



KAPCT



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЦЕССА

- ▶ П. Саваренский: «Карст — явления, связанные с деятельностью подземных вод, выражающиеся в выщелачивании растворимых горных пород (известняков, доломитов, гипса) и образовании пустот (каналов, пещер) в породах, сопровождающие часто провалами и оседаниями кровли и образованием воронок, озер и других впадин на земной поверхности».
- ▶ И.В. Попов: «Карстом называется совокупность геологических явлений в земной коре и на ее поверхности, вызванная химическим растворением горных пород и выраженная в образовании в земной коре пустот, в разрушении и изменении структуры и состава пород, в создании особого характера циркуляции и режима подземных вод, характерного рельефа местности и режима гидрографической сети».



Основные условия развития карста (по Д.С. Соколову):

- Наличие пород, относительно легко растворимых в воде;
- Значительная проницаемость этой породы;
- Присутствие движущейся в породе воды;
- Растворяющая способность воды

К условиям, оказывающим существенное влияние на процесс, относятся:

- Литологическое строение, состав и неоднородность карстующихся пород (наличие в них растворимых слоев, примесей); структурно-текстурные особенности;
- Состав перекрывающего карстовый массив покрова, влияющего на поверхностный сток и инфильтрацию атмосферных осадков;
- Трещиноватость массива пород (литогенетическая, тектоническая, экзогенная), ее ориентировка и интенсивность;
- Тектонические структуры, особенно дизъюнктивные, определяющие пути движения подземных вод;
- Характер и интенсивность неотектонических движений, обуславливающих формирование рельефа, положение местных и региональных базисов дренирования подземных вод;
- Климатические и гидрогеологические условия, сказывающиеся на гидрогеологической обстановке массивов карстующихся пород;
- Гидродинамические и гидрогеохимические условия, характеризующие гидрогеологическую обстановку;
- Техногенные факторы, изменяющие гидродинамическую и гидрохимическую обстановку (состав, агрессивность, водообмен).



По минеральному составу карстующихся пород выделяют три типа карста:

Карбонатный (известняк, мел, доломит и др.)

Сульфатный (гипс, ангидрит)

Соляной (каменная соль)



Карбонатный карст распространен наиболее широко, но развивается значительно дольше сульфатного и соляного. Растворимость пород мала.

В естественных условиях растворение пород и образование пустот (каверн) происходят медленно.



Сульфатный карст часто встречается в сочетании с карбонатным. Распространен достаточно широко. Развивается намного быстрее, чем карбонатный, поскольку растворимость пород значительная – 2,6 г/л. Карст развивается крайне неравномерно и тяготеет к контактам с водопроницаемыми породами, в то время как основная часть массива остается монолитной.

Каменная соль встречается преимущественно в сочетании с сульфатным, реже с карбонатным. Вследствие высокой растворимости каменной соли соляной карст в благоприятных условиях развивается чрезвычайно быстро. Однако, обладая высокой пластичностью, каменная соль характеризуется малой пористостью и редкой трещиноватостью.





Карстующиеся породы – карбонатные, сульфатные, соляные, распространены в земной коре во всех системах, начиная с кембрийской.

Карбонатный, гипсовый и соляной карст древний и молодой встречается практически повсеместно, где развиты соответствующие породы, и прослеживаются до глубин 300 – 400 м как на платформах, так и геосинклинальных областях, особенно альпийского возраста.

условиям залегания карстующихся пород и характеру
покрывающих пород выделяют следующие типы
явлений процесса:

1. По отношению к земной поверхности:

- ▶ Открытый карст: карстующиеся породы лежат непосредственно на поверхности;
- ▶ Скрытый (или покрытый) карст: карстующиеся породы перекрыты нерастворимыми водонепроницаемыми породами

2. По отношению к уровню подземных вод:

- Карстующиеся породы залегают в зоне аэрации;
- Карстующиеся породы залегают в зоне постоянного водонасыщения;
- Карстующиеся породы залегают в зонах аэрации и постоянного водонасыщения.



встречается в различных климатических зонах, однако наибольшее развитие он получает в условиях тропического климата.

В условиях сухого климата при малом количестве осадков и большом испарении, а также исключительно малая проницаемость горных пород в верхней части литосферы, хотя и не способствует развитию карста, но приводит к возникновению зон

вторичного засоления



е влияние на развитие карста оказывает рельеф поверхности земли. Карст, как встречается и на равнинах, и в горных странах.

инах, только на участках, прилегающих к склонам речных долин, в зоне разуплотнения горных пород движение подземных вод создает ые условия для развития карста.

В горно-складчатых районах горные породы значительно дислоцированы, трещиноваты и раздроблены. Все это способствует развитию карста, распространению его на глубину и созданию различных форм.





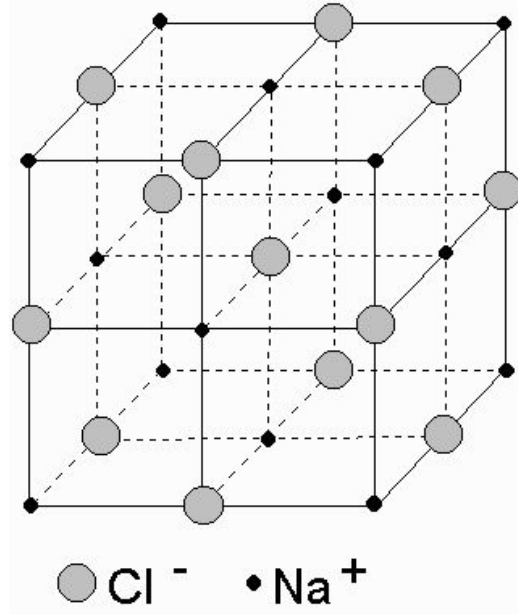
Одним из доминирующих факторов, влияющих на развитие карста, является уклон поверхности.

Трещиноватость и раздробленность пород оказывают заметное влияние на развитие карста. В горизонтально залегающих породах развитие карста идет преимущественно по литогенетическим трещинам, при этом возникают слои и горизонты закарстованных пород.



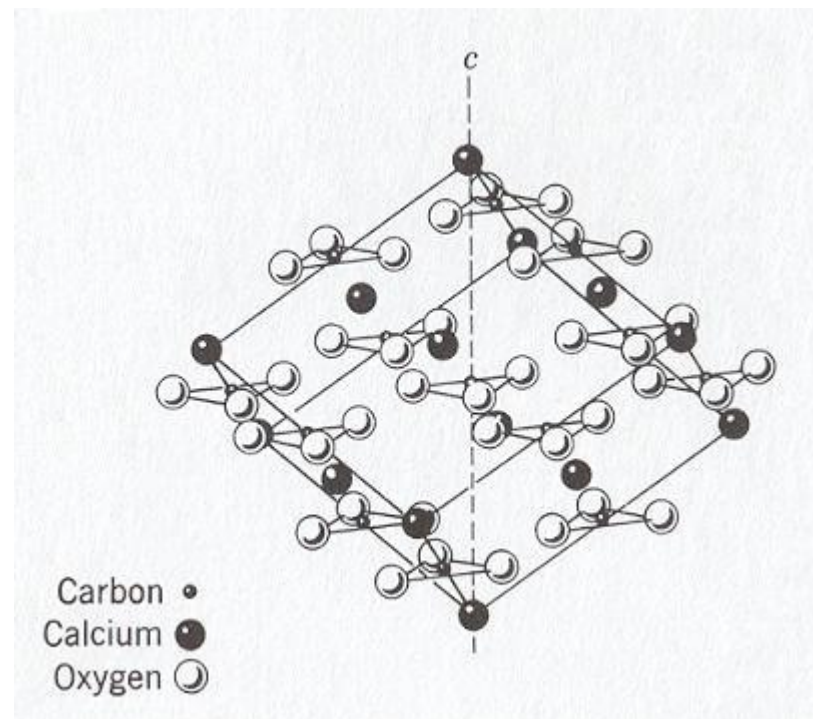
Хозяйственная деятельность человека может существенно активизировать развитие карстового процесса за счет строительства напорных плотин и водохранилищ, при нагнетании промышленных и хозяйственных вод, обычно агрессивных, при добыче полезных ископаемых путем откачек подземных вод или методом искусственного выщелачивания при нагнетании пресных вод или кислот.

Процессы карстообразования присущи породам, которые сложены галоидами (галит, сильвинит, карналлит), сульфатами (гипс, ангидрит и др.), карбонатами (кальцит, доломит и др.)



Структура галита

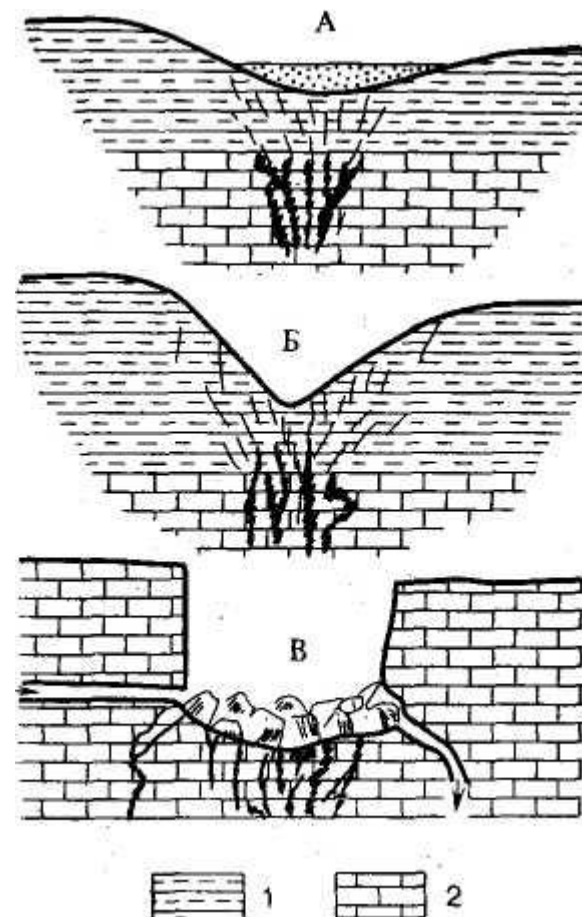
Структура кальцита



ФОРМЫ ПРОЯВЛЕНИЯ КАРСТОВОГО ПРОЦЕССА

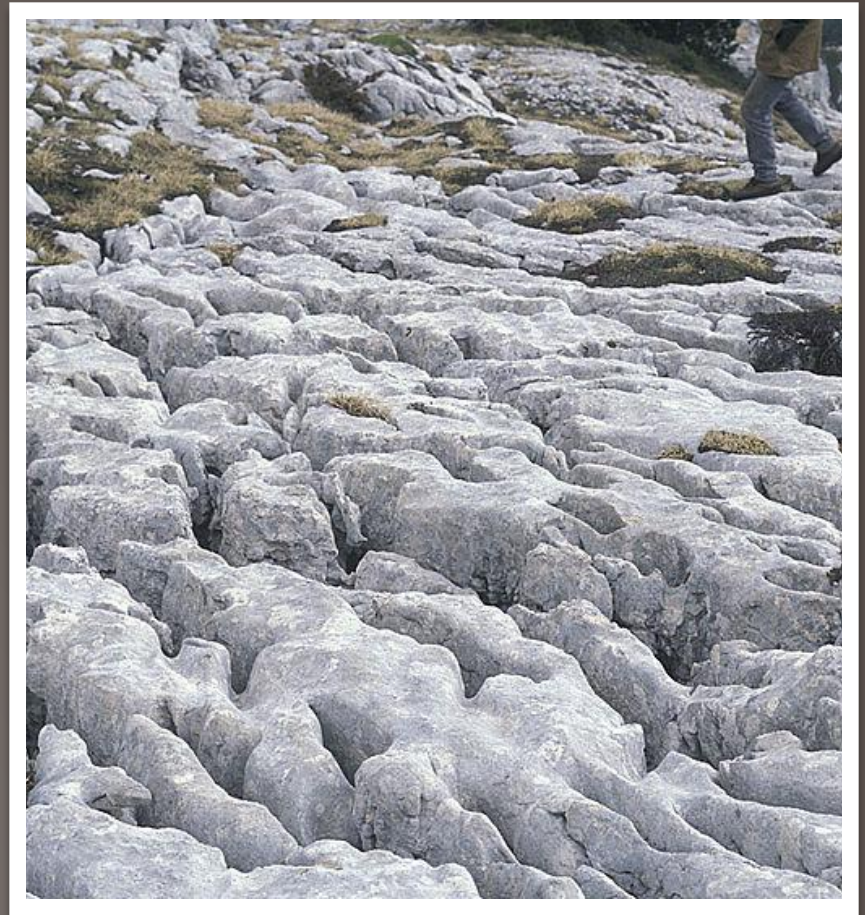
- ▶ Проявления карста отражаются на характере рельефа, глубинном строении карстового массива, изменении режима поверхностных вод, формировании особого типа подземных вод – трещинно-карстовых.
- ▶ Карст проявляется как в образовании разнообразных форм рельефа на поверхности земли – поверхностный карст, так и различных пустот на той или иной глубине от поверхности – глубинный карст

Поверхностными карстовыми формами являются карры, поноры, воронки, сложные карстово-эрозионные впадины (котловины, овраги, дольны и др.), мульды оседания, ниши в обрывистых крутых склонах, открытые гроты и входы в пещеры, выходы карстовых полостей в обнажениях, карстовые останцы.



ы – мелкие формы
фа – представляют собой
ование борозд и
гребней, образующихся на
обнаженной поверхности
горных пород.

Они возникают в процессе
избирательного растворения
(дождевыми или талыми
водами), приуроченного к
системам трещин или
слоистости крутопадающих
пород.



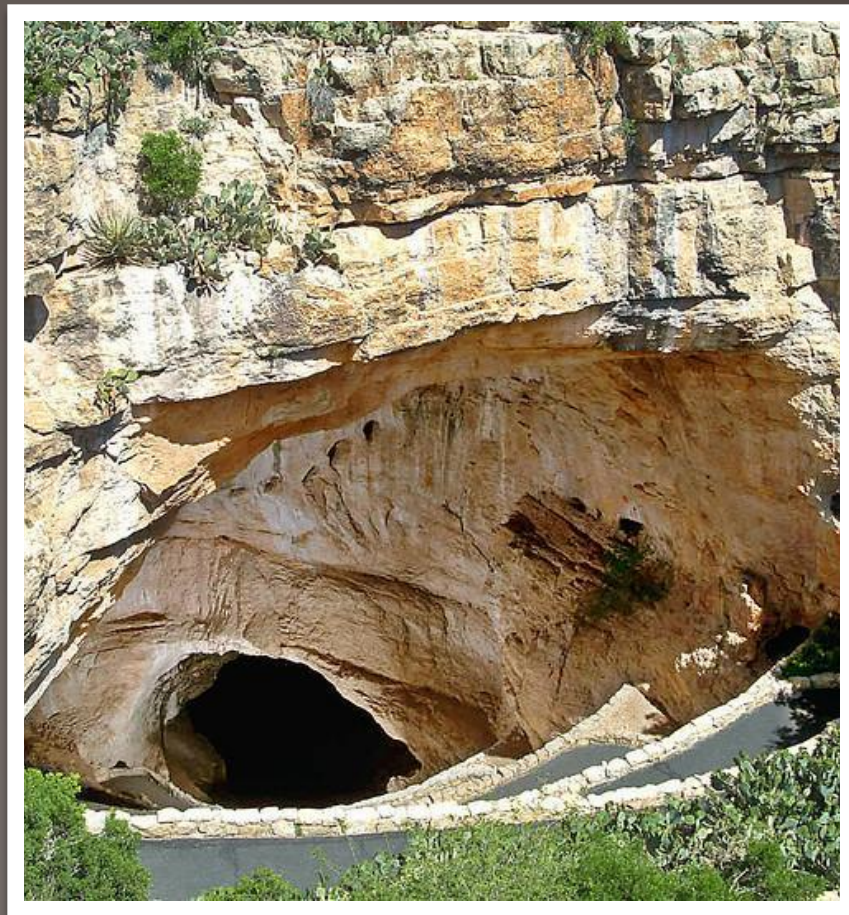
Воронки — наиболее характерная форма карстового провала. Они встречаются на участках, где карстующиеся породы залегают вблизи поверхности и (или) перекрыты отложениями небольшой мощности. Число воронок, как и их размер, характеризует интенсивность закарстованности пород.

Воронки, расположенные на небольшом расстоянии друг от друга, могут соединяться, образуя вытянутую впадину — долину, балку, овраг.

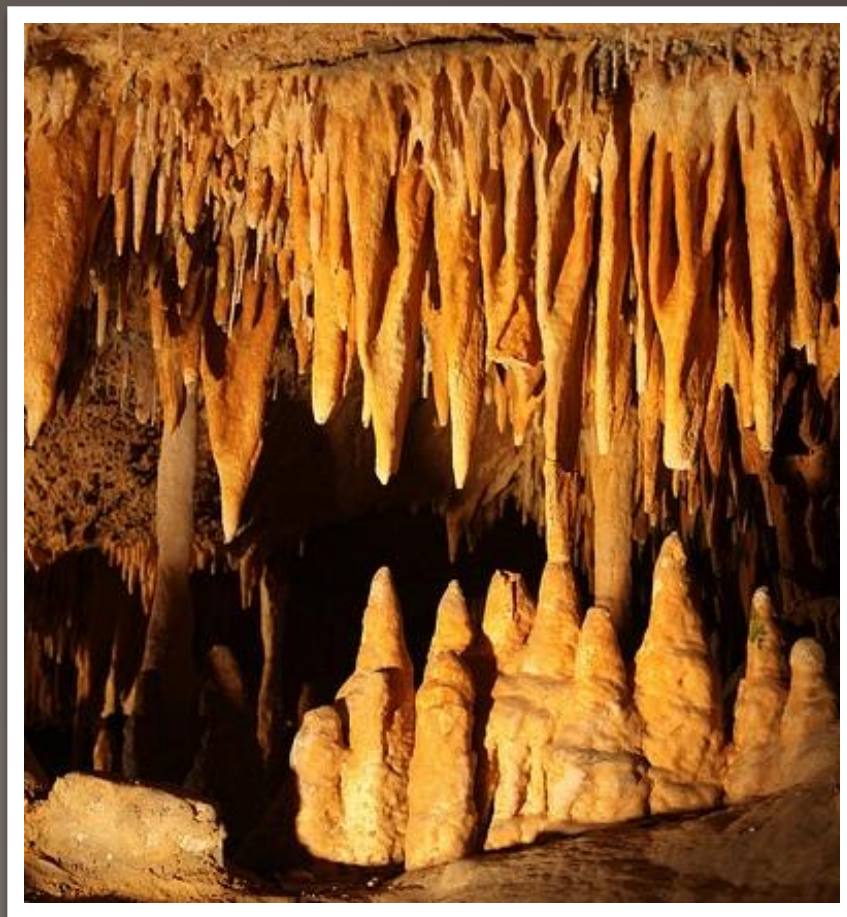


Разные глубинные формы
вмещаются в толще
пород неравномерно
и на разной глубине, но иногда
образуют определенные горизонты и
этажи (многоярусный карст).

Самыми мелкими формами являются
каверны – пустоты округлой или
неправильной формы с поперечным
сечением в несколько миллиметров
или сантиметров. Они часто
сосредоточены в одном слое или
толще пород, характеризующихся
неоднородностью состава или
строения, придавая ей кавернозность



Одним проявлением карста на поверхности является коррозионное образование трещин, которые постепенно превращаются в более крупные формы – каналы, полости, галереи переменного сечения, пронизывающие породы в разных направлениях. В местах пересечения крупных трещин, тектонических и нетектонических нарушений образуются крупные формы – пещеры разной формы и размеров, со сводчатыми и куполовидными потолками, с различными натечными формами (**сталагмитами, сталактитами**)



- ▶ При повышении базиса эрозии развитие карста прекращается, а трещины и полости постепенно заполняются нерастворимым, чаще всего глинисто-щебнистым материалом.
- ▶ Заполнитель карстовых полостей отличается большим разнообразием генезиса, петрографо-минералогического состава, условий залегания, плотности и т.п

Виды заполнителей:

Сплошное заполнение,

Частичное и прерывистое заполнение полостей,

Вторичное прерывистое или частичное заполнение карстовых пустот,

иальное **инженерно-геологическое районирование** является основой для оценки закарстованных территорий. Результаты районирования дают возможность проектным организациям определить степень опасности выделяемых площадей для освоения (возведения зданий и сооружений), выбрать и запроектировать наиболее эффективный комплекс защитных мероприятий.

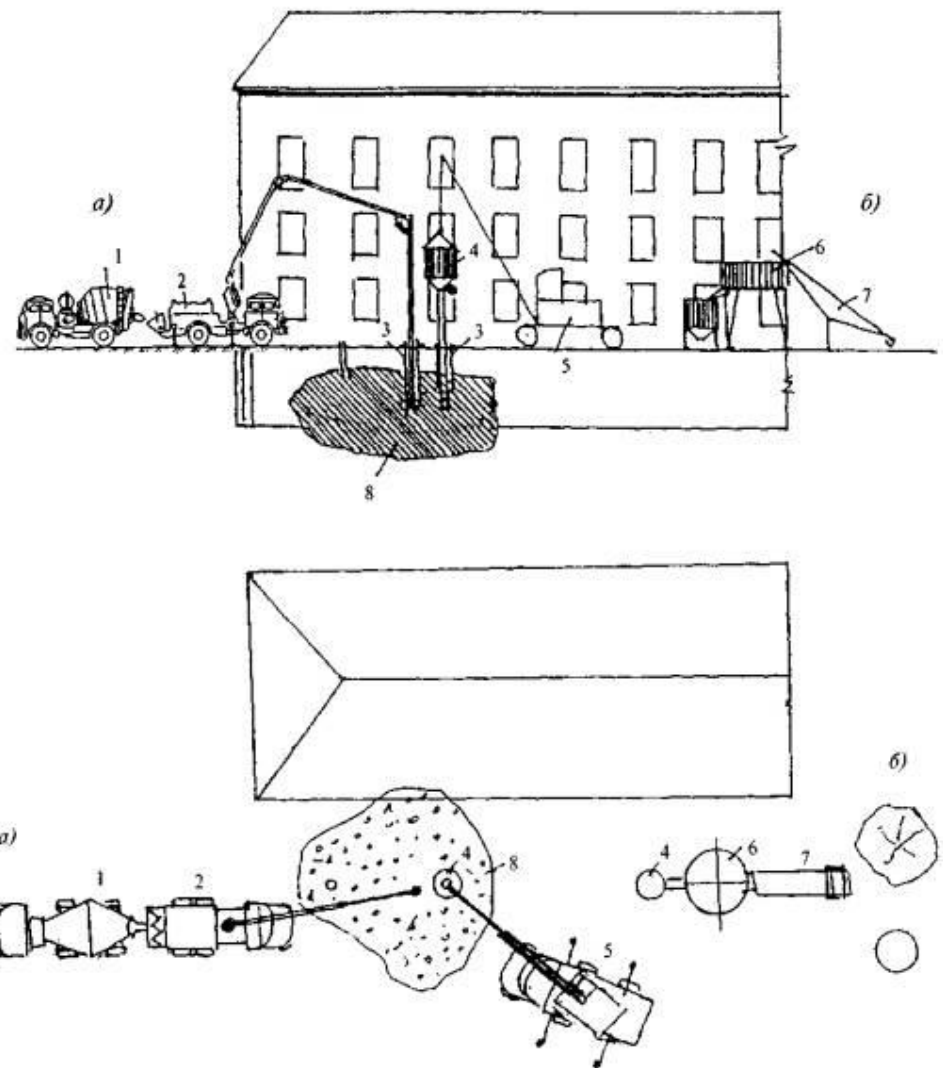
Районирование проводится:

- ▶ а) по условиям развития процесса (наличию и составу растворимых пород; их проницаемости, движению в них (или контактирующих с ними) поверхностных и подземных вод и их растворяющей способности);
- ▶ б) по степени и характеру развития карста, включая степень и характер его проявления на земной поверхности;
- ▶ в) по оценке риска проявления карста.

практике проектирования строительства в карстовых районах от различные защитные мероприятия.

- ▶ 1. Организация стока поверхностных вод (дождевых, талых, хозяйственных), предусматривающая практически полный их перехват системой канав, ливневодоов, рвов, покрытий, исключающих поступление агрессивных вод в карстующуюся толщу.
- ▶ 2. Дренаж агрессивных подземных вод с целью недопущения их в толщу пород, залегающую под защищаемым сооружением, иногда в сочетании с искусственным засолением для уменьшения растворяющей способности вод. Конструктивные решения дренажных систем требует обстоятельного гидрогеологического обоснования на базе натурных и экспериментальных исследований.

3. Тампонирувание карстовых полостей и трещин песком, мелким щебнем, цементным раствором с помощью засыпки и нагнетания. Реализация этого мероприятия требует проверки его эффективности, т.к. не все полости могут быть надежно затампонированы.



Технологические схемы заполнения карстовых полостей тампонажными растворами
 а - с использованием бетононасосного транспорта;

б - с помощью крана и бадьи;

1 - автобетоносмеситель; 2 - бетононасос; 3 - обсадная труба; 4 - бадья с тампонажным раствором; 5 - автокран; 6 - смеситель; 7 - загрузочный транспортер; 8 - зона тампонирувания

- ▶ Создание в кровле закарстованной толщи (или в основании залегающих пород) искусственного слоя, являющегося своеобразным перекрытием, воспринимающим нагрузку от сооружения и предохраняющего от сдвижения пород. В случае обрушения свода крупной карстовой полости.
- ▶ 5. При невозможности укрепить закарстованный массив тем или иным способом, предусматривают особые виды фундаментов и конструктивные особенности сооружений, которые мало деформируются при возникновении провалов. Это фундаменты глубокого заложения (ниже зоны сильной закарстованности), фундаменты из свай-стоек, висячих свай и др.