобладания карста гипсов и ангидритов: Сергинцово-Долгушинский – 850 км² и Кишертско-Суксунский – 500 км², а по восточному крылу – участки: Кордонский – 100, Чусовской – 150 и Косьвинский – 100 км². В осевой части области находится Тулумбасско-Тисовский район карста гипсов, залегающих в песчано-глинистой толще, – 550 км². Всего в карстовой провинции Предуральского краевого прогиба закарстовано 7550 км², из которых на карст гипсов приходится 2350, соли и гипсов – 4850, гипсов и известняков – 550 км².

Карстовая провинция внешней складчатой зоны Урала характеризуется развитием карбонатных отложений девона, карбона и нижней перми на площади 12950 км². Средневишерский район занимает 5700, Яйвинско-Кизеловский – 4500 и Пашийско-Чусовской – 2900 км².

Карстовая провинция краевых поднятий складчатого Урала отличается слабой закарстованностью метаморфизированных карбонатных отложений ордовика и силура, развитых на площади 1600 км². Верхневишерский район занимает 1000 и Тыпыло-Кыринский – 600 км².*

В Пермской области по четырем основным провинциям закарстовано:

Карстовая провинция	Количество районов (участков)	Закарстованная площадь в км ²				
		карбонатн. отл.	гипсов и карб. отлож.	гипсов	гипсов и соли	всего
Приуральская	4	800	–	8500	–	9300
Предуральского прогиба	10	–	550	2350	4850	7750
Внешнего Урала	3	12950	–	–	–	12950
Краевых поднятий Урала	2	1600	–	–	–	1600
Всего	19	15350	550	10850	4850	31600
%%		48,58	1,74	34,33	15,35	100

Таким образом, около половины закарстованной территории Пермской области характеризуется карстом карбонатных отложений, около трети – карстом гипсов и, примерно, одна шестая – карстом соли и гипса.

Количество и плотность карстовых воронок. Нами уже указывалось, что на закарстованной площади Пермской области имеется около 200 тысяч карстовых воронок различного происхождения (Г. А. Максимович, К. А. Горбунова, 1958). Работами Пермского университета с 1946 года зарегистрировано, замерено и нанесено на детальные карты 17,7 тысячи карстовых воронок. Предстоит еще большая работа по дальнейшей карстовой съемке остальных и учету работ других организаций.

По отдельным карстовым районам разными исследователями зарегистрировано следующее количество воронок (табл. 1).

Количество карстовых воронок приходящихся на 1 км² называется плотностью. Плотность зависит от многих факторов: карстующейся породы и ее состава, характера и мощности покровных отложений, тектоники и трещиноватости, длительности карстообразования, стадии развития карста, размера воронок, климата и, в частности, количества, характера выпадения осадков, температуры, рельефа и других. Влияние на плотность геоморфологических условий показала Л. В. Голубева (1953), углов наклона поверхности – Д. С. Соколов (1948), покровных отложений – А. Ф. Якушова (1948), литологического состава карстующихся пород – Л. Г. Резникова (1959).

Плотность карстовых воронок и других поверхностных форм различна (табл. 1). Плотность карстовых воронок изменяется в широких пределах: от 1000 до 0,01 и меньше на 1 км². Это позволяет подразделить карстовые области, районы, участки или поля на 6 классов плотности, которые нами выделены по десятичной системе.

* В 1960 г. территория, на которой находится Тыпыло-Кыринский карстовый район, передана в состав Свердловской области.

Количество карстовых воронок, изученных Пермским университетом в Пермской области

Карстовый район, участок	Исследователь	Количест. воронок	Занимаемая площадь км ²	Литературный источник
Полазнинско-Шалашинский р.				
Чусовская стрелка	К. А. Горбунова	850	50	К. А. Горбунова (1956)
Полазнинский у.	К. Г. Бутырина	1386	18,3	
Сылвинско Сергинский р.				
Кочebaхтинский у.	Ю. А. Власов	1514	173,4	
Кунгурско-Иренский р.				
Нижнеиренский у.	Л. В. Голубева	1156	65	Л. В. Голубева (1953)
Среднеиренский у.	Л. В. Голубева	7459	30	Л. В. Голубева (1953)
Уфимский вал				
Заповедник Предуралье	Л. В. Голубева	700	65	Л. В. Голубева (1953)
Кишертско-Суксунский р.				
Березовский у.	К. А. Горбунова	600		
Кишертский у.		204	41	К. А. Горбунова (1957)
Средний у.		600		
Ключевской у.		530	5,5	К. А. Горбунова (1959)
Кордонский р.	К. А. Горбунова	50	–	
Яйвинско-Кизеловский р.				
Кизеловский у.	Л. С. Кузнецова	1764	395	Л. С. Кузнецова (1960)
Губахинский у.	Е. А. Кротова	359	–	Е. А. Кротова (1956)
Усьвинский у.	К. А. Горбунова	528	200	К. А. Горбунова (1955)
		17700		

Классификация карстовых территорий по степени плотности форм

Класс	Степень плотности	Плотность-количество воронок (форм) на 1 км ²	Примеры карстовых участков
1	большая	> 100	Среднеиренский (282)
2	значительная	100–10	Ключевской (96), Полазнинский (76), Нижнеиренский (17,7), Чусовская стрелка (17), Заповедник (11)
3	небольшая	10–1	Кочebaхтинский (8,7), Кишертский (5), Кизеловский (4,5), Усьвинский (2,5)
4	малая	1–0,1	
5	незначительная	0,1–0,01	
6	ничтожная	< 0,01	

Для отдельных полей карстовых воронок плотность их еще больше. К. А. Горбунова (1959) для Ключевского участка указывает цифру 386, на Кизеловском карстовом участке, где средняя плотность всего 4,5, для отдельных карстовых полей по Л. С. Кузнецовой (1960) она составляет: 250, 100, 33, 23, 9 и т. д. По устному сообщению К. Г. Бутыриной для отдельных полей Полазнинского участка в пересчете на 1 км² плотность превышает даже 1000 воронок. Однако эта огромная плотность сравнительно редкое явление, которое наблюдается для гипсового карста. При подсчете же для всего карстового участка плотность карстовых воронок обычно меньше тысячи, поэтому в приведенной классификации мы за первый класс принимаем плотность более 100.

Закарстованность поверхности отдельных территорий более точно характеризует коэффициент, предложенный Л. В. Голубевой (1953). К сожалению, его пока очень редко вычисляют и потому в литературе появилось мало данных.

В Кишертско-Суксунском карстовом районе на Ключевском участке для четырех карстовых полей К. А. Горбунова (1959) определила следующее:

Карстовое поле	Площадь его, км ²	Количество карстовых воронок	Плотность, П	Коэффициент закарстованности площади в %
I	1,24	164	132	–
II	2,84	101	35	–
III	1,12	111	99	4,8
IV	0,37	143	386	29
	5,57	519	93,2	–

Плотность и густота карстовых пещер Пермской области. Количество карстовых пещер, приходящееся на 1000 км² площади, автор называет плотностью. В карстовых районах СССР и зарубежных имеются кадастры пещер, а иногда подсчитана их общая протяженность. Для характеристики подземной закарстованности автор предлагает также определять густоту (удельную протяженность) пещер. Густота пещер L это общая длина всех пещерных ходов, приходящихся на 1000 км² площади карстующихся пород. Там, где эта площадь не определена, вместо L приходится пока пользоваться L_0 . Эта длина подземных ходов, отнесенная ко всей площади данной природной, административной области или страны.

Рассмотрим количество и густоту пещер по отдельным карстовым районам Пермской области. Для этого вначале приведем известные нам данные о карстовых пещерах и их протяженности (Г. А. Максимович 1947, 1960).

В Приуральской карстовой провинции в Нижнечусовском спелеологическом районе в гипсах известно шесть пещер, имеющих следующее протяжение в метрах: Куликовская ледяная – 45, Куликовская теплая – 58,

Гармоновская – 65, Белой горы – 15, Соколий камень (10)¹, Сиролова гора (10) или всего около 203 м или в среднем 33,9 м.

В Нижнесысывинском спелеологическом районе имеется более девяти пещер. Укажем следующие с протяжением в м: Дырихинская – 60, Челпанская – (10), Андроновская ледяная – 50, Кладбищенская – 8, Мечкинская – 270, Зуятская – 900² Осиновская – 22, Пермско-Сергинская 1-я – 25, Пермско-Сергинская 2-я – 40 или всего 1385 м или в среднем 153,9 м.

В Кунгурско-Иренском спелеологическом районе описаны пещеры с протяжением в м: Подкаменная – 37, Жилинская – 17, Бабкинская – (10), Иренская – 50, Заиренская – 42, Пиликикская – 80, Штопор – (10), Басинская – (10), 1-я Сухореченская (10), 2-я Сухореченская – (10), Кунгурская ледяная – 4600, Тураевская – (10), Пономаревская–185, Ключиковская – 23, Нижнемихайловская–140, Дмитриевская – 95, Капельная – 30, Павловская – 10, Уинская – 150, Богомолова – 26, Шавкуновская – (10), Ергачская – (10), Степановская – (10), Комаровская ледяная – (10), Дубининская – (10), Судинская – 15 или всего 26 пещер протяжением 5610 м или в среднем 215,7 м.

В карстовой области Уфимского вала в рифовых известняках по р. Сылве известно 5 маленьких пещер протяженностью 20 м. Длина пещеры в Пещерном логе 4, а в Белом камне по р. Иргине (10) м. Общее протяжение этих 7 небольших пещер 34 м или в среднем около 5 м.

В карстовой провинции Предуральского прогиба в Кишертско-Суксунском районе в известняках горы Кленовой есть небольшая пещера длиной 10 м, а в гипсах Мазуевская 65 и Бурцевская? (10) м. Всего 3 пещеры общим протяжением около 85 м или в среднем 28,5 м.

В Полудовском спелеологическом районе находится Дивья пещера протяжением 1,3 км.

В карстовой провинции внешней складчатой зоны в палеозойских известняках имеется много пещер. В Яйвинском спелеологическом районе после работ студентов-спелеологов, исследовавших район в 1960 г., известно сейчас не 16 (Г. А. Максимович, 1947), а 27 пещер, имеющих следующее протяжение в м: 1-я Чикманская – 20, 2-я Чикманская – 12, 3-я Чикманская – 8, Крестовая – 10, Долгого камня – 30, Долгого камня – 15, Тихого камня – 140, Соколиного камня – 30, 1-я Махневская – 40, 2-я Махневская – 90, 3-я Махневская – 80, Большая Махневская – 570, Четвертая Махневская – 10, 5-я Махневская – 15, 6-я Махневская – 7, 1-я Нижнеерзовская – 35; 2-я Нижнеерзовская – 6,5, Копижная – 70, 1-я Чаньвенская – 30, 2-я Чаньвеиская – 10, 3-я Чаньвенская – 18, 4-я Чаньвенская – 5, 5-я Чаньвенская – 5, 1-я Костянская – 17, 2-я Костанская – 7, 3-я Костанская – 4, 4-я Костанская – 2,5 или всего 1287 м, что дает в среднем 47,6 м.

В Кизеловском спелеологическом районе пещеры имеют протяжение в м: Кизеловская – 800, Кизеловская Медвежья – 200, Поньльская – (10), Наклонная – 130, Губахинская – 270, Мариинская – 200, Труда – (10), Ладейная – 105, Безгодковская – 135, Желтый грот – 26, Столбовские – (10). Эти 11 пещер имеют общее протяжение 1896 м или в среднем 172,4 м.

В Пашийско-Чусовском спелеологическом районе известны следующие пещеры протяжением в м: Пашийская – 377, Дыроватские – (10), Койвенская – (10), Печка – 50, Боюн – (10), Ледяная Глухая – (10), Глухая – 150, Гребешок – 30, Шесть Опокинских – (50), Ермак – (90). Всего 15 пещер общим протяжением около 787 м или в среднем 52,4 м.

В Средневишерском районе пещеры плохо изучены. Можно упомянуть Акчимскую – (5), Писанного камня – 62, Бушменевскую – (8) общим протяжением около 75 м.

В карстовой провинции краевых поднятий пещеры в известняках ордовика и силура почти не изучены. Отметим в Верхневишерском карстовом районе Велсинскую пещеру протяжением 170 м.

Указанные пещеры, по предложенной автором морфометрической классификации (Г. А. Максимович, 1958), распределяются следующим образом:

Большие	Значительные	Небольшие	Малые	Всего
>1 км	1000–250 м	250–10 м	< 10 м	
2	6	87	14	109
% 1,83	5,51	79,81	12,85	100 %

Количество малых пещер вероятно больше, так как для многих, длина которых точно неизвестна, мы для подсчета указывали примерную протяженность 10 м. Таких пещер 23 из 87. Часть из них после более детальных исследований будет отнесена к категории малых. Эти пещеры ждут своих исследователей.

По десятичной классификации пещер по протяженности – мы будем иметь такое их распределение: больше 1000 м – 2, 1000 – 100 м – 17, 100 – 10 м – 76, меньше 10 м – 14.

Сводные данные о плотности и густоте карстовых пещер по районам приведены в табл.2.

¹ В скобках примерная протяженность пещер, указанная при отсутствии точных данных.

² Данные А. В. Турышева.

Таблица 2.

Плотность и густота пещер Пермской области

№№ п. п.	Район (название)	Карстующиеся породы		Площадь, км ²	Пещеры					
		литология	возраст		колич.	общая длина, м	средняя длина, м	колич. пещер длиннее 100 м	плотность на 1000 км ²	густота (протяжение) на 1000 км ²
1	Нижнечусовской	Гипс	P _I	1100	6	203	33,9	нет	5,5	185
2	Нижнесылвинский	Гипс	P _I	1700	9	1385	153,9	2	5,3	815,9
3	Кунгурско-Иренский	Гипс	P _I	5760	26	5610	215,7	4	4,7	964
4	Уфимский вал	Карбонат	P _I	800	7	34	5	нет	0,9	42,5
5	Кишертско-Суксунский	Изв. и гипс	P _I	500	3	85	28,3	нет	6	170
6	Полудовский	Изв.	P	550	1	1300	1300	1	2	2363,0
7	Яйвинско-Кизеловский	Изв.	C	4350	38	3183	83,7	9	8,7	708,7
8	Пашийско-Чусовской	Изв.	D, C	2900	15	787	52,4	2	5,1	271,4
9	Средневишерский	Изв.	C	5700	3	75	25	нет	0,5	13,1
10	Верхневишерский	Изв.	O, S	1000	1	170	170	1	1	170
Всего				24300	109	12832	117,7	19	4,5	519,6

Всего в Пермской области учтено на 1 января 1961 г. 109 пещер общей протяженностью 12 832 м. Из них длиною более 100 м обладают пещеры:

1. Кунгурская ледяная	4600	11. Пономаревская	185
2. Дивья	1300	12. Велсинская	170
3. Зуятская	900	13. Уинская	150
4. Кизеловская	800	14. Глухая	150
5. Б. Махневская	570	15. Тихого камня	140
6. Пашийская	377	16. Нижнемихайловская	140
7. Мечкинская	270	17. Безгодовская	135
8. Губахинская	270	18. Наклонная	130
9. Маринская	200	19. Ладейная	105
10. Кизеловская медв.	200		10 792 м

Общая длина этих 19 пещер 10792 м или 84,1 % протяженности всех пещер Пермской области. На остальные 90 пещер приходится всего 2040 м или в среднем 22,6 м. Средняя же длина всех пещер Пермской области 117,7 м.

Сопоставление с опубликованными ранее цифрами (Г. А. Максимович, 1960) дает:

На какое число	Количество пещер		Протяженность пещер		Среди, длина пещер		Средняя плотность	Густота
	всего	>100 м	всего	>100 м	всех	<100 м		
1. 1. 1960	104	14	11000	8858	106	23	3,5	366
1. 1. 1961	109	19	12832	10792	117,7	22,6	4,5	519,6

За 1960 год протяжение изученных пещер увеличилось на 1832 м. При этом уточнены размеры ранее известных и открыто несколько новых. В результате количество пещер, имеющих длину более 100 м, возросло на 5, а их протяжение увеличилось с 8858 до 10792 м. Это связано с уточнением размеров Зуятской пещеры, длина ходов которой по данным А. В. Турышева не 200, а 900 м. Студентами-спелеологами Пермского университета В. С. Васюковым, В. М. Шумковым и другими открыты Большая Махневская пещера длиною 570 м и Наклонная – 130 м.

Увеличение плотности и густоты обусловлено не только ростом количества и общей протяженности известных подземных полостей, но и отнесением их не ко всей закарстованной площади Пермской области, а только к той, где имеются пещеры.

Плотность и густота пещер в других карстовых областях и районах. Интересно сопоставить данные, полученные по Пермской области, с вычисленными нами цифрами плотности и густоты пещер по другим карстовым областям и районам (табл. 3).

Приведенные цифры плотности и густоты пещер зависят не только от подземной закарстованности, но и от изученности и, в частности, от состояния их кадастра. В Польше, Венгрии, Чехословакии, где учет и картографирование пещер поставлены хорошо, эти данные более точны. В других странах и областях они, по большей части, приблизительны. По некоторым странам автору пришлось ограничиться сведениями об очень небольших карстовых районах (Румыния, Испания, Япония).

Пещеры образуются в различных гидродинамических зонах карстовых вод (Г. А. Максимович, 1952). Наиболее доступны для изучения пещеры районов с расчлененным рельефом. При надлежащей регистрации здесь, особенно на небольших закарстованных участках, цифры плотности и густоты пещер наибольшие. Так плотность пещер более 1000 на 1000 км² установлена в Чешской карстовой провинции (1782), Краковско-Ченстоховском карстовом районе в Польше (5000), районе Рамалес в Испании (1300) и Акиеси в Японии (4400).

Плотность и густота пещер разных районов

№№ п. п.	Страна, область, район	Площадь, тыс. км ²		Количество пещер		Протяженность карстовых пещер в км	Плотность пещер на 1000 км ²	Густота пещер в м на 1000 км ²	
		общая	карст	всего	карстовых			L _о	L
1	Пермская область		24,3*	130	110	12,83	4,5		519,6
2	Эстонская карст, область	25	3,3	–	15	0,15–0,2	4,5	6–8	45–61
3	Чатырдаг	–	0,04	–	5	0,285	125	–	7125
4	Болгария	110,8	–	440	–	–	4	–	–
5	Венгрия	93	5–6	–	718	50,55	119–143	543	8425–10110
6	Румыния, к. р. Пуи	–	0,04	–	7	2,5	175	–	62500
7	Чешская карстовая провинция	–	0,266	–	474	20,55	1782	–	77256
8	Словацкая карстов, провинция	–	1,455	–	260	39,9	183,5		27422
9	Польша, Краковско-Ченстоховская карстовая область	–	0,1	–	500	–	5000	–	–
10	Нидзьянская к. о.	–	0,2	–	14	0,474	70	–	2370
11	Нижняя Австрия и Вена	19,6	–	–	692*	–	35,8	–	–
12	Рамалес, Испания	–	0,01	–	13	4,5	1300	–	450000
13	Акиеси, Япония		0,045	–	200	> 1	4400	–	>2020
14	Пенсильвания, США	117,4	–	272	–	–	2,3	–	–

Густота пещер более 10 км на 1000 км² имеет место в Чешской карстовой провинции – 77,2, Словацкой карстовой провинции – 27,4 и небольших карстовых районах Пуи в Румынии – 62,5 и Рамалес в Испании – 450 км на 1000 км²

ЛИТЕРАТУРА

- Голубева Л. В. О плотности карстовых воронок в различных геоморфологических условиях. Доклады АН СССР, т. 90, № 1, стр. 79–81, 1953.
- Горбунова К. А. Карстово-эрозионные долины Усвинского района. Кизеловского каменноугольного бассейна. Ученые зап. Пермского университета, т. 9, вып. 1, стр. 85–100, 1955.
- Горбунова К. А. Карст приустьевой части реки Чусовой в зоне затопления Камской ГЭС. Ученые записки Пермского университета, т. 10, вып. 2, стр. 59–70, 1956.
- Горбунова К. А. Геоморфология окрестностей с. Усть-Кишерть Пермской области. Ученые записки Пермского университета, т. 11, вып. 2, стр. 59–70, 1958.
- Горбунова К. А. К характеристике Ключевского участка Кишертьско-Суксунского карстового района. Доклады геологического факультета. Ученые зап. Пермского университета, т. 14, вып. 1, стр. 9–13, 1959.
- Кротова Е. А. К геоморфологической характеристике Губахинского района Кизеловского каменноугольного бассейна. Ученые зап. Пермского университета, т. 10, вып. 2, стр. 127–141, 1956.
- Кузнецова Л. С. Некоторые особенности образования полей карстовых воронок в Кизеловском районе. Зап. Пермского отд. Географического о-ва Союза ССР, вып. 1, стр. 145–148, 1960.
- Максимович Г. А. Спелеографический очерк Пермской области Спелеологический бюллетень № 1, стр. 5–42, 1947.
- Максимович Г. А. Опыт районирования карста Чехословакии. Доклады геологического факультета. Уч. зап. Пермского ун-та, т. 14, вып. 1, стр. 3–8, 1959.
- Максимович Г. А. Спелеологическое районирование Пермской области. Доклады 5 Всеуральского совещания по географии и охране природы Урала, стр. 1–4, 1960.
- Максимович Г. А., Голубева Л. В. Генетические типы карстовых воронок. Доклады АН СССР, т. 87, № 4, стр. 653–655, 1952.
- Максимович Г. А., Горбунова К. А. Карст Пермской области, г. Пермь, 1958.
- Резникова Л. Г. Верхнеюрские известняки Караби-Яйлы и характер их закарстованности. Геол. журнал, т. 19, № 2, стр. 42–63, Киев, 1959.
- Соколов Д. С. Влияние крутизны поверхности на распределение карстовых воронок. Природа, № I, стр. 56, 1948.
- Якутова А. Ф. О защитной роли покровных образований в карстовых процессах. Тр. лаборатории гидрогеологических проблем АН СССР, т. III, стр. 348–352, 1948.

* Только закарстованная, где есть пещеры.

* С шахтами

Г. А. Максимович

ПЛОТНОСТЬ ВОРОНОК И ПЕЩЕР КАРСТОВЫХ РАЙОНОВ ПЕРМСКОЙ ОБЛАСТИ

В Пермской области на территории более 30 тысяч км^2 , там где вблизи поверхности залегают известняки и доломиты, гипсы и ангидриты, а также каменная соль, развиты карстовые явления. Площади отдельных районов, возраст и литология карстующихся пород различны.

В карстовой провинции Приуральской части Русской платформы в пределах Пермской области карстовая область Уфимского вала, где карстуются нижнепермские карбонатные отложения, занимает площадь 800 км^2 . Три района, где карстуются преимущественно кунгурские гипсы и ангидриты и в меньшей степени карбонатные отложения, обладают следующими территориями: Полазнинско-Шалашнинский — 1100, Сылвинский — 1700 и Кунгурско-Иренский — 5700 км^2 . Закарстованная площадь этой провинции 9300 км^2 , из которых на карст гипсов и ангидритов падает 8500 км^2 .

В карстовой провинции Предуральского краевого прогиба в южной части Северо-Уральской или Печорской карстовой области Колво-Вишерский район гипсового, а местами и соляного карста нижнепермских отложений обладает площадью 800 км^2 . В находящемся южнее Ксенофоновско-Ныробском районе гипсов и частично известняков карстуются нижнепермские и более древние палеозойские отложения на территории 550 км^2 .

В Соликамской области соляного и гипсового карста нижнепермских отложений закарстовано 4050 км^2 . Кроме того по восточному крылу имеется небольшой участок карста гипса площадью около 100 км^2 .

В Сылвинской области гипсового и соляного карста нижнепермских отложений, приуроченной к южной части Уфимско-Соликамской впадины, выделено несколько карстовых районов. По западному крылу впадины наблюдаются районы преобладания карста гипсов и ангидритов: Сергинцово-Долгушинский — 850 км^2 и Кишертско-Суксунский — 500 км^2 , а по восточному крылу — участки: Кордонский — 100, Чусовской — 150 и Косьвинский — 100 км^2 . В осевой части области находится Тулумбасско-Тисовский район карста гипсов, залегающих в песчано-глинистой толще, — 550 км^2 . Всего в карстовой провинции Предуральского краевого прогиба

закарстовано 7550 км², из которых на карст гипсов приходится 2350, соли и гипсов — 4850, гипсов и известняков—550 км².

Карстовая провинция внешней складчатой зоны Урала характеризуется развитием карбонатных отложений девона, карбона и нижней перми на площади 12950 км². Средневишерский район занимает 5700, Яйвинско-Кизеловский—4500 и Пашийско-Чусовской — 2900 км².

Карстовая провинция краевых поднятий складчатого Урала отличается слабой закарстованностью метаморфизированных карбонатных отложений ордовика и силура, развитых на площади 1600 км². Верхневишерский район занимает 1000 и Тыпыло-Кыринский — 600 км².*

В Пермской области по четырем основным провинциям закарстовано:

Карстовая провинция	Количество районов (участков)	Закарстованная площадь в км ²				
		карбонатн. отл.	гипсов и карб. отлож.	гипсов	гипсов и соли	всего
Приуральская	4	800	—	8500	—	9300
Предуральского прогиба	10	—	550	2350	4850	7750
Внешнего Урала	3	12950	—	—	—	12950
Краевых поднятий Урала	2	1600	—	—	—	1600
Всего . . .	19	15350	550	10850	4850	31600
‰ ‰		48,58	1,74	34,33	15,35	100

Таким образом, около половины закарстованной территории Пермской области характеризуется карстом карбонатных отложений, около трети—карстом гипсов и, примерно, одна шестая—карстом соли и гипса.

Количество и плотность карстовых воронок. Нами уже указывалось, что на закарстованной площади Пермской области имеется около 200 тысяч карстовых воронок различного происхождения (Г. А. Максимович, К. А. Горбунова, 1958). Работами Пермского университета с 1946 года зарегистрировано, замерено и нанесено на детальные карты 17,7 тысячи карстовых воронок. Предстоит еще большая работа по дальнейшей карстовой съемке остальных и учету работ других организаций.

По отдельным карстовым районам разными исследователями зарегистрировано следующее количество воронок (табл. 1).

* В 1960 г. территория, на которой находится Тыпыло-Кыринский карстовый район, передана в состав Свердловской области.

Таблица 1

Количество карстовых воронок, изученных Пермским университетом в Пермской области

Карстовый район, участок	Исследователь	Количество воронок	Занимаемая площадь км ²	Литературный источник
Полазнинско-Шалашинский р. Чусовская стрелка	К. А. Горбунова	850	50	К. А. Горбунова (1956)
Полазнинский у.	К. Г. Бутырина	1386	18,3	
Сылвинско-Сергинский р. Кочебахтинский у.	Ю. А. Власов	1514	173,4	
Кунгурско-Иренский р.				
Нижнеиренский у.	Л. В. Голубева	1156	65	Л. В. Голубева (1953)
Среднеиренский у.	Л. В. Голубева	7459	30	Л. В. Голубева (1953)
Уфимский вал				
Заповедник Предуралья	Л. В. Голубева	700	65	Л. В. Голубева (1953)
Кишертско-Суксунский р.				
Березовский у.	К. А. Горбунова	600	—	
Кишертский у.		204	41	К. А. Горбунова (1957)
Средний у.		600		
Ключевской у.		530	5,5	К. А. Горбунова (1959)
Кордонский р.	К. А. Горбунова	50	—	
Яйвинско-Кизеловский р.				
Кизеловский у.	Л. С. Кузнецова	1764	395	Л. С. Кузнецова (1960)
Губахинский у.	Е. А. Кротова	359	—	Е. А. Кротова (1956)
Усьвинский у.	К. А. Горбунова	528	200	К. А. Горбунова (1955)
		17700		

Количество карстовых воронок, приходящихся на 1 км² называется плотностью. Плотность зависит от многих факторов: карстующейся породы и ее состава, характера и мощности по-

кровных отложений, тектоники и трещиноватости, длительности карстообразования, стадии развития карста, размера воронок, климата и, в частности, количества, характера выпадения осадков, температуры, рельефа и других. Влияние на плотность геоморфологических условий показала Л. В. Голубева (1953), углов наклона поверхности — Д. С. Соколов (1948), покровных отложений — А. Ф. Якушова (1948), литологического состава карстующихся пород — Л. Г. Резникова (1959).

Плотность карстовых воронок и других поверхностных форм различна (табл. 1). Плотность карстовых воронок изменяется в широких пределах: от 1000 до 0,01 и меньше на 1 км². Это позволяет подразделить карстовые области, районы, участки или поля на 6 классов плотности, которые нами выделены по десятичной системе.

Классификация карстовых территорий по степени плотности форм

Класс	Степень плотности	Плотность-количество воронок (форм) на 1 км ²	Примеры карстовых участков
1	большая	> 100	Среднеиренский (282)
2	значительная	100—10	Ключевской (96), Полазнинский (76), Нижнеиренский (17,7), Чусовская стрелка (17), Заповедник (11)
3	небольшая	10—1	Кочебахтинский (8,7), Кисертский (5), Кизеловский (4,5), Усьвинский (2,5)
4	малая	1—0,1	
5	незначительная	0,1—0,01	
6	ничтожная	< 0,01	

Для отдельных полей карстовых воронок плотность их еще больше. К. А. Горбунова (1959) для Ключевского участка указывает цифру 386, на Кизеловском карстовом участке, где средняя плотность всего 4,5, для отдельных карстовых полей по Л. С. Кузнецовой (1960) она составляет: 250, 100, 33, 23, 9 и т. д. По устному сообщению К. Г. Бутыриной для отдельных полей Полазнинского участка в пересчете на 1 км² плотность превышает даже 1000 воронок. Однако эта огромная плотность сравнительно редкое явление, которое наблюдается для гипсового карста. При подсчете же для всего карстового участка плотность карстовых воронок обычно меньше тысячи, поэтому в приведенной классификации мы за первый класс принимаем плотность более 100.

Закарстованность поверхности отдельных территорий более точно характеризует коэффициент, предложенный Л. В. Голубевой (1953). К сожалению, его пока очень редко вычисляют и потому в литературе появилось мало данных.

В Кишертско-Суксунском карстовом районе на Ключевском участке для четырех карстовых полей К. А. Горбунова (1959) определила следующее:

Карстовое поле	Площадь его, км ²	Количество карстовых воронок	Плотность П	Коэффициент закарстованности площади в ‰
I	1,24	164	132	—
II	2,84	101	35	—
III	1,12	111	99	4,8
IV	0,37	143	386	29
	5,57	519	93,2	—

Плотность и густота карстовых пещер Пермской области. Количество карстовых пещер, приходящееся на 1000 км² площади, автор называет плотностью. В карстовых районах СССР и зарубежных имеются кадастры пещер, а иногда подсчитана их общая протяженность. Для характеристики подземной закарстованности автор предлагает также определять густоту (удельную протяженность) пещер. Густота пещер L это общая длина всех пещерных ходов, приходящихся на 1000 км² площади карстующихся пород. Там, где эта площадь не определена, вместо L приходится пока пользоваться L_0 . Эта длина подземных ходов, отнесенная ко всей площади данной природной, административной области или страны.

Рассмотрим количество и густоту пещер по отдельным карстовым районам Пермской области. Для этого вначале приведем известные нам данные о карстовых пещерах и их протяженности (Г. А. Максимович 1947, 1960).

В Приуральской карстовой провинции в Нижнечусовском спелеологическом районе в гипсах известно шесть пещер, имеющих следующее протяжение в метрах: Куликовская ледяная — 45, Куликовская теплая — 58, Гармоновская — 65, Белой горы — 15, Соколий камень (10)¹, Сиролова гора (10) или всего около 203 м или в среднем 33,9 м.

¹ В скобках примерная протяженность пещер, указанная при отсутствии точных данных.

В Нижнесыльвинском спелеологическом районе имеется более девяти пещер. Укажем следующие с протяжением в м: Дырихинская — 60, Челпанская — (10), Андроновская ледяная — 50, Кладбищенская — 8, Мечкинская — 270, Зуятская — 900¹, * Осиновская — 22, Пермско-Сергинская 1-я — 25, Пермско-Сергинская 2-я — 40 или всего 1385 м или в среднем 153,9 м.

В Кунгурско-Иренском спелеологическом районе описаны пещеры с протяжением в м: Подкаменная — 37, Жилинская — 17, Бабкинская — (10), Иренская — 50, Заиренская — 42, Пиликинская — 80, Штопор — (10), Басинская — (10), 1-я Сухореченская — (10), 2-я Сухореченская — (10), Кунгурская ледяная — 4600, Тураевская — (10), Пономаревская — 185, Ключиковская — 23, Нижнемихайловская — 140, Дмитриевская — 95, Капельная — 30, Павловская — 10, Уинская — 150, Богомоллова — 26, Шавкуновская — (10), Ергачская — (10), Степановская — (10), Комаровская ледяная — (10), Дубининская — (10), Судинская — 15 или всего 26 пещер протяжением 5610 м или в среднем 215,7 м.

В карстовой области Уфимского вала в рифовых известняках по р. Сылве известно 5 маленьких пещер протяженностью 20 м. Длина пещеры в Пещерном логе 4, а в Белом камне по р. Иргине (10) м. Общее протяжение этих 7 небольших пещер 34 м или в среднем около 5 м.

В карстовой провинции Предуральяского прогиба в Кишертско-Суксунском районе в известняках горы Кленовой есть небольшая пещера длиной 10 м, а в гипсах Мазуевская 65 и Бурцевская? (10) м. Всего 3 пещеры общим протяжением около 85 м или в среднем 28,3 м.

В Полюдовском спелеологическом районе находится Дивья пещера протяжением 1,3 км.

В карстовой провинции внешней складчатой зоны в палеозойских известняках имеется много пещер. В Яйвинском спелеологическом районе после работ студентов-спелеологов, исследовавших район в 1960 г., известно сейчас не 16 (Г. А. Максимович, 1947), а 27 пещер, имеющих следующее протяжение в м: 1-я Чикманская — 20, 2-я Чикманская — 12, 3-я Чикманская — 8, Крестовая — 10, Долгого камня — 30, Долгого камня — 15, Тихого камня — 140, Соколиного камня — 30, 1-я Махневская — 40, 2-я Махневская — 90, 3-я Махневская — 80, Большая Махневская — 570, Четвертая Махневская — 10, 5-я Махневская — 15, 6-я Махневская — 7, 1-я Нижнеерзовская — 35, 2-я Нижнеерзовская — 6,5, Копижная — 70, 1-я Чаньвенская — 30, 2-я Чаньвенская — 10, 3-я Чаньвенская — 18, 4-я Чаньвенская — 5, 5-я Чаньвенская — 5,

* Данные А. В. Турышева.

1-я Костанская — 17, 2-я Костанская — 7, 3-я Костанская — 4, 4-я Костанская — 2,5 или всего 1287 м, что дает в среднем 47,6 м.

В Кизеловском спелеологическом районе пещеры имеют протяжение в м: Кизеловская — 800, Кизеловская Медвежья — 200, Поньльская — (10), Наклонная — 130, Губахинская — 270, Мариинская — 200, Труда — (10), Ладейная — 105, Безгодовская — 135, Желтый грот — 26, Столбовские — (10). Эти 11 пещер имеют общее протяжение 1896 м или в среднем 172,4 м.

В Пашийско-Чусовском спелеологическом районе известны следующие пещеры протяжением в м: Пашийская — 377, Дыроватские — (10), Койвенская — (10), Печка — 50, Боюн — (10), Ледяная Глухая — (10), Глухая — 150, Гребешок — 30, Шесть Опокинских — (50), Ермак — (90). Всего 15 пещер общим протяжением около 787 м или в среднем 52,4 м.

В Средневишерском районе пещеры плохо изучены. Можно упомянуть Акчимскую — (5), Писанного камня — 62, Бушменевскую — (8) общим протяжением около 75 м.

В карстовой провинции краевых поднятий пещеры в известняках ордовика и силура почти не изучены. Отметим в Верхневишерском карстовом районе Велсинскую пещеру протяжением 170 м.

Указанные пещеры, по предложенной автором морфометрической классификации (Г. А. Максимович, 1958), распределяются следующим образом:

Большие	Значительные	Небольшие	Малые	Всего
> 1 км	1000 — 250 м	250 — 10 м	< 10 м	
2	6	87	14	109
%% 1,83	5,51	79,81	12,85	100 %

Количество малых пещер вероятно больше, так как для многих, длина которых точно неизвестна, мы для подсчета указывали примерную протяженность 10 м. Таких пещер 23 из 87. Часть из них после более детальных исследований будет отнесена к категории малых. Эти пещеры ждут своих исследователей.

По десятичной классификации пещер по протяженности мы будем иметь такое их распределение: больше 1000 м — 2, 1000 — 100 м — 17, 100 — 10 м — 76, меньше 10 м — 14.

Сводные данные о плотности и густоте карстовых пещер по районам приведены в табл. 2.

Таблица 2.

Плотность и густота пещер Пермской области

№ п. п.	Район (название)	Карстующиеся породы		Площадь, км ²	Пещеры					
		литоло- гия	воз- раст		колич.	общая длина, м	средняя длина, м	колич. пе- щер длин- нее 100 м	плотность на 1000 км ²	густота (протяже- ние) на 1000 км ²
1	Нижнечусовской	Гипс	P ₁	1100	6	203	33,9	нет	5,5	185
2	Нижнесылвинский	Гипс	P ₁	1700	9	1385	153,9	2	5,3	815,9
3	Кунгурско-Иренский	Гипс	P ₁	5700	26	5610	215,7	4	4,7	964
4	Уфимский	Кар- бонат	P ₁	800	7	34	5	нет	0,9	42,5
5	Кишертско-Суксунский	Изв. и гипс	P ₁	500	3	85	28,3	нет	6	170
6	Полюдовский	Изв.	P	550	1	1300	1300	1	2	2363,6
7	Яйвинско-Кизеловский	Изв.	C	4350	38	3183	83,7	9	8,7	708,7
8	Пашийско-Чусовской	Изв.	D, C	2900	15	787	52,4	2	5,1	271,4
9	Средневишерский	Изв.	C	5700	3	75	25	нет	0,5	13,1
10	Верхневишерский	Изв.	O, S	1000	1	170	170	1	1	170
Всего . . .				24300	109	12832	117,7	19	4,5	519,6

Всего в Пермской области учтено на 1 января 1961 г. 109 пещер общей протяженностью 12832 м. Из них длиною более 100 м обладают пещеры:

1. Кунгурская ледяная — 4600	11. Пономаревская — 185
2. Дивья — 1300	12. Велсинская — 170
3. Зуятская — 900	13. Уинская — 150
4. Кизеловская — 800	14. Глухая — 150
5. Б. Махневская — 570	15. Тихого камня — 140
6. Пашийская — 377	16. Нижнемихайловская — 140
7. Мечкинская — 270	17. Безгодовская — 135
8. Губахинская — 270	18. Наклонная — 130
9. Мариинская — 200	19. Ладейная — 105
10. Кизеловская медв. — 200	10792 м

Общая длина этих 19 пещер 10792 м или 84,1 % протяженности всех пещер Пермской области. На остальные 90 пещер приходится всего 2040 м или в среднем 22,6 м. Средняя же длина всех пещер Пермской области 117,7 м.

Сопоставление с опубликованными ранее цифрами (Г. А. Максимович, 1960) дает:

На какое число	Количество пещер		Протяжен- ность пещер		Средн. длина пещер		Сред- няя плот- ность	Гус- тота
	всего	> 100 м	всего	> 100 м	всех	< 100 м		
1. 1. 1960	104	14	11000	8858	106	23	3,5	366
1. 1. 1961	109	19	12832	10792	117,7	22,6	4,5	519,6

За 1960 год протяжение изученных пещер увеличилось на 1832 м. При этом уточнены размеры ранее известных и открыто несколько новых. В результате количество пещер, имеющих длину более 100 м, возросло на 5, а их протяжение увеличилось с 8858 до 10792 м. Это связано с уточнением размеров Зуятской пещеры, длина ходов которой по данным А. В. Турышева не 200, а 900 м. Студентами-спелеологами Пермского университета В. С. Васюковым, В. М. Шумковым и другими открыты Большая Махневская пещера длиной 570 м и Наклонная — 130 м.

Увеличение плотности и густоты обусловлено не только ростом количества и общей протяженности известных подземных полостей, но и отношением их не ко всей закарстованной площади Пермской области, а только к той, где имеются пещеры.

Плотность и густота пещер в других карстовых областях и районах. Интересно сопоставить данные, полученные по Пермской области, с вычисленными нами цифрами плотности и густоты пещер по другим карстовым областям и районам (табл. 3).

Приведенные цифры плотности и густоты пещер зависят не только от подземной закарстованности, но и от изученности и, в частности, от состояния их кадастра. В Польше, Венгрии, Чехословакии, где учет и картографирование пещер поставлены хорошо, эти данные более точны. В других странах и областях они, по большей части, приблизительны. По некоторым странам автору пришлось ограничиться сведениями об очень небольших карстовых районах (Румыния, Испания, Япония).

Пещеры образуются в различных гидродинамических зонах карстовых вод (Г. А. Максимович, 1952). Наиболее доступны для изучения пещеры районов с расчлененным рельефом. При надлежащей регистрации здесь, особенно на небольших закарстованных участках, цифры плотности и густоты пещер наибольшие. Так плотность пещер более 1000 на 1000 км² установлена в Чешской карстовой провинции (1782), Краковско-Ченстоховском карстовом районе в Польше (5000), районе Рамалес в Испании (1300) и Акиеси в Японии (4400).

Таблица 3

Плотность и густота пещер разных районов

№ п. п.	Страна, область, район	Площадь, тыс. км ²		Количество пещер		Протя- женность карсто- вых пе- щер в км	Плотность пещер на 1000 км ²	Густота пещер в м на 1000 км ²	
		общая	карст	всего	кар- сто- вых			L ₀	L
1	Пермская область	—	24,3*	130	110	12,83	4,5	—	519,6
2	Эстонская карст. область	25	3,3	—	15	0,15—0,2	4,5	6—8	45—61
3	Чатырдаг	—	0,04	—	5	0,285	125	—	7125
4	Болгария	110,8	—	440	—	—	4	—	—
5	Венгрия	93	5—6	—	718	50,55	119—143	543	8425—10110
6	Румыния, к. р. Пуи	—	0,04	—	7	2,5	175	—	62500
7	Чешская карстовая провинция	—	0,266	—	474	20,55	1782	—	77256
8	Словацкая карстов. провинция	—	1,455	—	280	39,9	183,5	—	27422
9	Польша, Краковско-Ченсто- ховская карстовая область	—	0,1	—	500	—	5000	—	—
10	Нидзьянская к. о.	—	0,2	—	14	0,474	70	—	2370
11	Нижняя Австрия и Вена	19,6	—	—	692*	—	35,8	—	—
12	Рамалес, Испания	—	0,01	—	13	4,5	1300	—	450000
13	Акиеси, Япония	—	0,045	—	200	> 1	4400	—	> 2020
14	Пенсильвания, США	117,4	—	272	—	—	2,3	—	—

* Только закарстованная, где есть пещеры.

* С шахтами

Густота пещер более 10 км на 1000 км² имеет место в Чешской карстовой провинции—77,2, Словацкой карстовой провинции—27,4 и небольших карстовых районах Пуи в Румынии—62,5 и Рамалес в Испании—450 км на 1000 км²

ЛИТЕРАТУРА

Голубева Л. В. О плотности карстовых воронок в различных геоморфологических условиях. Доклады АН СССР, т. 90, № 1, стр. 79—81, 1953.

Горбунова К. А. Карстово-эрозионные долины Усьвинского района. Кизеловского каменноугольного бассейна. Ученые зап. Пермского университета, т. 9, вып. 1, стр. 85—100, 1955.

Горбунова К. А. Карст приустьевой части реки Чусовой в зоне затопления Камской ГЭС. Ученые записки Пермского университета, т. 10, вып. 2, стр. 59—70, 1956.

Горбунова К. А. Геоморфология окрестностей с. Усть-Кишерть Пермской области. Ученые записки Пермского университета, т. 11, вып. 2, стр. 59—70, 1956.

Горбунова К. А. К характеристике Ключевского участка Кишертско-Суксунского карстового района. Доклады геологического факультета. Ученые зап. Пермского университета, т. 14, вып. 1, стр. 9—13, 1959.

Кротова Е. А. К геоморфологической характеристике Губахинского района Кизеловского каменноугольного бассейна. Ученые зап. Пермского университета, т. 10, вып. 2, стр. 127—141, 1956.

Кузнецова Л. С. Некоторые особенности образования полей карстовых воронок в Кизеловском районе. Зап. Пермского отд. Географического о-ва Союза ССР, вып. 1, стр. 145—148, 1960.

Максимович Г. А. Спелеографический очерк Пермской области. Спелеологический бюллетень № 1, стр. 5—42, 1947.

Максимович Г. А. Опыт районирования карста Чехословакии. Доклады геологического факультета. Уч. зап. Пермского ун-та, т. 14, вып. 1, стр. 3—8, 1959.

Максимович Г. А. Спелеологическое районирование Пермской области. Доклады 5 Всеуральского совещания по географии и охране природы Урала. стр. 1—4, 1960.

Максимович Г. А., Голубева Л. В. Генетические типы карстовых воронок. Доклады АН СССР, т. 87, № 4, стр. 653—655, 1952.

Максимович Г. А., Горбунова К. А. Карст Пермской области. г. Пермь, 1958.

Резникова Л. Г. Верхнеюрские известняки Караби-Яйлы и характер их закарстованности. Геол. журнал, т. 19, № 2, стр. 42—63, Киев, 1959.

Соколов Д. С. Влияние крутизны поверхности на распределение карстовых воронок. Природа, № 1, стр. 56, 1948.

Якушова А. Ф. О защитной роли покровных образований в карстовых процессах. Тр. лаборатории гидрогеологических проблем АН СССР, т. III, стр. 348—352, 1948.