

KAPCT

Определение карста

(карстовое совещание в Москве, 1956)

- Слово «карст» произошло от названия «Крас» – горного плато в Словении.
- Карст – совокупность геологических явлений в Земной коре и на её поверхности, вызванных химическим растворением горных пород и выраженных в образовании в Земной коре пустот, в разрушении и изменении структуры и состояния пород, в создании особого характера циркуляции и режима подземных вод, а так же характерного рельефа местности и гидрографического режима речной сети.

Карстовая воронка



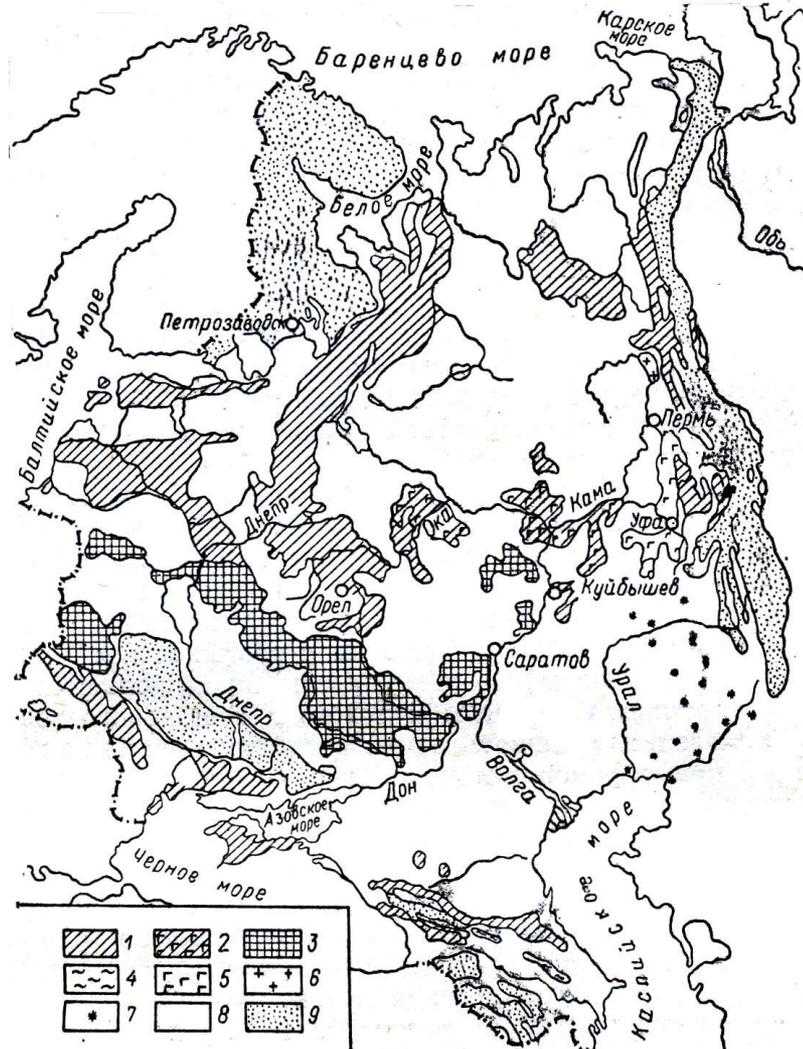
Карст

Карст – сложный геодинамический процесс, оказывающий влияние на все элементы литосферы:

- геологический процесс (растворение породы, изменение ее состава, структуры, текстуры, образование новых минералов, осадочных пород и подземных ископаемых);
- гидрогеологический (формирование коллекторов подземных вод разного химического состава);
- геохимический (миграция химических элементов в системе порода – вода);
- геоморфологический (образование поверхностных и подземных форм рельефа);
- физико-географический (формирование особого типа ландшафтов);
- инженерно-геологический (приводящий к изменению прочностных свойств пород и устойчивости территорий).

Схематическая карта карстовых районов европейской части России, Урала и Кавказа

- 1 – известняки, доломиты, мраморы; 2 – сульфатно-карбонатные породы; 3 – мел и мергель; 4 – карбонатный флиш; 5 – гипсы, ангидриды; 6 – соли; 7 – соляные купола; некарстующиеся породы: 8 – осадочные; 9 – изверженные



Инженерно-геологическое значение изучения карста

- В мире: карбонатные породы - 40 млн. км²,
 - сульфатные – 7 млн. км²,
 - соли - 4 млн. км².
- Прослеживаются до глубины 300-400м.
- Образование карстовых воронок и провалов;
- Увеличение деформируемости и уменьшение прочности пород;
- Незаполнение водохранилищ;
- Прорыв карстовых вод в подземные выработки.
- С карстом связан особый тип накоплений:
 - - доломитовая мука,
 - - химические – натечные формы, сталактиты и сталагмиты.

Карстовая воронка



Условия развития карстового процесса

Ф.П.Саваренский (1934), Д.С.Соколов (1962)

- Наличие растворимых горных пород – к труднорастворимым относятся карбонатные (известняки – 14мг/л, доломиты, мел, известняковый туф, мраморы), к среднерастворимым – сульфатные (гипс – 2г/л, ангидрит), к легкорастворимым – соляные (галит - 320г/л, сильвинит, мирабилит) породы.
- Водопроницаемость горных пород – поровая, трещинная, по разломам.
- Наличие движущихся подземных вод (необходим постоянный водообмен).
- Растворяющая способность поверхностных и подземных вод (агрессивность), обусловленная их химическим составом, температурой, присутствием газов (CO_2 , H_2S), органических кислот и т.д.

Вертикальная гидродинамическая зональность

- Нижней границей **зоны аэрации** является уровень карстовых вод во время их максимального подъема.
- **Зона сезонного колебания** уровня карстовых вод имеет переходный характер. В периоды подъема уровня карстовых вод она сливается с зоной полного насыщения. В периоды спада этого уровня она присоединяется к зоне аэрации. Переходный характер определяет периодическую смену горизонтальной и вертикальной циркуляции карстовых вод в этой зоне. Вблизи речных долин, дренирующих карстующийся массив, мощность зоны сезонного колебания уровня карстовых вод тесно связана с амплитудой колебания уровня реки.
- **Зона полного насыщения** находится в сфере дренирующего воздействия местной гидрографической сети. Зона полного насыщения отличается круглогодичным (а не сезонным) движением карстовых вод, которое происходит в сторону речных долин, врезанных в обводненную толщу растворимых пород.
- **Зона глубинной циркуляции.** В глубоких горизонтах движение подземных вод является напорным, и при приближении к дрене проявляется его восходящий характер, который является одной из главных причин сильной закарстованности проницаемых растворимых пород, слагающих ложе долин.
- **Горизонтальная зональность:** присклоновая, придолинная, водораздельная.

Факторы, влияющие на развитие карста

- К природным факторам относятся:
- - неоднородность литологического строения и состава карстующихся пород, наличие в них нерастворимых слоев и примесей, текстурные особенности;
- - трещиноватость массива пород, ее интенсивность и пространственное распространение;
- - новейшая геологическая история района, характер и интенсивность неотектонических движений, обуславливающих формирование рельефа и положение местных и региональных базисов дренирования подземных вод;
- - рельеф карстового покрова, наличие покрова четвертичных глинистых пород и растительности, влияющих на поверхностный сток и инфильтрацию атмосферных осадков;
- - климатогидрологические факторы, отражающиеся на гидрогеологической обстановке карстующихся массивов пород: количество и распределение осадков, температура воды и т.п.; климатические факторы имеют зональный характер, оказывают наибольшее воздействие на карст в верхних частях массива, наибольшее развитие карст получает в условиях влажного и избыточно влажного климата, наименьшее в районах ММП.
- - тектонические структуры — складчатые и особенно разрывные, определяющие пути движения основных потоков подземных вод.

Влияние тектонических разрывов на гидродинамические зоны и на развитие карста

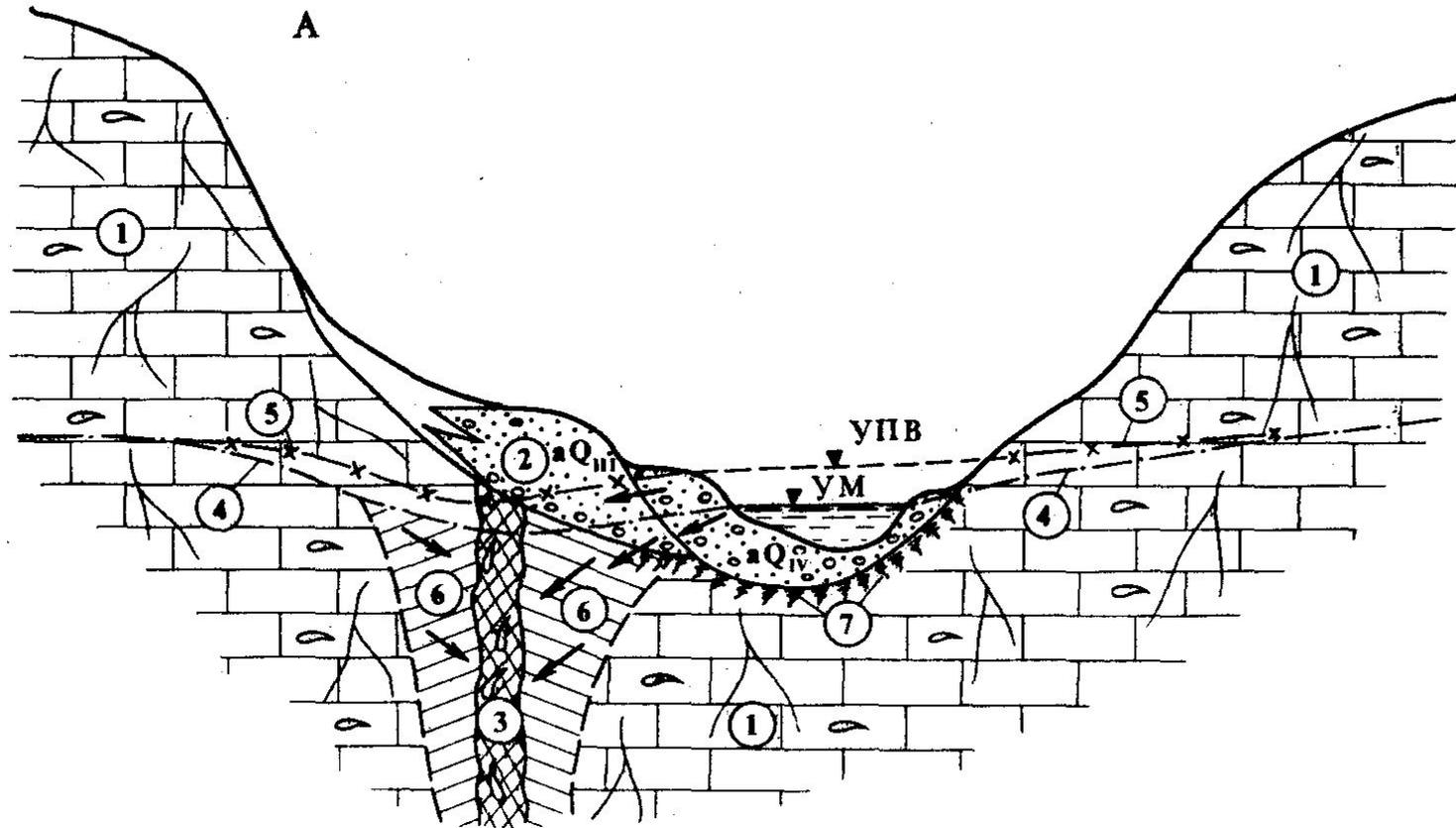
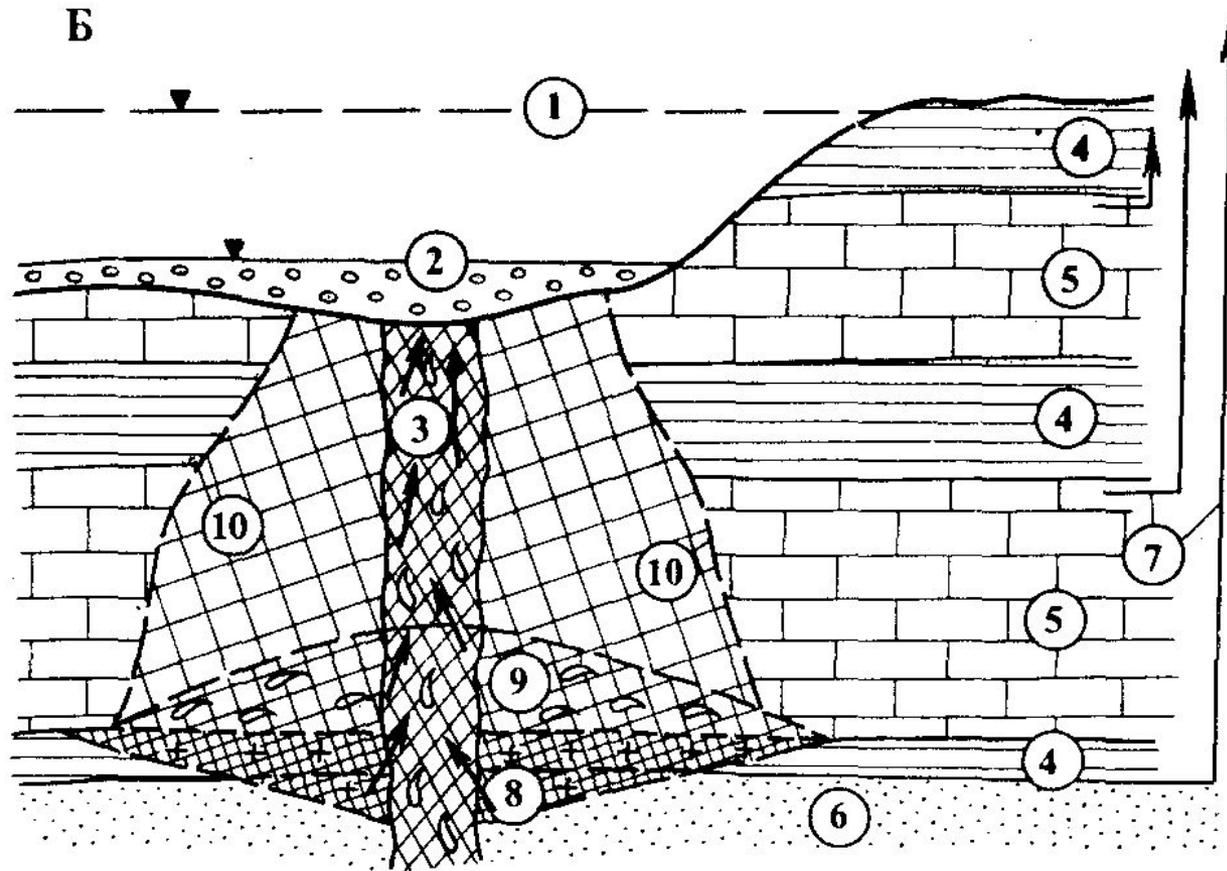


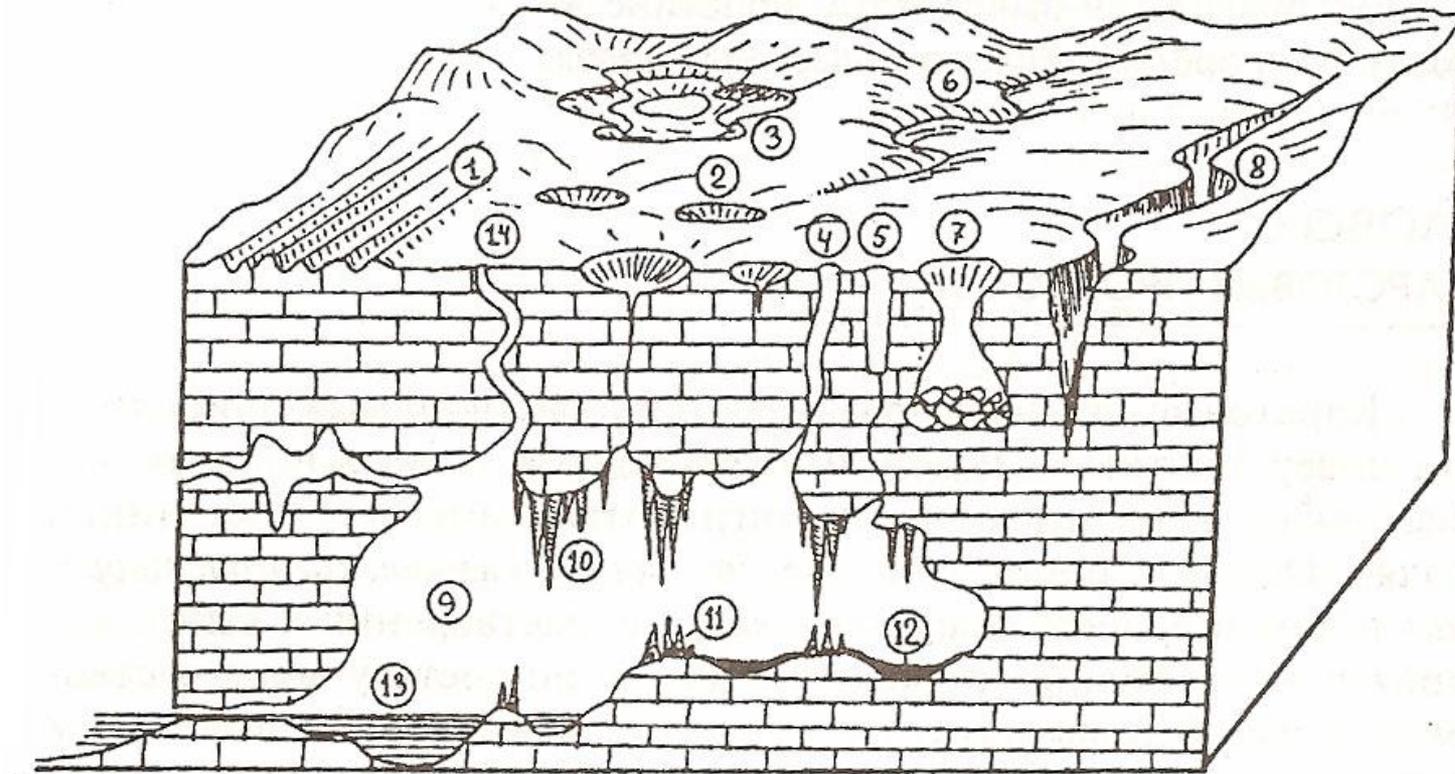
Схема развития карста, суффозии и сдвижения при разгрузке напорных вод по разлому



Карстовые формы:

1 – карры, 2 – воронки, 3 – полье, 4 – колодцы, 5 – шахты, 6 – исчезающие реки, 7 – провальные воронки, 8 – ущелье, 9 – пещера, 10 – сталактиты, 11 – сталагмиты, 12 – «терра-росса»,

13 – пещерное озеро, 14 – сифоны



Карстовые формы

- Среди карстовых *воронок* выделяют три основных генетических типа:
 - 1) воронки **поверхностного выщелачивания**, или чисто коррозионные, которые образуются за счет выноса выщелоченной на поверхности породы через подземные каналы в растворенном состоянии;
 - 2) **провальные** воронки, или гравитационные, формирующиеся путем обвала свода подземной полости, возникшей за счет выщелачивания карстующихся пород на глубине и выноса вещества в растворенном состоянии;
 - 3) воронки **просасывания, или коррозионно-суффозионные**, образующиеся путем вмывания и проседания рыхлых покровных отложений в колодцы и полости карстующегося цоколя.
- *Полья* – понижения в рельефе на карстующихся породах.
- По своему происхождению разделяются на следующие типы:
 - 1) тектонически-коррозионные и тектонически-коррозионно-эрозионные,
 - 2) возникшие путем подземного механического выноса нерастворимой породы, залегающей среди карстующихся известняков или на контакте с ними,
 - 3) образовавшиеся путем слияния группы смежных воронок и котловин при их росте в горизонтальном направлении,
 - 4) провальные.

Коррозионно-суффозионная воронка



Воронка в населенном пункте



Воронка в городе



Типы карста

- **Открытый** – карстующиеся породы обнажаются на поверхности.
- **Скрытый** - карстующиеся породы перекрыты: а) нерастворимыми непроницаемыми породами; б) нерастворимыми водопроницаемыми породами.
- В настоящее время в Российской Федерации выделяются следующие морфолого-генетические типы карста: 1) погребенный, или ископаемый, карст; 2) бронированный карст; 3) покрытый карст; 4) задернованный карст; 5) полуздернованный и частично задернованный карст; 6) голый карст; 7) останцовый тропический карст (в России только реликтовый); 8) карст, развивающийся в условиях вечной мерзлоты; 9) морской карст [Гвоздецкий, 1981].
- По составу карстующихся пород выделяются следующие литологические типы, с которыми совмещаются морфолого-генетические формы карста: 1) известняковый карст; 2) доломитовый карст; 3) карст в мраморах; 4) меловой карст, в том числе карст в мелоподобных мергелях; 5) гипсово-ангидритовый карст; 6) соляной карст.

Степень закарстованности пород

- Под *степенью закарстованности* горных пород следует понимать степень нарушенности их монолитности в результате образования разнообразных пустот и полостей при выщелачивании и растворении.
- Количественно закарстованность оценивается как отношение объема карстовых пустот и полостей в рассматриваемом объеме горных пород: $Z = v/V \cdot 100\%$
- где Z – показатель закарстованности пород в процентах, v – объем пустот в изучаемом объеме пород, V – объем пород, в пределах которого измерен объем карстовых пустот [Ломтадзе, 1977]

Методы оценки степени закарстованности территорий и пород

- Степень закарстованности пород оценивают главным образом косвенными приемами по данным:
- 1) геоморфологических наблюдений – подсчет количества воронок на единицу площади или отношение площади воронок к площади распространения карстующихся пород;
- 2) наблюдений и непосредственных замеров объёмов карстовых пустот в обнажениях (трещинная пустотность) и в самих карстовых пустотах;
- 3) наблюдений при проходке горных выработок и буровых скважин – провалы инструмента и потеря промывочной жидкости при бурении;
- 4) геофизических разведочных работ - электро и сейсморазведка;
- 5) специальных гидрологических наблюдений – по разнице расходов реки в различных створах равного поглощению речного стока;
- 6) определения объёма пустот при водоотливе;
- 7) опытных фильтрационных – откачек и нагнетаний по определению коэффициента фильтрации и удельного водопоглощения и опытных цементационных работ;
- 8) наблюдений за деформациями сооружений.

Скорость развития карста

- Замеры площадей участков, пораженных карстом, дают возможность рассчитать *среднюю пораженность территории карстовыми провалами* (в процентах) как суммарную площадь провалов (Σf) на единицу площади (F) исследуемой территории:
 $V = \Sigma f / F * 100\%$
- *В районах развития сульфатного и соляного карста необходимо знать не только степень закарстованности пород, но и скорость развития карста*, так как в гипсах, ангидритах и солях карст развивается с очень большой скоростью.
- Скорость развития карста характеризуется *показателем активности карста (А)* (по Н.В.Родионову, 1958), который показывает интенсивность развития карстового процесса (в процентах за тысячелетие):
- $A = v1000 / V * 100\%$,
- где $v1000$ – объем растворенной горной породы, выносимой подземными водами за 1000 лет, V – общий объем карстующейся породы. Крымская яйла – 0,08%.

Активность карста

- *Среднегодовое количество провалов (P) на единицу площади (F) рассчитывается по следующей формуле: $P = n/Ft$*
- где t – промежуток времени, n – количество карстовых провалов на исследуемой территории.
- *Среднегодовая поражаемость карстовыми провалами (B , %) – это суммарная площадь (Σf) провалов, образовавшихся за один год, на единицу площади (F) исследуемой территории: $B = \Sigma f / Ft$,*
- где t – промежуток времени.

Скорость развития карста

- Оценка степени устойчивости территорий по количеству воронок, образующихся на 1 км² за единицу времени (год):
 - 1) весьма неустойчивые – 5-10 воронок в год,
 - 2) неустойчивые – 1-5 воронок в год,
 - 3) средней устойчивости – 1 воронка от 1 до 20 лет,
 - 4) устойчивые – 1 воронка за 20-50 лет,
 - 5) весьма устойчивые – 1 воронка за более 50 лет.
- Гидрологический-гидрохимический метод оценки скорости растворения путем измерения химического состава вод реки в двух створах

Техногенные факторы активизации карстового процесса

- **Увеличение обводненности, интенсивности водообмена, скорости движения подземных вод при:**
 - 1) создании высоконапорных плотин и водохранилищ,
 - 2) организации длительных интенсивных эксплуатационных откачек подземных вод с большими понижениями для питьевых и хозяйственных целей, а также из подземных выработок, карьеров и котлованов,
 - 3) нагнетании промышленных вод, обычно агрессивных,
 - 4) создании водопроводных сетей и каналов различного назначения, из которых происходят длительные утечки воды.
- Растворение карстующихся пород значительно усиливается при действии такого фактора, как **агрессивность промышленно-хозяйственных вод**: высокая минерализация, температура, кислотность, газонасыщенность.
- Обнажение карстующихся пород на склонах и в искусственных выемках при строительно-планировочных работах, в карьерах, котлованах, удаление растительности, почвы и покровного слоя суглинков, способствующие **увеличению инфильтрации атмосферных осадков**.
- **Добыча солей.**

Инженерно-геологические исследования карста

- 1) глубина залегания растворимых пород от поверхности земли, рельеф их поверхности, мощность, состав и свойства покрывающих отложений;
- 2) мощность растворимых пород, степень их закарстованности, пространственное расположение поверхностных и подземных форм;
- 3) водопроницаемость и водообильность закарстованных пород, глубина залегания уровня карстовых вод и их напор;
- 4) интенсивность развития карста, виды, формы и частота его проявления, причины и условия, способствующие его развитию;
- 5) размер активной зоны проектируемых сооружений, ее распространение в толщу закарстованных пород, несущая способность закарстованных пород и покровных отложений (если проектируются сооружения глубокого заложения);
- 6) опыт строительства и эксплуатации сооружений в рассматриваемом районе [Ломтадзе, 1977].

Противокарстовые мероприятия

- Характер и объём противокарстовых мероприятий определяется инженерно-геологическими условиями и видом строительства.
- **Прекращение доступа поверхностных и подземных вод** к карстующимся породам с целью предотвращения карста:
 - - организация стока поверхностных вод;
 - - каптаж подземных вод и дренаж обводненных пород;
 - - водонепроницаемые покрытия.
- **Улучшение закарстованных массивов** пород:
 - - искусственное обрушение кровли карстовых пустот и заполнение их глинистым материалом;
 - - заполнение (тампонирование) карстовых полостей и трещин песком, щебнем и цементным раствором с помощью засыпки и нагнетания;

Противокарстовые мероприятия

- *При разработке соляных месторождений:*
 - - устройство противодиффузионных завес;
 - - искусственное засоление подземных вод.
- *При проходке горных выработок осушение при помощи откачек.*
- *Разнообразные конструктивные мероприятия при строительстве:*
 - - создание в кровле закарстованной толщи искусственно закрепленного слоя, который будет воспринимать нагрузку от сооружения;
 - - фундамент из свай стоек.

Исследование карста

- Задачи, содержание, виды и объёмы инженерно-геологических исследований карста зависят от: инженерно-геологических условий, вида строительства и стадии изысканий.
- Они включают:
 - - инженерно-геологическую съёмку;
 - - разведочное бурение;
 - - геофизические работы: электро- и сейсморазведку;
 - - опытные гидрогеологические работы;
 - - изучение климатических условий, растительности и гидрологии местности;
 - - режимные наблюдения;
 - - лабораторные работы.

СУФФОЗИЯ

Суффозия

- **Суффозия** (от лат. suffossio – подкапывание) – процесс механического выноса мелких частиц из грунтов, заполнителя трещин и полостей фильтрационным потоком подземных вод или размыв пород внутри толщи, обладающих низкой сопротивляемостью эрозионному воздействию движущихся подземных вод.
- Суффозия является результатом силового воздействия движущихся подземных вод на вмещающие их дисперсные грунты. Это либо большие скорости движения фильтрационного потока, который вымывает частицы, либо возникающее в фильтрационном потоке гидродинамическое давление.
- Различают химическую суффозию или выщелачивание – вынос воднорастворимых солей (гипс, карбонаты и др.) из нерастворимых осадочных пород, приводящий к разрушению структурных связей и уменьшению прочности, увеличению деформируемости и размываемости пород.

Условия развития суффозии

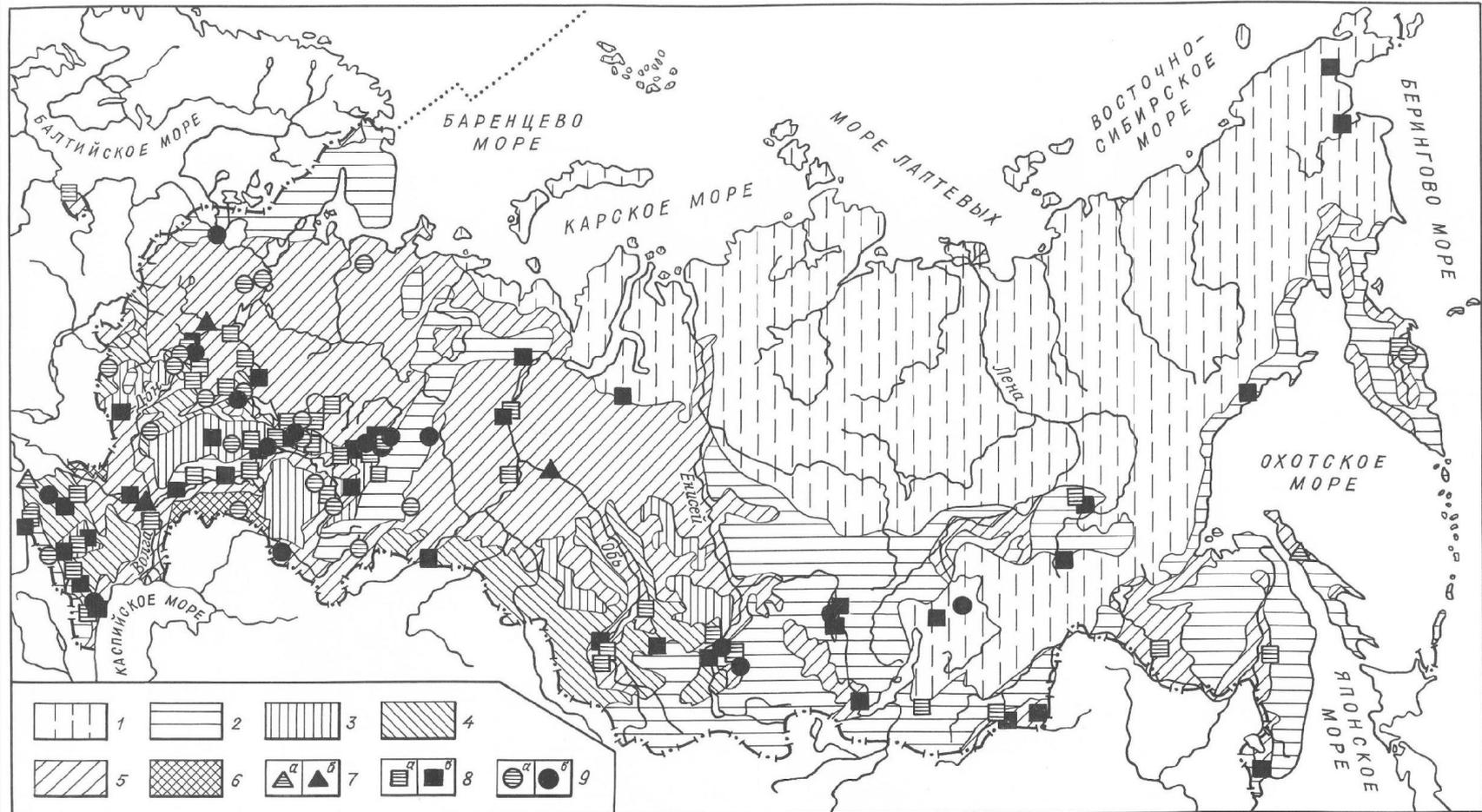
- Для развития суффозии необходимы следующие условия:
- 1) структурно-текстурная неоднородность (1:20) горных пород, при которой возможно передвижение более мелких частиц среди более крупных и их вынос;
- 2) определенные градиенты потока (>5), вызывающие повышенные скорости фильтрации воды или определенной величины гидродинамическое давление в массиве грунтов;
- 3) наличие области выноса, разгрузки толщи от мелких частиц.
- Суффозия происходит внутри пласта или путем переноса мелких частиц из одного пласта в другой.

Условия развития суффозии

- Процессам суффозии подвержены
 - - преимущественно пылеватые и мелкозернистые пески,
 - - лессовые и реже пылеватые и глинистые грунты,
 - - дисперсная составляющая образований из зон тектонических разрывов и накопления в карстовых полостях.
- Область выноса образуется при выходе грунтов на поверхность, вскрытии их котлованами, выемками, карьерами, подземными выработками, дренажами или при контактировании их с более водопроницаемыми породами, способными поглощать мелкие частицы, выносимые потоком из грунтов, подверженных суффозии

Схематическая карта развития суффозии на территории РФ (В.

П.Хоменко, 2003)



Условные обозначения к карте развития суффозии на территории РФ

- Области 1 – ограниченного развития суффозии; 2 – выноса заполнителя трещин и полостей в скальных грунтах и подземной эрозии; 3 – подземной эрозии в виде «глинистого карста»; 4 – подземной эрозии в виде «лёссового псевдокарста»; 5 – подземной эрозии и фильтрационного разрушения; 6 – интенсивного развития суффозии; 7 – псевдовулканической, 8 – присклоновой, 9 – закрытой (внутренней) суффозии: (а) - природного, (б) - техногенного происхождения

Виды суффозии

- Суффозионный вынос материала на земную поверхность называется внешней суффозией, а вынос в трещины и полости или перемещение внутри них – внутренней суффозией.
- Если материал выносится нисходящим потоком к подножию склона - *присклоновая суффозия*.
- Восходящая суффозия при восходящем потоке подземных вод - *псевдовулканическая*.
-

Техногенные факторы развития суффозии

- В настоящее время во всех индустриально развитых странах мира техногенная суффозия доминирует над природной [Хоменко, 2003].
- Суффозия широко распространена в районах добычи полезных ископаемых: присклоновая суффозия при открытой разработке твердых полезных ископаемых, а закрытая (внутренняя) – при подземной.
- В районах добычи нефти и газа способом заводнения нередки проявления псевдовулканической суффозии.
- На закарстованных территориях, в пределах крупных депрессионных воронок, сформировавшихся при эксплуатации месторождений подземных вод, часто отмечается интенсивное развитие закрытой суффозии, проявляющейся на земной поверхности в форме провалообразования.
- Широкое распространение суффозионных процессов наблюдается на подтопленных территориях и в районах орошаемого земледелия - подъем уровня грунтовых вод.
- Суффозия активно присклонового типа развивается на берегах равнинных водохранилищ.
- На территориях городов техногенная суффозия связана с подземной урбанизацией, со строительными работами, с утечками из водонесущих коммуникаций и с эксплуатацией подземных вод для целей водоснабжения.

Суффозия в скальных грунтах

- Суффозия развивается в трещиноватых скальных и полускальных грунтах при выносе заполнителя из трещин и карстовых полостей; то же в глинистых породах.
- Анализ кривой, аппроксимирующей зависимость минимальных (безопасных) градиентов фильтрационного потока (при фильтрации, направленной снизу вверх) от степени гранулометрической неоднородности породы, показывает, что чем больше степень неоднородности гранулометрического состава грунта, тем при меньших градиентах фильтрационного потока начинается суффозия (рис).

График зависимости минимальных (безопасных) градиентов фильтрационного потока от степени неоднородности породы при фильтрации снизу вверх (В.И.

Истомина)



Проявление суффозии в рельефе

- Суффозионные проявления поверхностные, как правило, это отрицательные формы рельефа, и подземные – структурные элементы массива горных пород.
- **Поверхностные суффозионные формы** могут быть как аккумулятивными (*конусы суффозионного выноса*), так и деструктивными (*поноры, провалы, оседания*).
- Наиболее типичные поверхностные проявления суффозионного процесса – **оседания и провалы**, представляющие собой замкнутые понижения земной поверхности округлой формы. Отличаются они тем, что оседания не сопровождаются нарушением сплошности земной поверхности, а провалы всегда ограничены резким уступом и имеют форму обращённого вершиной вниз усечённого конуса.
- Склоновые поверхностные проявления суффозии подразделяются на два типа.
- К первому относятся различные **ниши**, которые часто сопровождаются аккумулятивными формами в виде *шлейфов* и *языков*. Суффозионные ниши крупных размеров называются *пещерами*.
- Ко второму типу склоновых суффозионных проявлений относятся **оползни**, которые развиваются унаследованно на месте ниш.
- **Подземные проявления** – это структурные элементы массива горных пород. Они подразделяются на: *полости, псевдопльвинные зоны, зоны разуплотнения и зоны дезинтеграции*.

Изучение суффозии

- Изучаются: геологическое строение; свойства пород: гранулометрический состав, растворимые соли, трещиноватость и т.д.; условия движения поверхностных и подземных вод; рельеф.
- Методы: инженерно-геологическая съёмка; опытное изучение критических скоростей и градиентов в поле и в лаборатории.

Прогноз суффозионного процесса

- Изучается суффозионная устойчивость с помощью опытно-фильтрационных работ на кустах путем создания сосредоточенной фильтрации с разными скоростями через блок пород между скважинами одновременными нагнетаниями и откачками, для определения критического градиента, при котором возникает размыв пород.
- Прогнозируется возможное начало суффозионного процесса и возникновение провала.
- Для прогноза суффозии успешно применяется лабораторное моделирование.

Противосуффозионные мероприятия

- Все меры по локализации суффозионного процесса разделены на пассивные и активные.
- **Пассивные** мероприятия связаны с рациональным размещением инженерных сооружений, их конструктивными особенностями и проведением мониторинга природно-технических систем, расположенных в зонах возможного развития суффозии.
- **Активные** меры направлены на устранение причин развития процесса суффозии:
 - осушение или уменьшение скоростей фильтрации;
 - перекрытие мест выноса частиц породы фильтрующим грунтом – обратный фильтр;
 - искусственная цементация.
- Противосуффозионные мероприятия делятся также на профилактические и оперативные. Профилактические меры используются еще до начала эксплуатации сооружения, а оперативные – в условиях взаимодействия сооружения с окружающей средой.

ПРОЦЕССЫ В ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ

Процессы в подземных горных выработках

Изменение напряженно-деформированного состояния массива пород вокруг горной выработки.

Горное давление – это нагрузка, которая передается горной породой на обделку (крепь) в результате их взаимодействия.

Изменение состояния горных пород при вскрытии горными выработками начинается с их **разуплотнения**, которое происходит тем большее, чем выше уровень действующих в массиве напряжений. Образуются трещины разгрузки и далее выветривания.

Пучение и выпор

- **Пучение** - процесс выдавливания породы в горную выработку, обусловленный действием горного давления. Пучение, иначе выдавливание или **выпор**, характеризуется увеличением объёма горных пород и вызывается их набуханием, выдавливанием из-под целиков и другими причинами. Процесс наблюдается преимущественно в почве горных выработок в глинах, аргиллитах, алевролитах, глинистых и песчано-глинистых сланцах и, редко, в глинистых песчаниках.
- **Геологические факторы:** 1) геологическое строение, литология и условия залегания полезного ископаемого и вмещающих горных пород, мощность и выдержанность отдельных слоев; тектоническая обстановка, палеорельеф, глубина залегания полезного ископаемого; 2) состав, текстура, структура и структурные связи полезного ископаемого и вмещающих пород; 3) гидрогеологические условия месторождения: обводненность, водопроницаемость, мощность водоносных горизонтов, величины напоров, состав подземных вод; 4) прочность, деформируемость, реологические свойства полезного ископаемого и вмещающих пород; их влажность, плотность, трещиноватость, водостойчивость, теплоемкость, температуропроводность.
- **Техногенные факторы:** 1) глубина выработки; 2) положение выработки по отношению к элементам залегания промышленного пласта и пород почвы; 3) положение выработки относительно очистных работ или других выработок; 4) размеры и форма выработки; 5) размеры целиков; 6) технология и скорость проведения горных работ; 7) конструкция и податливость крепи.

Вывалы и обрушение пород кровли

- **Вывал** - локальное обрушение небольшого объема горных пород преимущественно из кровли горных выработок, отделяющегося при определенном сочетании в породах поверхностей и зон ослабления, обусловленных слоистостью, сланцеватостью, трещиноватостью, дроблением и пр.
- Вывалы образуются как в призабойной части горных выработок по мере продвижения забоя, так и в выработанном пространстве незакрепленных выработок и имеют различную форму и размеры в зависимости, от типа пород слагающих кровлю, от их прочности, трещиноватости и слоистости.

Горные удары и стреляние

- Динамические явления вызываются накопленной потенциальной энергией упругого сжатия пород и ее внезапным высвобождением в форме цепной реакции мгновенного хрупкого разрушения участка массива, находящегося в предельном напряженном состоянии.
- **Горный удар** породы (угля, песчаника, руды и т.д.) – это быстро протекающее хрупкое разрушение угольного целика, краевой части пласта или боковых пород, находящихся в предельно напряженном состоянии, проявляющееся в виде отброса или выдавливания породы в горные выработки и приводящее к повреждению горной крепи, смещению машин, оборудования и нарушению технологического процесса (Инструкция ..., 2004). Удар сопровождается резким звуком, образованием большого количества пыли и воздушной волной.

Горные удары

- Основными геологическими условиями, определяющими развитие горных ударов, являются: строение участка месторождения или шахтного (рудного) поля, характеризующееся наличием в разрезе однородных и достаточно мощных удароопасных слоев, толщ или зон полезного ископаемого или вмещающих пород с определенными показателями физико-механических свойств; их сильная тектоническая нарушенность и высокое или избыточное естественное напряженное состояние.
- Динамические явления наиболее интенсивно проявляются в породах, рудах и углях, отличающихся повышенной твердостью, высокой степенью литификации, обладающие высокой плотностью, прочностью и хрупкостью, умеренной текучестью, и пониженной скоростью релаксации напряжений.
- Динамические явления приурочены к областям и участкам новейших и современных тектонических движений и распространены, преимущественно, в складчатых областях, в пределах сводов и крыльев крупных антиклинальных и синклинальных складок, в пределах тектонических блоков, ограниченных глубокими разрывами, надвигами.
- **Горный удар возникает вследствие нарушения системы «полезное ископаемое – вмещающие породы» в том случае, когда скорость деформации, определяемая нарастанием напряжений, превышает максимальную скорость пластического деформирования пород, находящихся в предельно напряженном состоянии.**

Стреляние

- **Стреляние** горных пород – это быстрое откалывание и отскакивание кусков породы от обнаженной поверхности в горных выработках, сопровождающееся звуковым эффектом и возникающее вследствие их хрупкого разрушения при соответствующем напряженном состоянии. Чаще и сильнее всего куски отделяются с боков выработки, реже в почве и ещё реже – в кровле. Отделение происходит параллельно обнаженной поверхности забоя как сразу после проведения выработки, так и спустя несколько недель или даже месяцев.

Суффозия, пlyingуны, прорывы воды и глин

- Разработка месторождений полезных ископаемых часто сопровождается вскрытием водоносных горизонтов и комплексов, что вызывает изменение направления движения подземных вод в сторону выработанного пространства и формирование новой депрессионной поверхности, и, как следствие, развитие разнообразных фильтрационных явлений и деформаций:
 - 1) суффозия;
 - 2) разжижение песков-пlyingунов и их перемещение в выработанное пространство;
 - 3) выпор, прорыв подземных вод и пlyingунов в горные выработки и их затопление.
- Все фильтрационные явления связаны с подземными водами и обусловленным ими действием гидростатических, гидродинамических и химических (коррозионных) сил на устойчивость горных пород и, соответственно, на устойчивость горных выработок и безопасность ведения горных работ.
- В числе мероприятий, направленных на предотвращение прорывов подземных вод в горные выработки: осушение массивов и соблюдение технологии крепления горных выработок.