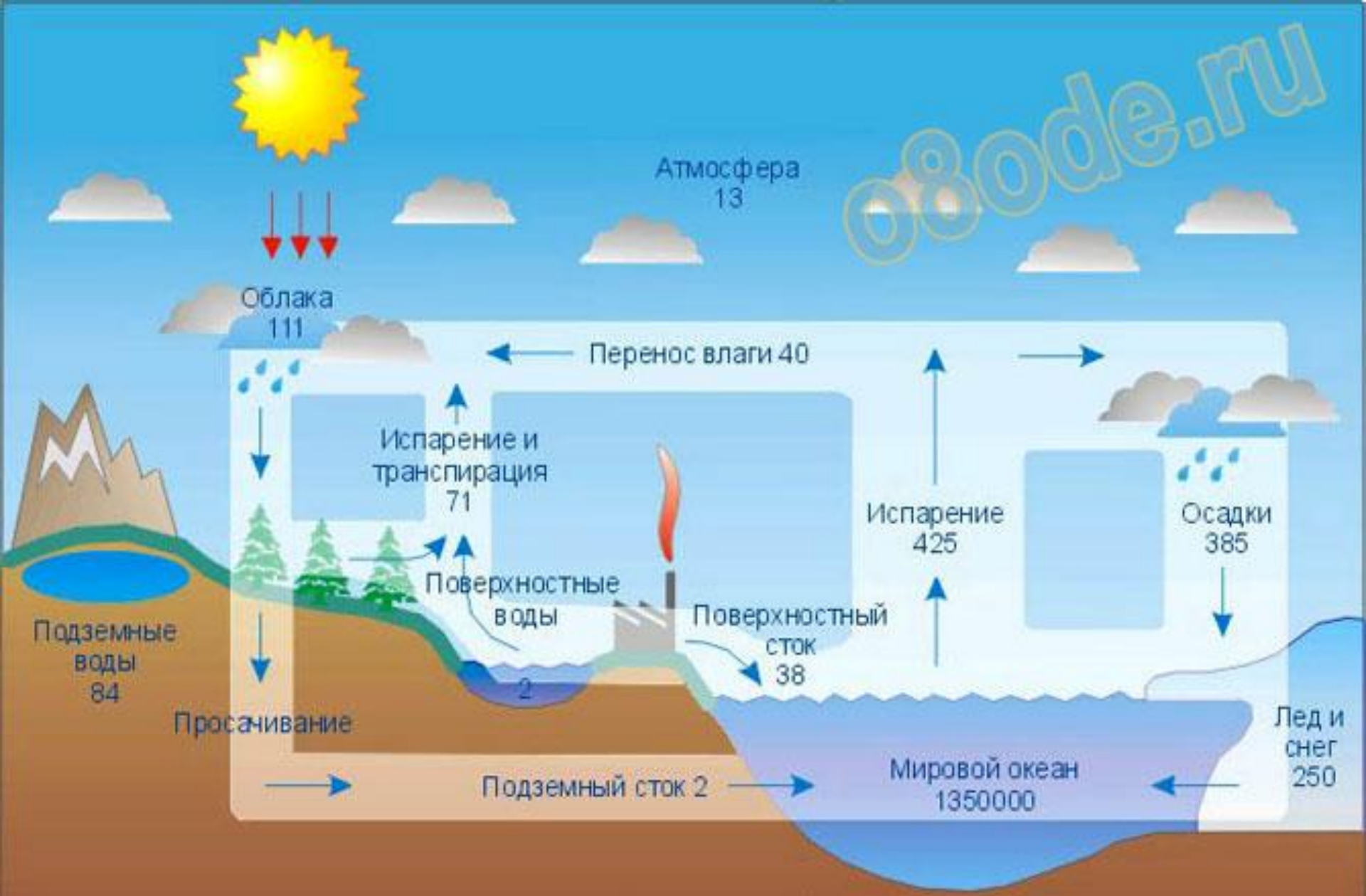




# Подземные воды



# Круговорот воды в природе (тыс. км<sup>3</sup>)

Источник: ВМО

# ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ

К подземным водам относятся вся вода, находящиеся в недрах Земли в жидком, парообразном и твердом состоянии и заполняющие поры, пустоты и трещины в горных породах

это воды, находящиеся в верхней (до глубины 12-16 км) части земной коры в жидком, твердом и парообразном состоянии.

**Подземные воды** – полезное ископаемое, особенно ценное своей возобновляемостью в естественных условиях и в процессе эксплуатации. Количество подземных вод оценивается их запасами.

# КЛАССИФИКАЦИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

1. По происхождению,
2. Физическому состоянию,
3. По характеру вмещающих грунтов,
4. Гидравлическим условиям,
5. Температуре,
6. Минерализации и химическому составу,
7. Характеру залегания.



# Подземные воды в России

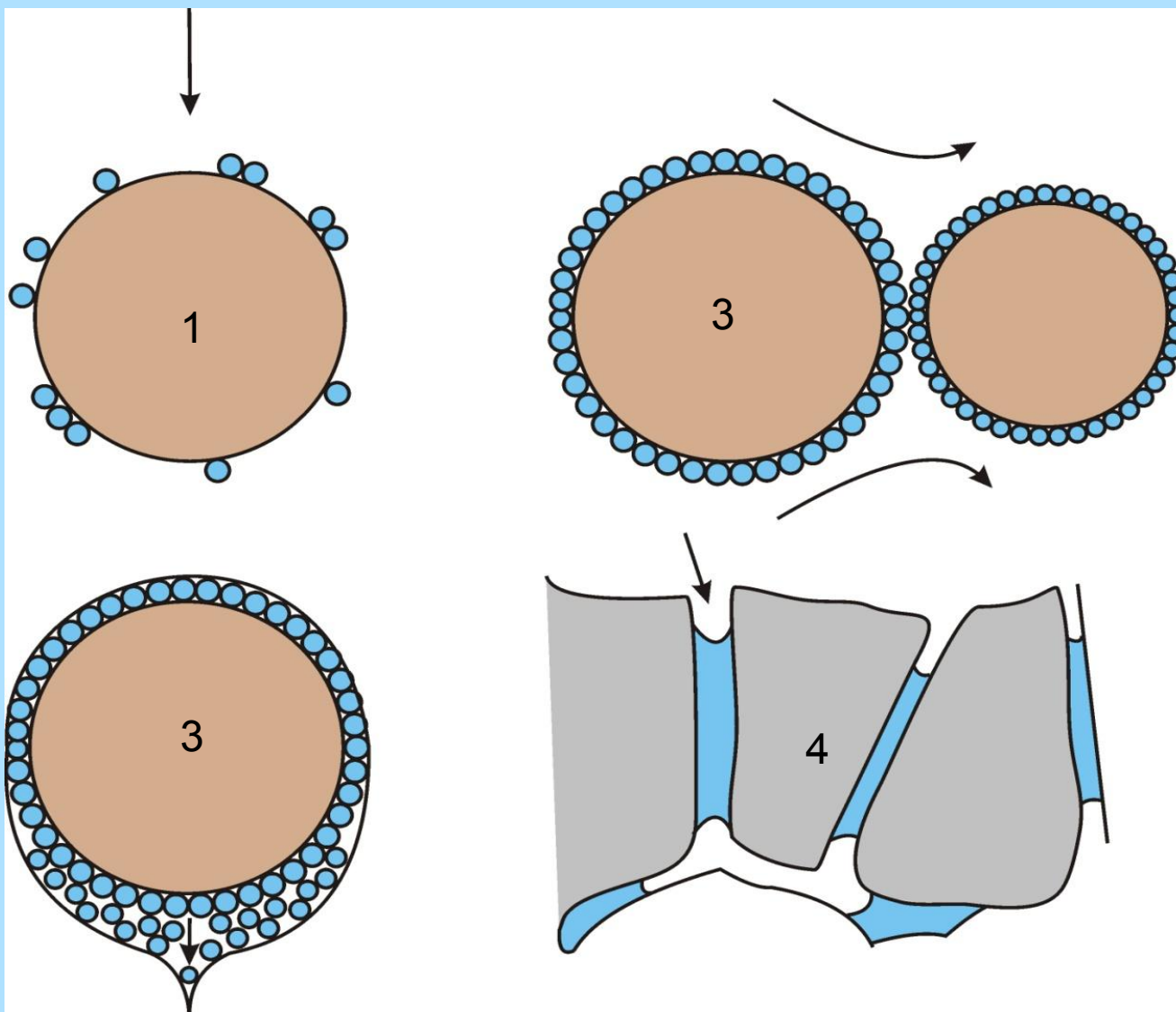
- Подземные воды распространены по всей территории России и являются одним из источников питания рек.
- Объем естественных ресурсов подземных вод оценивается в **787,5 км<sup>3</sup>/год**, статические запасы составляют **28 тыс. км<sup>3</sup>**.
- На территории России разведано **3367 месторождений подземных вод**, из них **эксплуатируется лишь 48%**. Эксплуатационные запасы разведанных месторождений составляют **28,5 км<sup>3</sup>/год**. Степень их использования в среднем по России не превышает **33%**
- **Суммарный отбор подземных вод составляет всего лишь 4,5%** от потенциальных эксплуатационных ресурсов (**около 230 км<sup>3</sup>/год**), т.е., несмотря на достаточно большие запасы пресных подземных вод, их использование остается невысоким.

# Формы нахождения воды в горных породах

Вода в горных породах может находиться в парообразном, твердом и жидком агрегатном - состоянии, в связанном виде - *кристаллизационная, конституционная, гигроскопическая, пленочная и капиллярная вода* и в свободном виде - *гравитационная (свободная) вода*.

Гравитационная вода может перемещаться и выполнять механическую и химическую работу.

# Формы нахождения воды<sup>2</sup> в горных породах



Виды воды: 1 – прочносвязанная (гигроскопическая), 2 – рыхлосвязанная (пленочная), 3 – капельно-жидкая (гравитационная), 4 – капиллярная.

# Происхождение подземных вод

## **Экзогенные:**

- **Инфильтрационные**, образованные в результате просачивания атмосферных осадков и вод рек, озер, морей и т.д. в толщу горных пород
- **Конденсационные**, образованные из влаги атмосферного влажного воздуха, проникающего в почву и горные породы, в результате; конденсации в порах пород
- **Седиментогенные**, образованные в результате захоронения вод бассейна осадконакопления вместе с осадками, высокоминерализованные и сильно измененные под влиянием давления и температуры



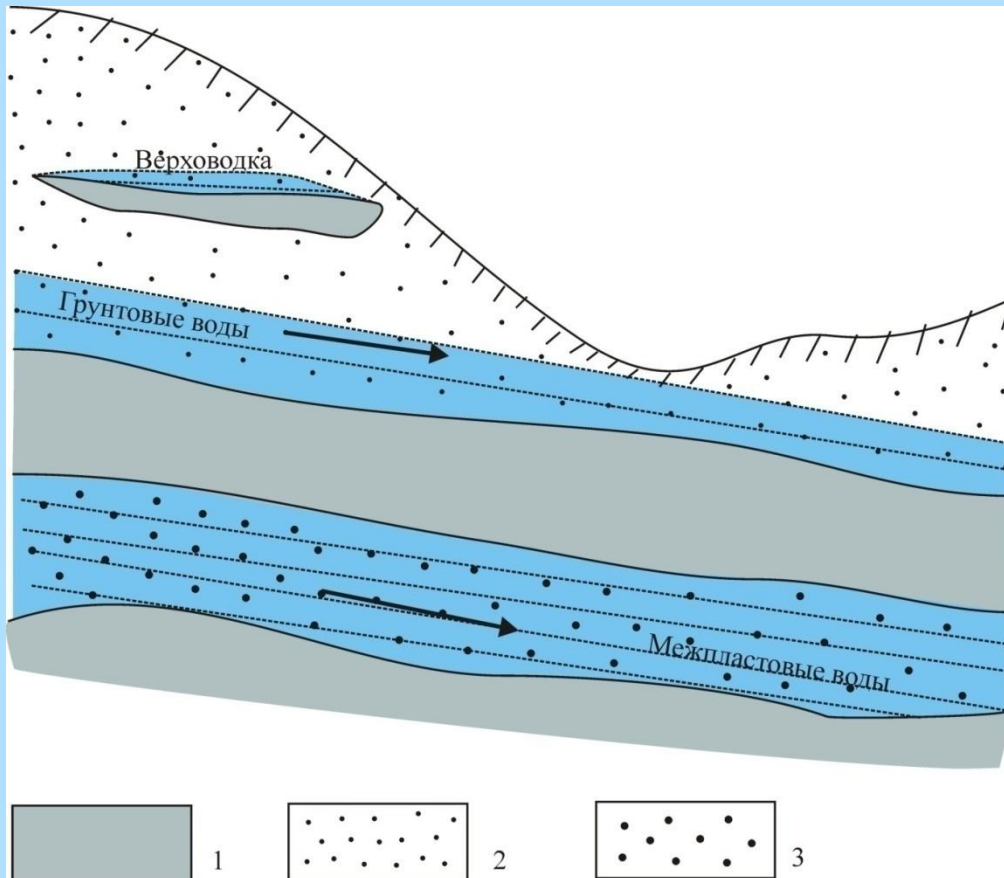
# Происхождение подземных вод

*Эндогенные :*

- **Метаморфогенные**, или **возражденные**, образованные в результате дегидратации под действием температуры и давления минералов, содержащих в своем составе воду.
- **Магматогенные**, или ювенильные, образованные в результате отделения от магмы паров воды



# Типы подземных вод по глубине залегания

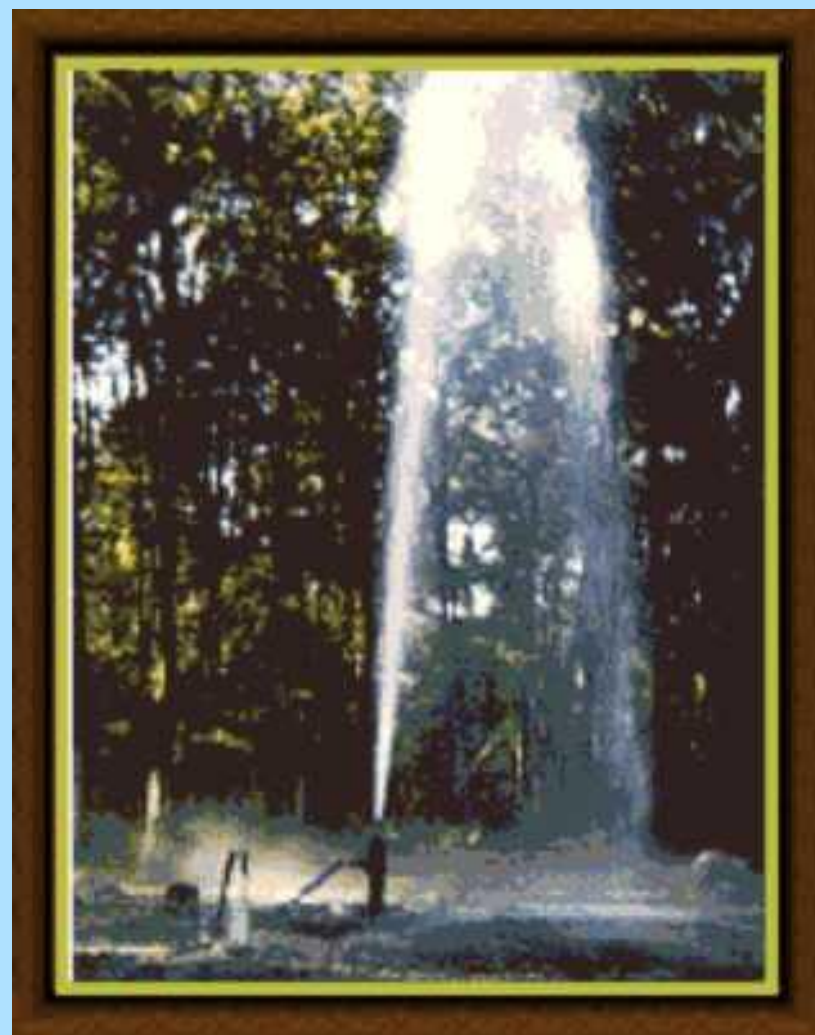


**Верховодка** – временное скопление воды на локальном водоупоре

**Грунтовые воды** – верхний постоянный водоносный горизонт

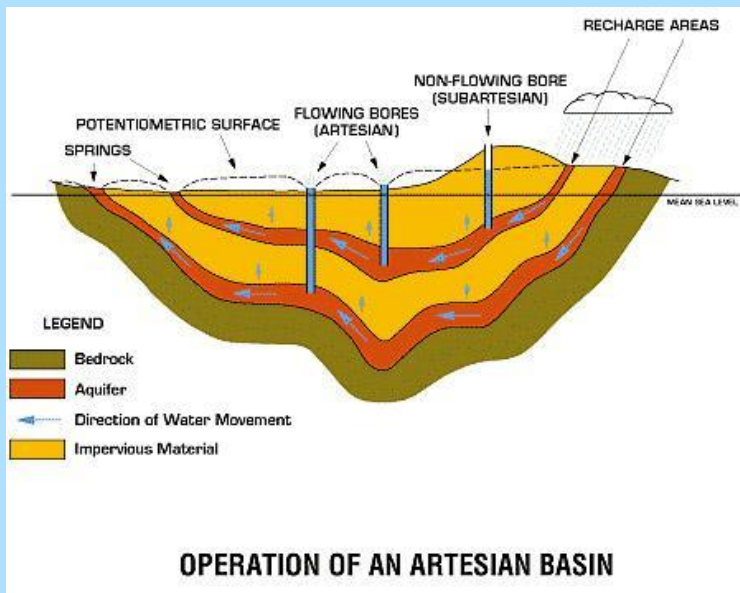
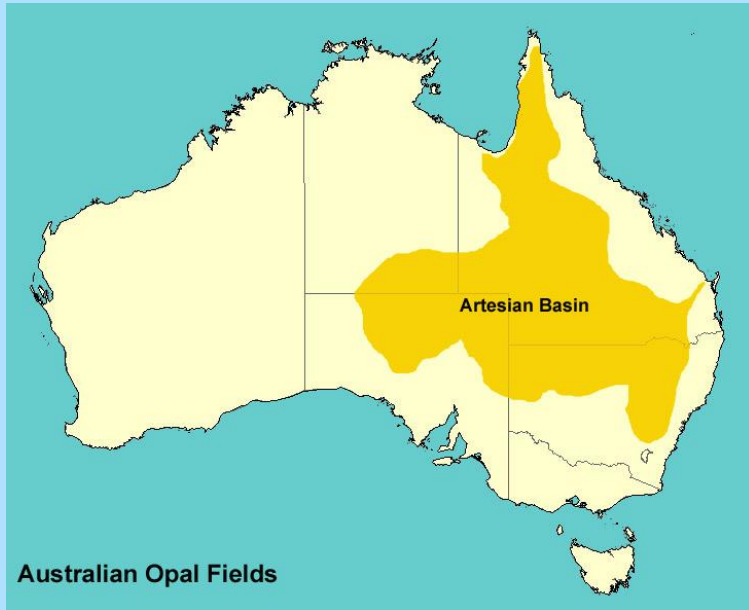
**Межпластовые воды** – располагаются между двумя водоупорами, они могут обладать напором

**Восходящие  
источники  
артезианских вод**





# Артезианские воды и бассейны



<http://jams.o12.pl/asyouwish/myfly/great-artesian-basin>

# Геологическая деятельность подземных ВОД

С деятельностью грунтовых вод связаны специфические, часто опасные физико-географические явления и процессы:

- ▣ *Подтопление и заболачивание*
- ▣ *Оползни*
- ▣ *Карст*
- ▣ *Суффозия*

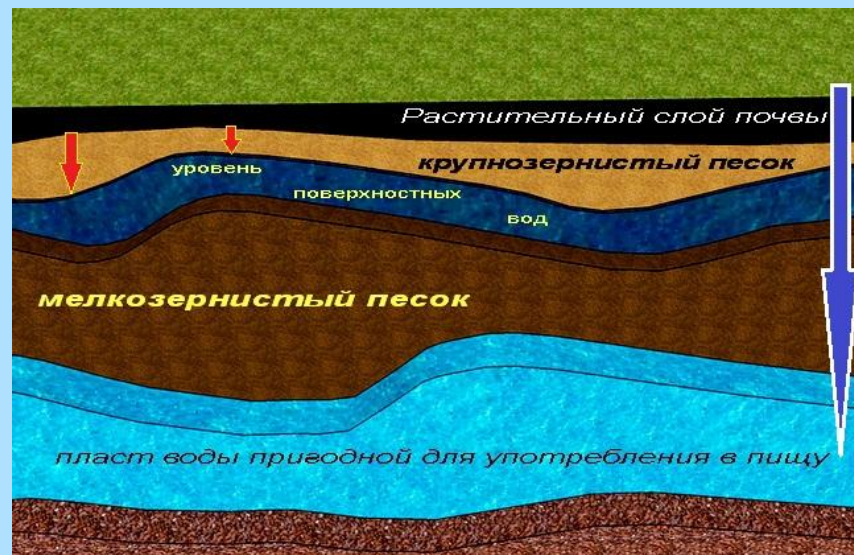




# Геологическая деятельность подземных вод

## ВОД

Разрушительная деятельность подземных вод проявляется главным образом в **химическом разрушении** и **выщелачивании** горных пород, что связано с содержанием в них кислорода, углекислоты, различных органических и неорганических веществ.



# Подтопление

инженерно-геологический процесс, при котором в результате нарушения водного режима под влиянием комплекса техногенных и природных факторов происходит направленное повышение влажности грунтов или уровня подземных вод, нарушающих условия строительства или эксплуатации инженерного сооружения.



## С 2000 по 2010 гг. в России подтоплено

- около 900 городов
- более 500 поселков городского типа
- тысячи мелких населенных пунктов
- 256 элеваторов

## Площадь подтопленных территорий в России:

- застроенных территорий более 8000 км<sup>2</sup>
- сельскохозяйственных угодий – более 34 тыс. км<sup>2</sup>

10 января 2007 г. Санкт-Петербург





# Затопление

Затопление улиц г.Геленжика  
после обильных ливней в 2012 г.



Разрушение асфальта и грунтов  
на ул.Фадеева после спада  
затопления, г.Геленжик, 2012 г.







Затопление и подтопление территории в Германии во время наводнения, 1997 г.

**Подтопленные территории** – участки с неглубоким уровнем залегания 1-го от поверхности горизонта подземных вод ( $< 3$  м)

**Выделяют территории:**

- Временно и постоянно подтопляемые
- Естественно и техногенно подтопляемые

# Масштабы подтопления

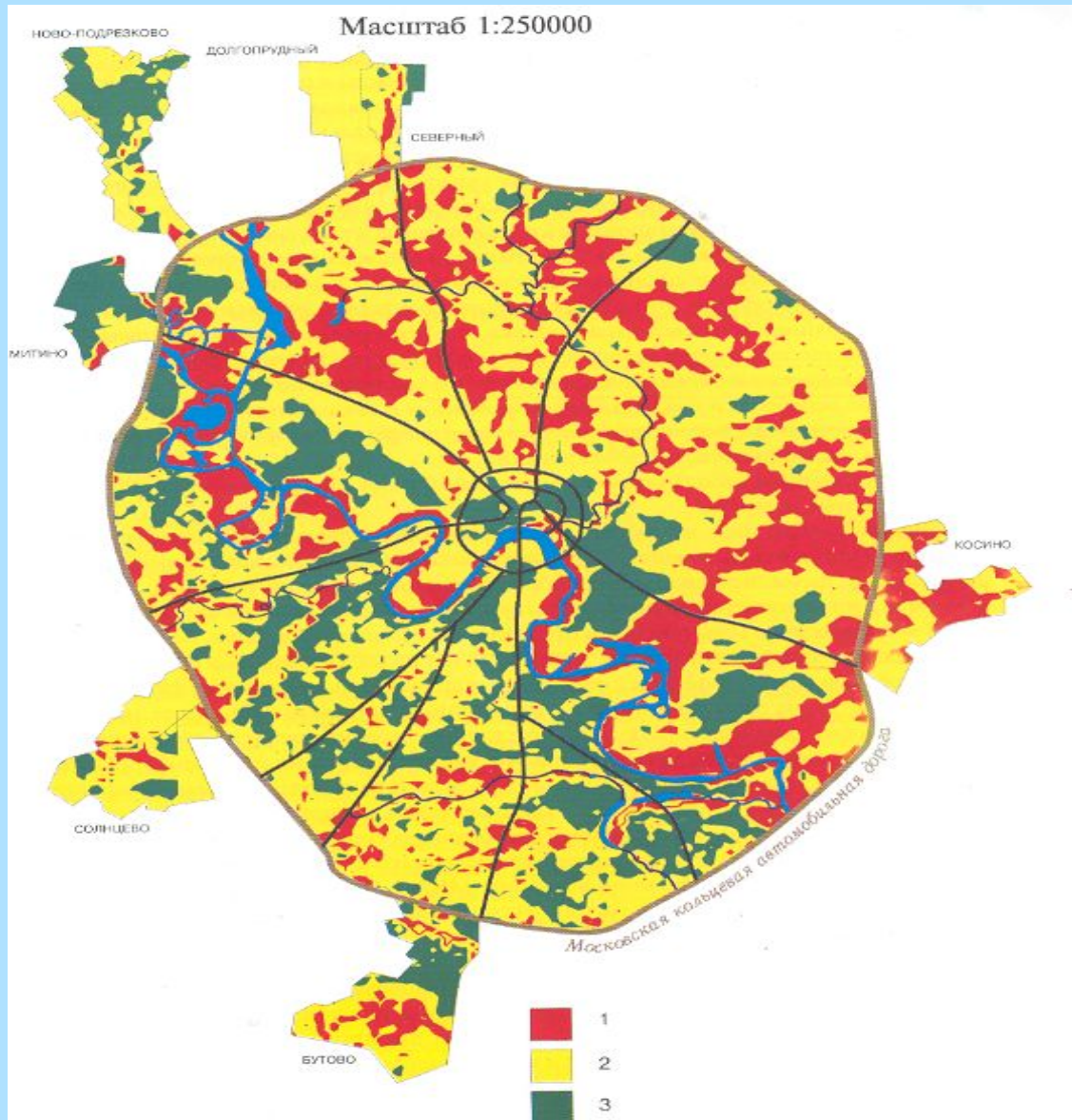


Рис. 7.3. Карта подтопления г.Москвы грунтовыми водами: 1 – территории, подтопленные постоянно; 2 – территории, потенциально подтопляемые; 3 – не подтопляемые территории

**Наибольшее  
подтопление  
территорий  
происходит в  
городах**

Карта подтопления  
территории г.Москвы

# Масштабы подтопления в Москве

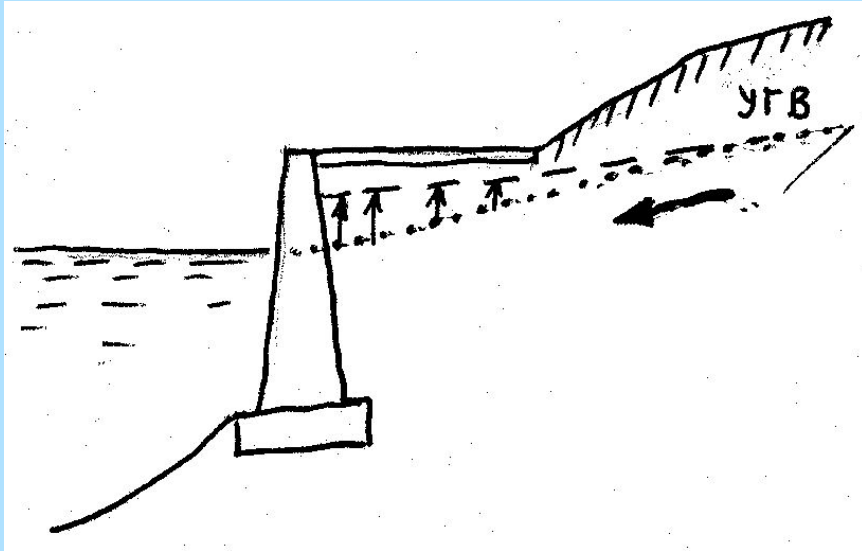
## Распределение подтопленных территорий по округам г.Москвы

ОКРУГА	Площади подтопленных территорий в %	
	на 1993 г.	на 2010 г.
Восточный	80	89
Западный	37	50
Северо-Восточный	47	58
Северо-Западный	25	41
Северный	36	42
Центральный	22	22
Юго-Восточный	54	54
Юго-Западный	17	32
Южный	23	43

# Техногенные факторы подтопления

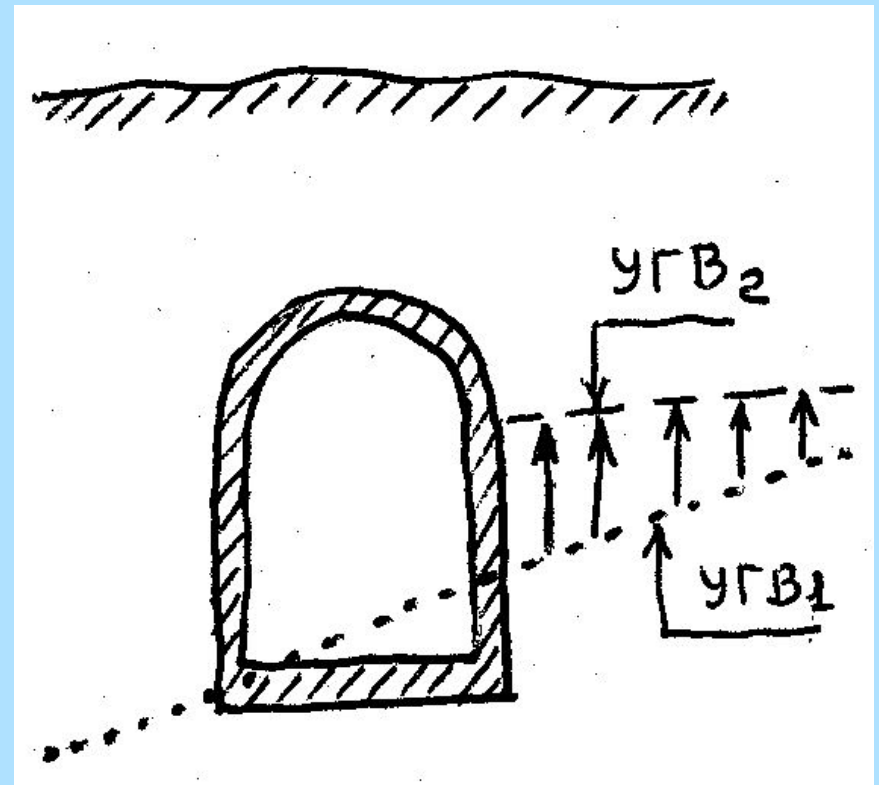
1. Подпор от барражирующего действия заглубленных частей зданий, тоннелей и др.
2. Подпор от участков набережных
3. Подпор от засыпанных оврагов, балок
4. Подпор от плотин
5. Утечки из коммуникаций
6. Отсутствие системы дождевого стока
7. Неправильное планирование и производство мелиоративных мероприятий.

# Примеры техногенного подтопления



Подпор подземных вод от  
барражирующего действия  
тоннеля

Подпор подземных вод от  
набережной





# Меры борьбы с подтоплением

- ❑ Дренаж территории
- ❑ Создание экранов, завес у зданий
- ❑ Гидроизоляция фундаментов
- ❑ Борьба с утечками
- ❑ Организация поверхностного стока
- ❑ Создание комплексной схемы общего водопонижения



# **КАРСТОВЫЕ и СУФФОЗИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ**

***Карст*** - геологический процесс, сочетающий в себе растворение, выветривание и эрозию пород, сопровождающийся формированием особого режима подземных вод, деформациями земной поверхности и образованием особого карстового рельефа.

- 1) Процесс химического растворения пород и процесс выщелачивания.
- 2) Специфические формы рельефа поверхности, подземные формы растворения, сформировавшиеся в результате карстового процесса

## Карбонатный карст

Вода, просачивающаяся с поверхности, содержит много растворенного углекислого газа, а потому легко растворяет известняк:



Попадая на стену или потолок пещеры, вода выделяет часть растворенной углекислоты, и бикарбонат вновь переходит в карбонат кальция:



Таким образом на потолке и полу пещеры образуются разнообразные натечные формы.



# Типы и формы карста

**Открытый карст** – карстовые формы видны на поверхности; чаще развит в горных районах.

**Закрытый карст** – карстовые образования на поверхности не заметны, так как они перекрыты толщей каких-то других отложений; характерно для равнинных платформенных районов.

# Типы и формы карста

На поверхности карстовые формы рельефа представлены **каррами, желобами, рвами, воронками различных типов, понорами, западинами, котловинами, карстовыми ущельями, слепыми долинами.**

Подземные формы карста представлены **карстовыми шахтами, колодцами и пещерами**

# Поверхностные формы карста



**Карры** углубления в виде ямок, борозд, канавок, образованные в основном выщелачиванием известняков поверхностными атмосферными водами.



**Желоба и рвы** – более протяженные и глубокие, чем карры, участки карстового выщелачивания поверхности известняков, наследуют первичные трещины.





**Карстовые воронки** – наиболее распространенные поверхностные формы карста. Воронки бывают от пологих и мелких до крутосклонных. Диаметр воронок редко превышает 50 м, а глубина - 15-20 м.



Провальная карстовая воронка 120 м в диаметре и 45 м.глубиной, образовавшаяся 2 декабря 1972 г. Алабама, США.



Две соединяющиеся карстовые воронки поверхностного выщелачивания. Крым, плато Чатырдаг. Фото Ульяновой Д.В. 1999.

## **Карстовые воронки:**

**1) Воронки поверхностного  
выщелачивания;**





## 2) Провальные воронки:



## Озеро, образовавшееся в карстовой воронке





**Поноры** – это узкие глубокие отверстия, наклонные или вертикальные, поглощающие поверхностную воду и отводящие её вглубь карстового массива. Поноры часто возникают на узлах пересечения трещин.



Поноры, образованные в местах пересечения карстовых желобов. Ручей (слева), исчезающий в поноре. Большой Канадский север. Фото D. Ford.





**Колодцы и шахты** – вертикальные или наклонные карстовые формы, уходящие в глубину на десятки и сотни метров. Они образуются при развитии понор. Известны шахты глубиной до 1100 м.

Карстовая пропасть в толще известняков, Предальпы.



## **Карстовая пропасть**

Нагорный Карабах.

Малый Кавказ

(фото Н.Л. Фроловой)





**Полье** – обширная область развития карстовых процессов, нижнее плато Чатырдаг. Крым. Вид с вертолета

(фото М.Ю. Никитина)

# Подземные формы карста



Входной колодец в пещеру Да Ченг,  
Китай

Воды образуют горизонтальные ходы и пещеры (самая крупная – Мамонтовая, в США, штат Кентукки, до 100 км., в Крыму – Чатыр-Даг, в России – Кунгурская пещера).

**Пещеры** – главные подземные формы карстового рельефа

Подземное карстовое озеро и грот.  
Капри, Италия



**Карстовые пещеры** образуются двумя путями:

- Растворения, выщелачивания и размыва;
- Обрушения, раскрытия и последующего размыва тектонических трещин.

**Пещеры сильно различаются по протяженности.**



# Карстовая пещера



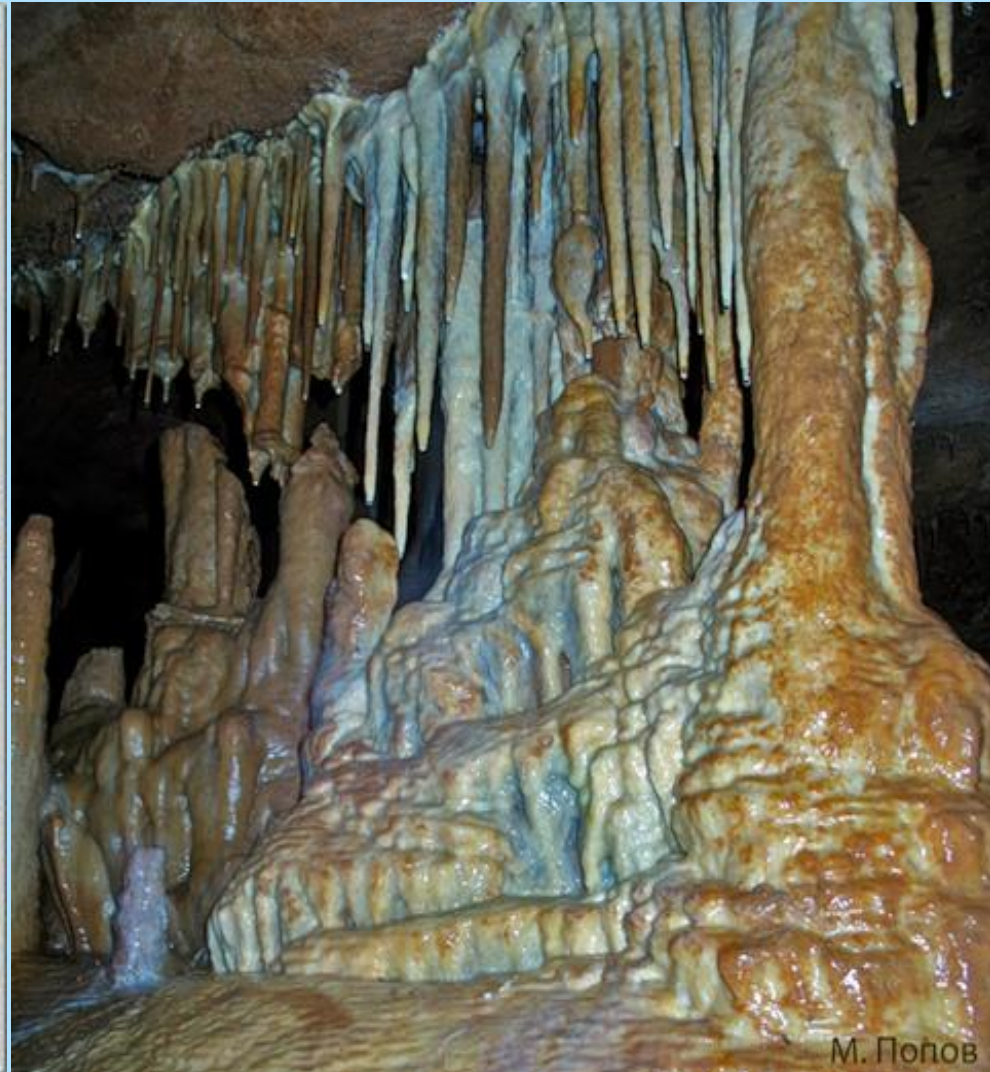
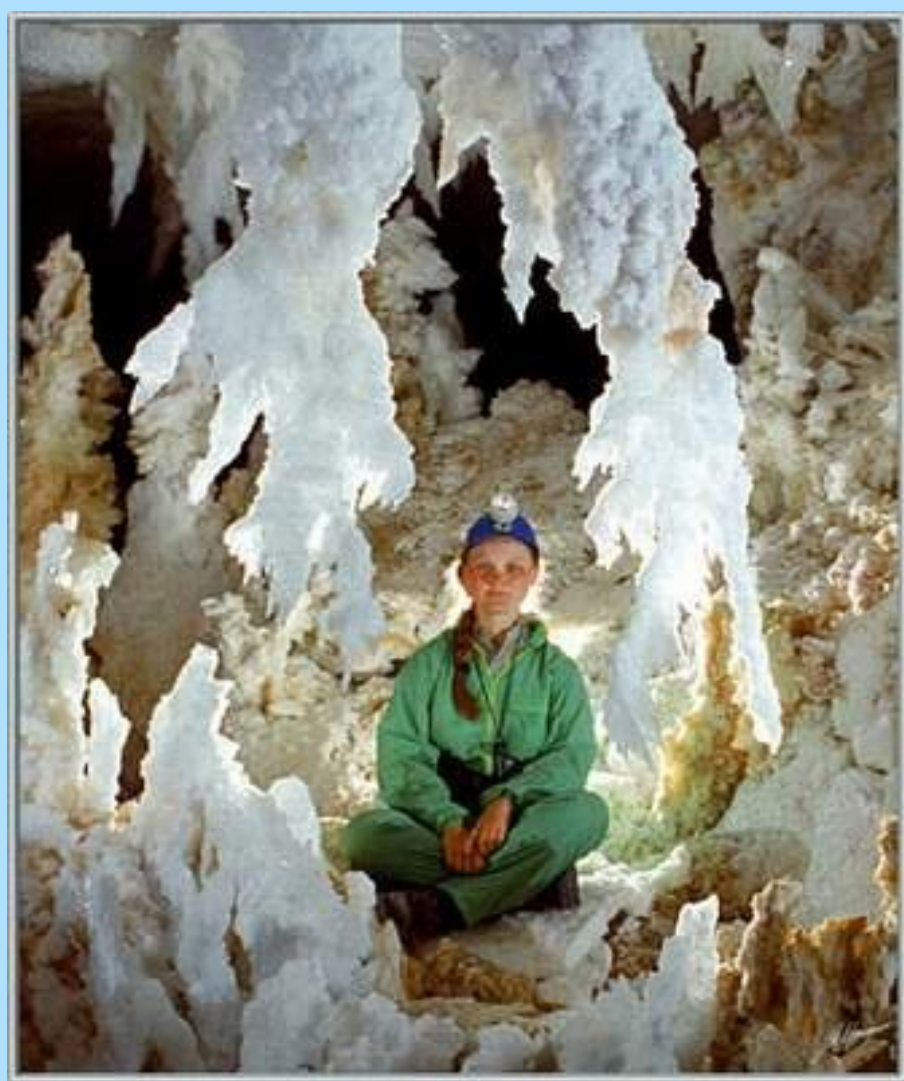


# Пещеры используют для туризма и в лечебных целях





Во всех пещерах широко распространены **натечные образования**.



Гипсовые "деревья". Фото Мальцева В.

М. Попов

## В зависимости от положения в пещере и формы, натечные образования подразделяются на:

- ❖ **Сталактиты** - выросшие на своде пещеры из просачивающейся воды. Иногда можно наблюдать ряды сталактитов, маркирующие трещину в потолке.
- ❖ **Сталагмиты** - выросшие на полу из капающей сверху воды. Так как упавшая капля воды растекается по сталактиту, то они обычно более короткие и широкие по сравнению со сталактитами. Обычно растут непосредственно под сталактитами.

**В зависимости от положения в пещере и формы, натечные образования подразделяются на:**

- ❖ **Сталагматы** - вертикальные колонны. Образуются из доросших до полу сталактитов или из соединившихся и сросшихся сталактита и сталагмита.
- ❖ **Гуры** - наплывы на полу пещеры, похожие на оплавивший стеарин.
- ❖ **Завесы** - образуются при равномерном просачивании воды через трещину в потолке, имеют примерно постоянную толщину.

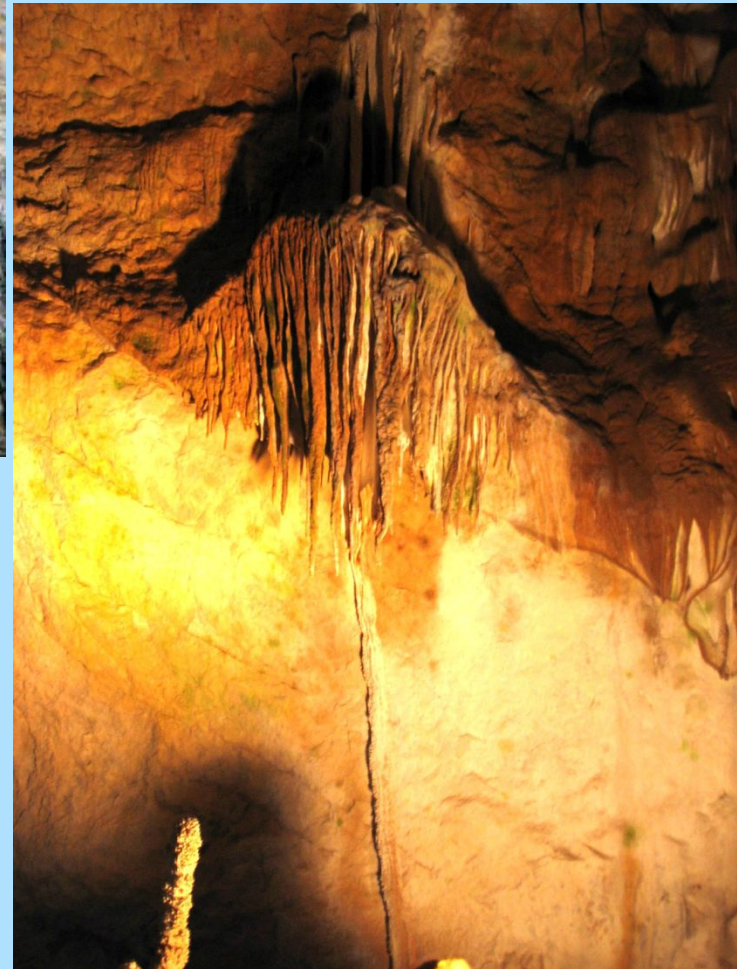




1

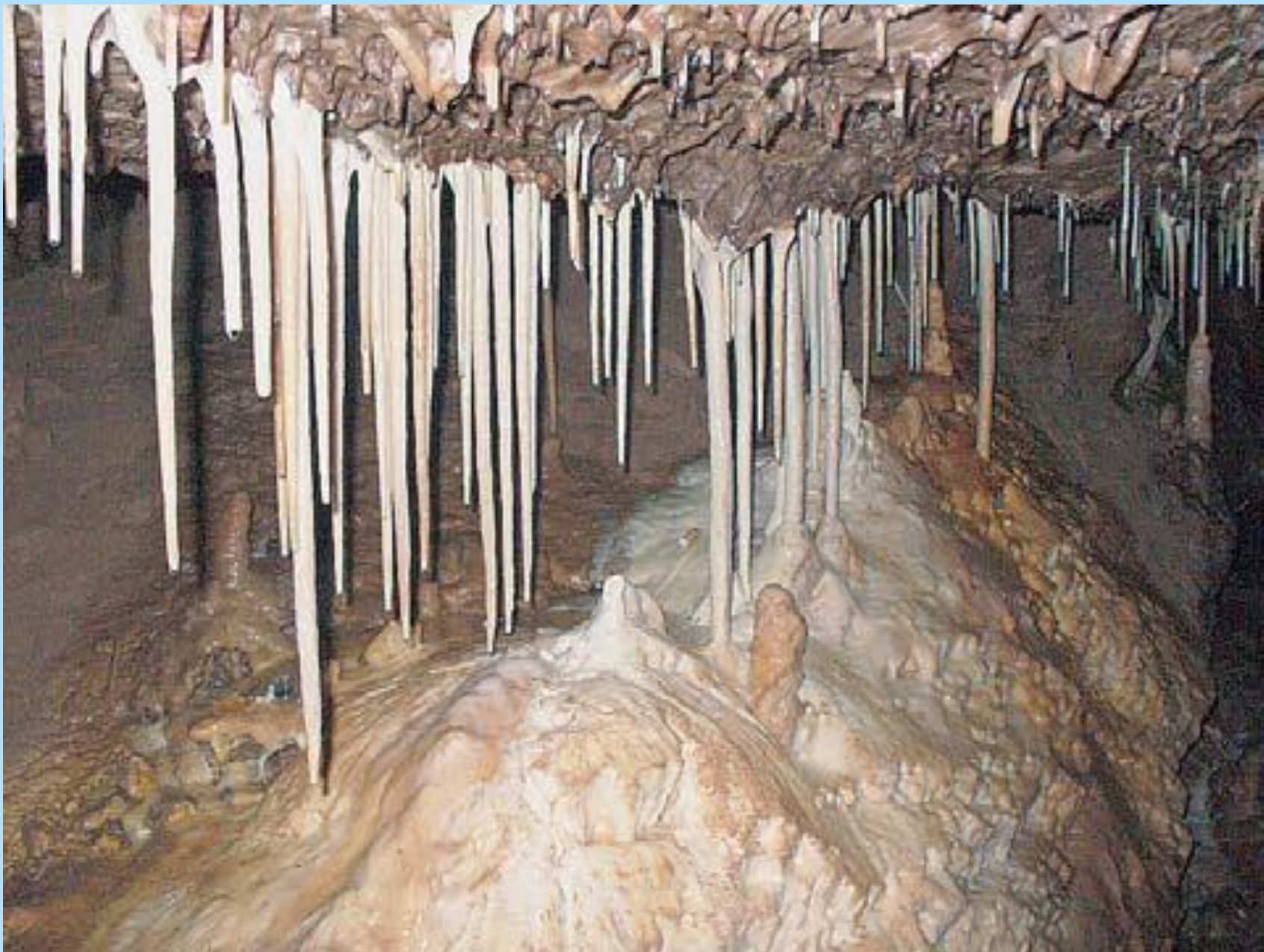
**Сталактиты (1) и завесы (2)  
в пещере Мраморной. Крым**

2



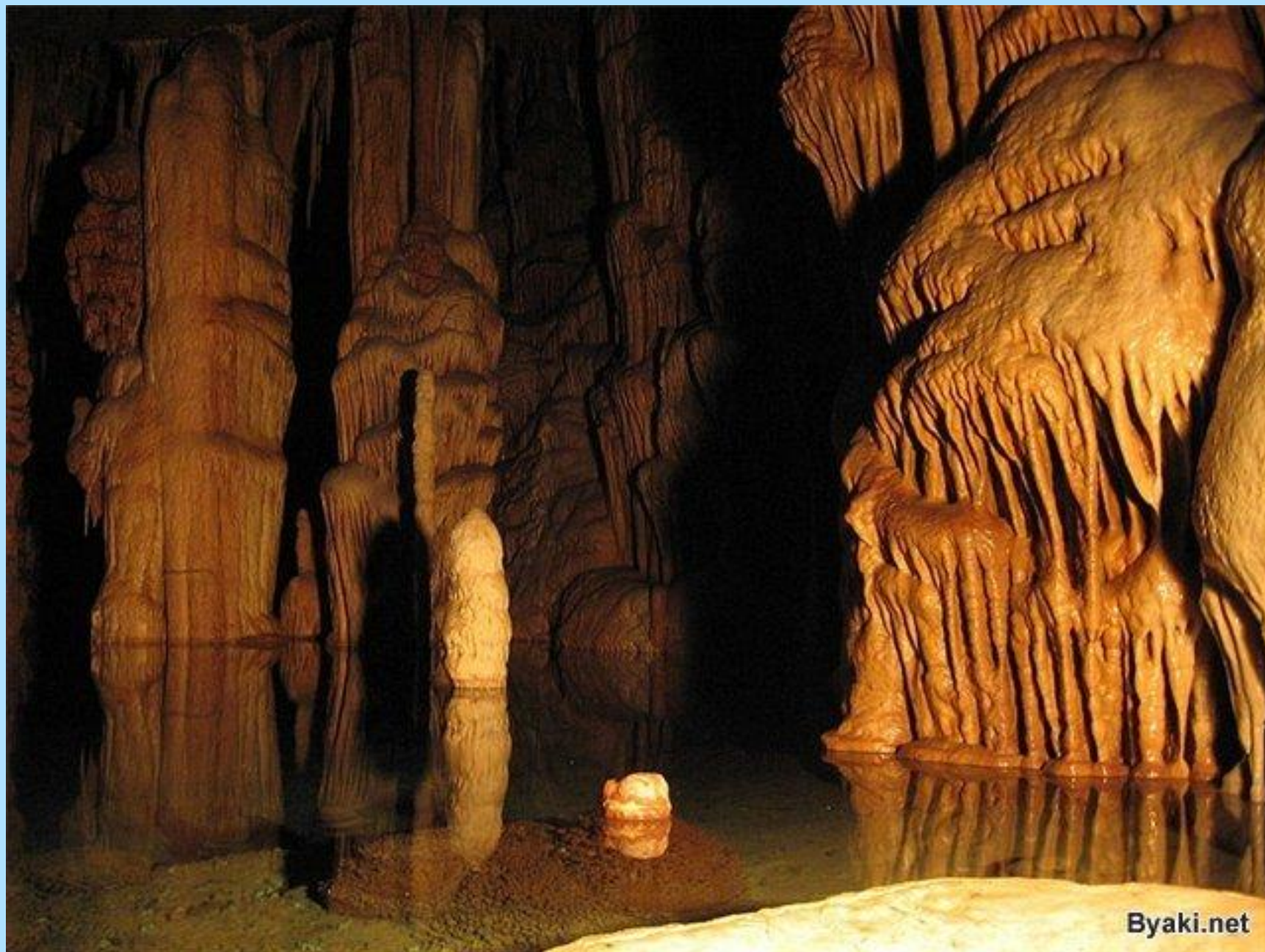


## Сталактиты, переходящие местами в сталагнаты:





# Подземное озеро. Занавесы. Терра-росса.





**СУФФОЗИЯ**



**Суффозия** – процесс разрушения горных пород подземными водами путем механического выноса твердых частичек породы, внешне похожий на карст, но принципиально иной, т. к. при суффозии идет вынос материала (мелких частиц пород) в нерастворенном состоянии.



**Суффозия** приводит к проседанию вышележащей толщи с образованием отрицательных форм рельефа: западин (суффозионных воронок, блюдце, впадин) диаметром до 10 и даже 100 метров, а также пещер.

**Суффозионно-карстовый процесс** - процесс вымывания материала в трещины и полости, который как бы засасывается вниз в разжиженном виде, и на поверхности земли внезапно образуются провалы или медленно развиваются карстово-суффозионные воронки (воронки просасывания).

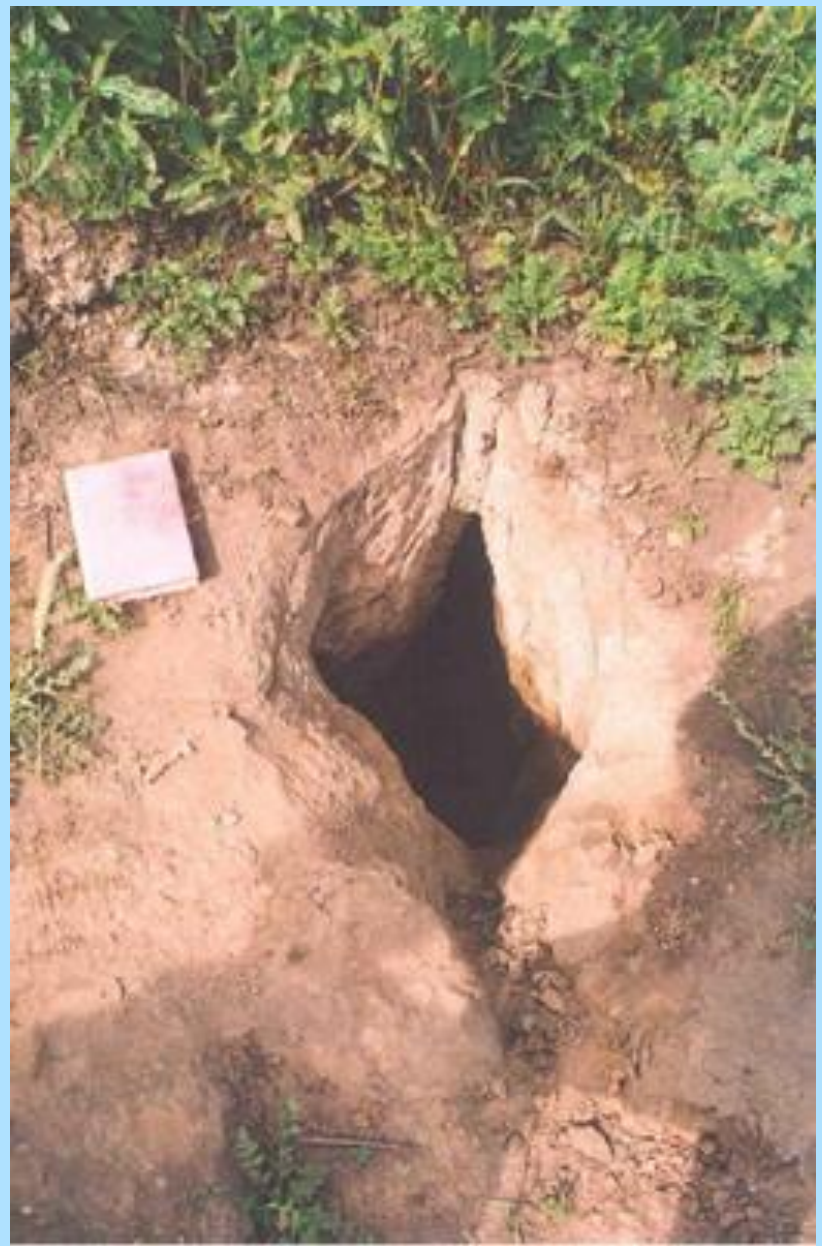
# Суффозионный провал, Бирский р-он Башкортостана







Просадочные воронки на обочине выше по склону над провалами



Вертикальный суффозионный колодец, ниже по склону от провалов



# Опасные карстовые, суффозионные и карстово-суффозионные явления



# Возможные опасность и ущерб

Связаны с *карстово-суффозионными деформациями* толщи горных пород, образующимися в результате действия гравитационных и гидродинамических сил, приводящим к развитию карстовых и суффозионных форм рельефа (полостей, трещиноватых и ослабленных зон и т.д.)





# Возможные опасность и ущерб

- 1) В населенных пунктах – обрушения приводят к жертвам и требуют на восстановление финансовых затрат.
- 2) Суффозия также осложняет строительство и сельское хозяйство; кроме того, вдоль цепи суффозионных просадок может заложиться овраг.
- 3) Под большими городами в карстующихся породах могут оседать промышленно загрязненные грунты, что приводит к загрязнению подземных вод, которые проникают в реки, водоемы и водозаборы.

## ***Превентивные меры:***

- Инженерно-геологическое изучение местности на наличие карста.
- Проведение экологической экспертизы и ОВОС
- Четкое следование указаниям по строительству в соответствии с проведенными исследованиями.

## **Недоучет карстовых и карстово-суффозионных процессов в инженерно-строительной деятельности может привести к:**

- 1. просадке и провалам жилых зданий над подземными полостями;**
- 2. деформациям железнодорожного или автомобильного полотна;**
- 3. значительной утечке воды из водохранилищ;**
- 4. поступлению карстовых грунтовых вод в подземные выработки;**
- 5. Загрязнению подземных вод.**



**Дзержинск, Тверская обл. 9 февраля 2007г.**







Провал в г. Дзержинске на НПО „Дзержинск Химмаш“ в корпусе 1  
 $d=30\text{ м}$ ,  $h \approx 10\text{ м}$ . 15 июля 1992г.





Провал барака в пос. им. Калинина ( 6.08.59г.Диаметр 25,0 м )





Провал на стройбазе Дзержинской ТЭЦ ( 5.09.61г.Диаметр 26,0м )



# Березники, Пермская область, провал грунта, 2007 г.





## Урал, Березники, 2007.

Провал земной поверхности над карстовой полостью произошел на промплощадке ОАО «Уралкалий» в конце июля 2007 г. Первоначально площадь участка провала над техногенной карстовой полостью составила примерно 60 на 40 метров, а глубина — около 15 метров.

По данным на 9 октября, величина провала составила 423 м на 318 м и увеличилась за неделю на восемь метров. Размеры воронки в коренных породах составили 405 на 280 метров .

Причиной провала стало затопление одного из участков старейшего рудника «Уралкалия», произошедшего 19 октября 2006 г.



## Урал, г. Березовский, 2008 г.

Карстово-суффозионный провал у стены здания, построенного в начале 90-х гг. Первоначальная его глубина составила около 6 м. В результате сдвижения грунтов отмостка дома осела на 0,22 м, в ней появились трещины до 0,05 м. Причина провала - локальные подземные пустоты не были выявлены на стадии проектирования.



## Карстовый провал в Гватемале

Провал составил 150 метров в глубину и столько же — в длину; в него попали несколько жилых домов. Более тысячи людей были эвакуированы, три человека погибли. По свидетельствам очевидцев, они ещё за месяц до обрушения начали ощущать, как земля трясется у них под ногами, и слышали грохот.







## Карстовый провал в Гватемале





## Нью-Йорк, 2006 г.

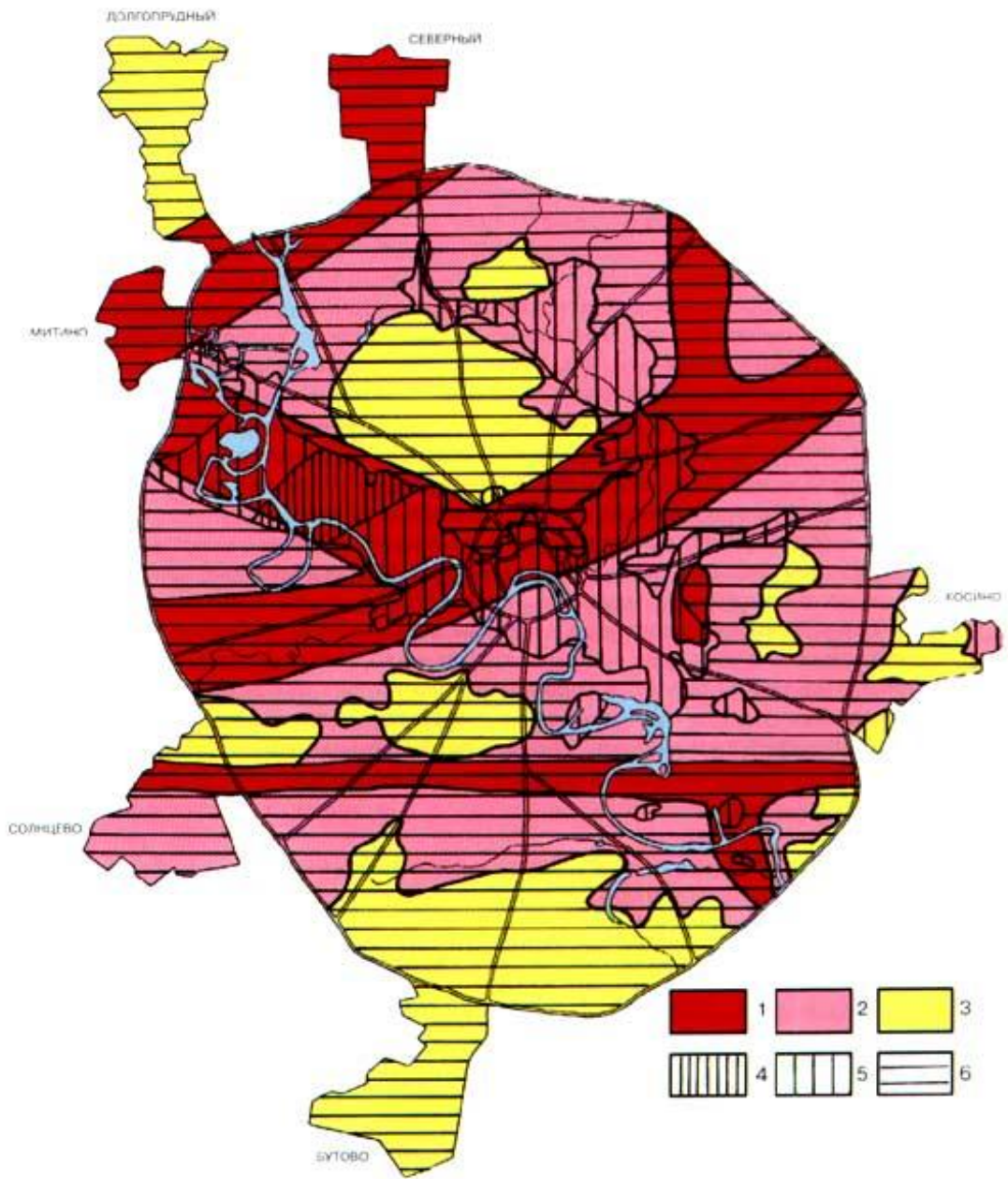
Дорога провалилась прямо под колесами внедорожника, едущего по улице. Проблема в ветхих старых проржавевших трубах, которые лопаются, вода вызывает карст, происходят обрушения.



## Днепропетровская область, Днепродзержинск, 2009 г.

В Заводском районе Днепродзержинска, возле СШ №23, в 500 метрах от моста через Днепр, в результате карстово-суффозионных процессов произошел провал пешеходной дорожки и участка проезжей части улицы.





# Карта карстовой и карстово-суффозионной опасности на территории г. Москвы

## Категории карстоопасности:

- 1 - весьма опасная
- 2 – опасная
- 3 – малоопасная

## Категории карстово-суффозионной опасности:

- 1 – весьма опасная
- 2 – опасная
- 3 - неопасная

Рис.4.8. Карта карстовой и карстово-суффозионной опасности на территории г.Москвы (авторы: Кутелов В.М., Анисимова Н.Г., Кожевникова И.А., Козлякова И.В., Максимов М.М., Саянов В.С., 1996). Категории карстовой опасности: 1 – весьма опасная, 2 – опасная, 3 – малоопасная. Категории карстово-суффозионной опасности: 4 – весьма опасная, 5 – опасная, 6 – неопасная



Москва, 2010 г. Пример карстового провала в московском районе Южное Бутово. Под землю ушли 3 легковых автомобиля и грузовик. К счастью, никто не пострадал.





**Провал 120 кв. метров асфальта на Минской улице, Москва, 2007 г.**  
- Пострадавших нет, но в результате движение перекрыто, город на три дня встал в бесконечных пробках.



## Москва, 2009 г., Выборгское шоссе

Образовался карстовый провал в асфальте проезжей части. Размеры провала постепенно увеличивались. Пострадавших нет.







## Москва, ул. Матросская Тишина. 2010 г.

На проезжей части у дома №15 на месте водосточного колодца образовался провал асфальта площадью 1 кв. метр и глубиной около двух метров. Позднее размеры провала несколько увеличились.

## Москва, 2006 г., район Бибирево.

Во дворе жилого дома номер 74 по Алтуфьевскому шоссе из-за провала грунта под землю ушел легковой автомобиль ВАЗ-2110. Пострадавших нет.



## Москва, 2010 г.

В зоне развития карстовых воронок в стенах здания образуются трещины (слева вниз и направо): а) — диагональные (д. 4 к. 2 по ул. Расплетина); б) — вертикальные (д. 19 по ул. Куусинена); в) — вертикальные (д. 3 по ул. М. Малиновского).





## **Москва, Большая Дмитровка, 1998 г.**

Для защиты фундаментов и подвалов здания на Большой Дмитровке, где ныне заседает Совет Федераций, соорудили водоотливную стенку. Чем нарушили сложившийся на этом участке гидрогеологический режим. Вода, скапливаясь за этой стенкой, подтопила соседний дом, фасад его треснул.



## **Москва, ул. Изюмская, 2005 г.**

В районе дома 36 на Изюмской улице под «КамАЗом», груженным землей, проломился асфальт, и автомобиль рухнул в яму. Провал стал расширяться и поглотил припаркованные у обочины три легковых автомобиля. Образовалась яма диаметром около 20 метров.



**Москва, 2007г., ул. Героев  
Панфиловцев.**

Сильно поражена суффозионными провалами территория прилегающая к д. 13 по ул. Героев Панфиловцев. Вдоль всего дома наблюдаются провалы поверхности асфальта и грунта с многочисленными трещинами.



Повторное проявление процессов в местах их прошлой засыпки и асфальтировки поверхности.





**Москва, жилой дом № 15 на ул. Вишневского, находится в аварийном состоянии.**

В результате суффозии произошли неравномерные осадки фундамента здания, что привело к появлению в несущих конструкциях здания сквозных трещин раскрытием до 6—8 см; произошло частичное обрушение фундаментов.



# Что еще может провалиться в Москве:

- Станции метро "**Сокол**" и "**Аэропорт**" - районы с потенциально опасными карстовыми провалами. У большинства новостроек - усиленный фундамент. Он и вызывает проблемы с подземными изношенными водоводами.
- На **Сухаревской площади** происходит замена малоэтажных зданий позапрошлого века на многоэтажные комплексы. Их мощные фундаменты перенаправляют естественные потоки грунтовых вод, которые вымывают карстовые пустоты под старыми застройками.
- На **площади Белорусского вокзала** завершено подземное строительство развязки и торгового центра. Оно разрушает грунты в начале Ленинградского проспекта, в частности, под тоннелем-переходом и арками Тверского путепроводного моста.



# Что еще может провалиться в Москве:

- На **улице Мясницкая** провалы в грунте могут произойти из-за реконструкций ветхого жилого фонда.
- Во дворах **Лубянки** причины возможных ЧП - подземные паркинги и реконструкция зданий с заменой их несущих фундаментов.
- В **Соляном проезде** проявляет активность подземная река Солянка. Под улицей идут активные карстовые процессы.
- У **гостиницы "Метрополь"** опасность возникает из-за отвода воды из-под Манежной площади.
- На **Старом и Новом Арбате** карстовые пустоты образовались из-за ухода воды. Причина - массовое подземное и наземное строительство.