**Карст** (карстовые явления) – целый ряд явлений, вызванных растворением (выщелачиванием) некоторых горных пород. Впервые эти явления были изучены на известковом плато Карст в Югославии. Они встречаются там, где распространены растворимые породы: каменная соль, гипс, мел, известняки, доломиты. Поверхностные и подземные воды выщелачивают в них большие и малые полости, имеющие нередко причудливые формы, образующие пещеры, провалы, гроты. Когда рушится кровля над карстовыми пустотами или выщелачиваются породы, возникают своеобразные формы рельефа – карстовые. Из них наиболее распространены воронки различных размеров и форм, котловины и провалы; кары – углубления, канавы, щели, борозды, прорезающие земную поверхность. Под влиянием карста происходит немало удивительных явлений: пропадают (в буквальном смысле проваливаются под землю) реки, ручьи, озёра; на морском дне из карстовых полостей изливаются пресные воды. Некоторые легенды о внезапно исчезающих городах (например, о Китеже) связаны, скорее всего, под впечатлением карстовых провалов. Изучение карста связано прежде всего с практическими нуждами: строительством поселений и отдельных сооружений, эксплуатацией железных дорог и т.д. Карст очень осложняет подземные работы: проходку шахт, тоннелей, штолен. Но под землёй карст может стать и помощником человека: по карстовым пещерам спелеологам удаётся проникнуть на сотни метров в глубины гор.

Ново-Афонская пещера на Кавказе

Карстовые пещеры – замечательные создания природы. Причудливые лабиринты, галереи, величественные гроты и «бездонные» пропасти; каменные «сосульки» сталактитов и сталагмитовые колонны; бурные потоки, водопады и тишайшие озёра; особый животный мир – всё это встречается в карстовых пещерах. Некоторые из них очень велики. Знаменитая Кунгурская пещера в Предуралье имеет длину 4,6 км. Карст бывает древний и современный. Для его образования недостаточно присутствия растворимых пород. Большое значение имеет глубина залегания подземных вод, их химический состав, рельеф, климат, а также деятельность человека.

Карст, карстовые явления (нем. Karst, от названия плато Карст, или Крас, в Югославии), явления, возникающие в растворимых природными водами горных породах, и процесс их образования. Карст (геолог.) характеризуется комплексом поверхностных и подземных форм, своеобразием циркуляции и режима подземных вод, речной сети и озёр: развивается в карбонатных и некарбонатных породах. В пределах материков обнажённые и погребённые карстующиеся породы занимают (в млн. км2): карбонатные — до 40 гипсы и ангидриты — около 7, каменная соль — до 4. Карбонатные породы растворяются при участии свободной углекислоты

(CaCO3 + H2O + CO2 « Ca+++ 2HCO–3)

или других минеральных и органических кислот. Сульфатные породы и каменная соль могут растворяться в воде без сопутствующих реакций. Карст (геолог.) развивается под совокупным воздействием поверхностных и подземных вод. Растворение горной породы часто сопровождается механическим размывом. При этом размыв может подготавливаться растворением спаек между зёрнами породы, что освобождает их от сцепления и облегчает смыв.

Для поверхности карстовых местностей характерны мелкие борозды — карры, замкнутые углубления: воронки, ванны, котловины, полья, естественные колодцы и шахты, слепые (замкнутые в нижнем конце) долины и балки. Особенно типичны воронки (конические, котлообразные, блюдцеобразные либо в виде ям неправильной формы) диаметром от 1 до 200 м и глубина от 0,5 до 50 м. На дне воронок и других понижений встречаются водопоглощающие отверстия — поноры. Котловины и воронки могут то заполняться водой, то осушаться (периодически исчезающие озёра). Котловины площадью до нескольких десятков и сотен км2, с крутыми бортами, ровным дном, исчезающими речками и ручьями известны под названием польев.Карры (от нем. Karren), борозды (глубиной от нескольких сантиметров до 1—2 м и более), характерные для областей развития голого карста. Расположены параллельными рядами или ветвистыми лабиринтами, обычно разделены узкими, острыми гребнями. Возникают в результате выщелачивания дождевой, талой снеговой, реже морской и речной водой поверхности известняков и др. растворимых горных пород. Часто развиваются по трещинам (трещинные Карры (карст) и др.). На крутых скалистых поверхностях Карры (карст) не связаны с трещинами (желобковые Карры (карст), стенные Карры (карст)). Нередко Карры (карст) занимают большие площади, образуя карровые поля.

В закарстованных массивах образуются различные подземные ходы, полости, пещеры, которые часто развиваются вдоль трещин. Длиннейшие пещеры мира превышают 100 км (например, пещерные системы Флинт-Ридж в Кентукки, США, Хёллох в Альпах, Швейцария). Глубокие карстовые колодцы и естественные шахты, или пропасти, составляют переход между поверхностными и подземными формами Карст (геолог.) Глубочайшие пропасти мира — Пьер-Сен-Мартен 1110 м (Франция — Испания) и Берже 1122 м (Изер, Франция). В СССР Назаровская пропасть в районе Сочи на Западном Кавказе имеет глубину около 500 м.

Пещеры, крупные полости в верхних толщах земной коры, сообщающиеся с поверхностью земли входными отверстиями. Образуются путём выщелачивания и размыва растворимых водой горных пород - известняков, доломитов, гипсов и др. (карстовые Пещеры, см. Карст), а также в результате суффозии, подземного размыва трещин выветривания (глинистый псевдокарст), абразии, выдувания продуктов выветривания скальных пород, образования раскрытых тектонических трещин, неравномерного отложения некоторых геологических образований, например травертинов, вытекания лавы из-под уже застывшей лавовой корки, таяния льда (ледниковые гроты) и др. процессов. Наиболее крупные Пещеры - карстовые. Они представляют собой сложные системы проходов и залов суммарной длиной обычно в несколько десятков км (см. таблицу). Полости карстовых Пещеры, особенно в известняках, часто украшены разнообразными капельными и натёчными образованиями: сталактитами, сталагмитами, колоннами (сталагнатами), каменными занавесями и драпировками.

На дне карстовых Пещеры встречаются подземные ручьи, реки и озёра. Пещеры могут простираться в горизонтальном направлении (горизонтальные Пещеры), круто опускаться вниз или состоять из более или менее горизонтальных полостей, чередующихся с крутыми и вертикальными подземными каналами, уходящими на значительную глубину (глубочайшие карстовые пропасти мира - Пьер-Сен-Мартен и Берже во Франции - соответственно 1171 и 1141 м). Нередко встречаются многоэтажные Пещеры.

Климатический режим Пещеры зависит от того, направлена ли полость вверх от входа (тёплые Пещеры) или вниз (мешкообразные холодные Пещеры), либо Пещеры является сквозной, продувной. В мешкообразных и сквозных Пещеры иногда встречаются не исчезающие летом ледяные образования - ледяные кристаллы, сосульки, наплывы. Такие Пещеры называются ледяными (Кунгурская в Приуралье, Балаганскаяв Приангарье и др.).

Пещеры населены своеобразной пещерной фауной, ряд представителей которой встречается в сходных условиях и на поверхности земли. Некоторые Пещеры использовались людьми каменного века как жилища. В них находят кости вымерших животных, орудия труда и костные остатки первобытного человека, рисунки и росписи на стенах и потолках (см., например, Альтамира, Капова пещера). Комплексным изучением пещер занимается спелеология. Многие пещеры мира являются объектами туризма.

Пещерная фауна, спелеофауна, комплекс животных, обитающих в пещерах, трещинах горных пород и иных местообитаниях гипогеи (подземной области жизни). Изучается биоспелеологией, смыкающейся с наукой о жизни в подземных водах - фреатобиологией (или включающей последнюю). Для Пещерная фауна характерны представители многих групп беспозвоночных, а из позвоночных - некоторые земноводные (например, протей) и пещерные рыбы. Пещерная фауна делят обычно на 3 экологические группы: троглобионтов (постоянных обитателей гипогеи), троглофилов (живущих помимо гипогеи, где они проходят полный жизненный цикл, и вне её, в сходных условиях) и троглоксенов (проходящих в гипогее часть жизненного цикла). Для троглобионтов характерны депигментация, слепота, а также (для животных, обитающих в крупных подземных полостях) удлинение придатков, иногда увеличение размеров тела (так называемый пещерный гигантизм); обмен веществ у них замедлен, жизненный цикл обычно растянут. Пещерам, как правило, присущи высокая влажность воздуха, что смягчает различия между условиями в воде и на суше (поэтому водные животные могут здесь долго жить вне воды, а сухопутные переносят периодические затопления, иногда добывают пищу в воде), а также постоянная температура. В связи с отсутствием в гипогее зелёных растений, жизнь здесь поддерживается внесением органических остатков извне (гуано летучих мышей, приносимые водой растительные остатки и т.п.) и деятельностью автотрофных хемосинтезирующих бактерий (например, Perabacterium spelei в пещерах Франции). Многие троглобионты - реликты больших или малых древних фаун. Сухопутная Пещерная фауна формируется за счёт фауны, обитающей в лесной подстилке, почве, норах и т.п., водная - в значительной части имеет морское происхождение.

Пещерные рыбы, мелкие рыбы (длина до 10—13 см), обитающие в водоёмах пещер и карстовых полостей; составная часть пещерной фауны. К Пещерные рыбы относятся: 4 вида из 3 родов сем. Amblyopsidae (обитают в Северной Америке, преимущественно в пещерах бассейна Миссисипи) из отряда карпозубообразных; 4 вида из 3 родов семейства Brotulidae (полуостров Юкатан, Куба и Багамские острова) из отряда окунеобразных; 1 вид семейства Characidae (Мексика) и 1 вид семейства Cyprinidae (Африка) из отряда карпообразных; несколько видов из семейства Ictaluridae, Amiuridae, Clariidae и некоторых др. отряда сомообразных. Все Пещерные рыбы живородящи или вынашивают икру в жаберной полости. Глаза полностью или частично редуцированы.

Комплекс поверхностных и подземных карстовых форм наиболее полно выражен в том случае, когда поверхность растворимых горных пород обнажена — голый Карст (геолог.) Но растворимые горные породы могут быть покрыты: слоем почвы и дёрна (тогда отсутствуют обнажённые карры) — задернованный Карст (геолог.); нерастворимыми рыхлыми осадками (для поверхности характерны воронки и другие формы «просасывания», образующиеся путём вмывания в трещины и пустоты карстующихся толщ рыхлых покровных образований) — покрытый Карст (геолог.); нерастворимыми скальными образованиями (из поверхностных форм характерны только провалы) — бронированный Карст (геолог.) Растворимые породы могут быть вообще глубоко погребены под некарстующимися толщами, и тогда карстовые формы на поверхности не выражены — погребённый Карст (геолог.) Своеобразные карстовые ландшафты наблюдаются в тропических странах, нередко с характерными останцами из известняков (конический Карст (геолог.), башенный Карст (геолог.) и др.). Своеобразно протекают карстовые процессы в условиях распространения многолетнемёрзлых горных пород.

Карстовые местности бедны поверхностными водотоками. Реки и ручьи часто уходят в подземные полости, проделав в них часть своего пути, выходят опять на поверхность в виде мощных источников (воклюзов), главным образом по краям карстовых массивов. Циркуляция подземных вод наиболее интенсивна в придолинных участках и в зонах тектонических нарушений, где сильнее развивается Карст (геолог.) В платформенных равнинных условиях внутренней части («ядра») водоразделов обычно бывают закарстованы слабее, чем придолинные участки.

С карстовыми явлениями внешне сходны явления псевдокарста, возникающие во льду и мёрзлых грунтах (термокарст), в мелкообломочных и пористых грунтах («кластокарст», «глинистый Карст (геолог.)», «лёссовый Карст (геолог.)», механическая суффозия, просадки); в их развитии основную роль играют физические процессы — таяние льда, механическое воздействие движущейся воды и пр. Процессы, связанные с выщелачиванием солей из рыхлых грунтов, с растворением известкового и гипсового цемента песчаников и конгломератов, составляют группу карстово-суффозионных процессов. В этих породах вода растворяет только включения или цемент, а основная масса породы (глинистые частицы, песок, галька) удаляется механическим действием движущейся воды.

Карст осложняет промышленное, жилищное и транспортное строительство, сооружение ГЭС, водохранилищ (известны случаи фильтрации воды из водохранилищ и даже разрушения плотин из-за явлений Карст (геолог.)). Подземные полости и трещины уменьшают прочность грунта, что заставляет вести специальные изыскания при строительстве, прокладке дорог и т.д. При относительно слабом развитии Карст (геолог.) допускается строительство жилых зданий в 5 этажей с обязательным усилением фундаментов, закладки железобетонных поясов и т.п.

Карст (геолог.) нередко затрудняет добычу полезных ископаемых в закарстованных массивах, но иногда используются его дренирующие свойства. Вместе с тем некоторые полезные ископаемые выполняют карстовые полости, образуя месторождения свинцовых, цинковых и железных руд, бокситов, фосфоритов, нефти и горючих газов, россыпей золота, алмазов и др.

В СССР Карст (геолог.) развит во многих районах на Восточно-Европейской равнине, в Крыму, на Урале и в Предуралье, на передовых хребтах Большого Кавказа, в Средней Азии (плато Устюрт, хребты Каратау, Алайский, Зеравшанский, Петра Первого и др.), местами в Казахском мелкосопочнике, в горах Южной Сибири, в Приангарье и на Дальнем Востоке. За рубежом особенно интенсивно Карст (геолог.) развит в Югославии, считающейся страной классического Карст (геолог.), во многих др. странах Западной Европы, в различных районах США, в Вест-Индии (на Кубе, Пуэрто-Рико, Ямайке), в Китае (особенно в Гуанси-Чжуанском автономном районе и провинции Юньнань), на полуострове Индокитай и др.

Карстовые пещеры Горного Крыма

В Горном Крыму карст получил весьма значительное распространение, особенно в пределах Первой гряды Крымских Гор. Это связанно как с литологическими особенностями яйл (позднеюрские толстослоситые мраморированные известняки), так и с тем обстоятельством, что значительная часть осадков приурочена именно к наиболее возвышенной части полуострова. В предгорной и степной части Крыма карстовые явления также распространены, все же именно выровненная вершинная поверхность Крымских гор (яйлы) считается классическим районом распространения карста.

Карст в пределах Горного Крыма изучался методами геоморфологии, гидрографии, картографии, но также и геофизическими методами (Головцин и др. 1966), на Ай-Петринской яйле проводились довольно тонкие наблюдения над составом и количеством атмосферных осадков.

Поверхность яйл представляет собой древнюю эрозионную поверхность, срезающую слои под углом, что создает благоприятные условия для развития карста: вода может проникать вглубь массива как по тектоническим трещинам, так и по наслоению. Система тектонических трещин во многом определяет рисунок карстового рельефа, согласно системам трещин закладываются крупные врезы поверхностных водотоков (например, Большой каньон Крыма), и искажаются формы карстовых воронок, приобретая эллипсовидную форму, вытянутую вдоль преобладающей системы трещин.

Средняя скорость карстовой денудации по данным В.Н. Дублянского составляет в целом для Горного Крыма около 21.8 мм/1000 лет (Дублянский 1971,1977), без учета поверхностного стока (расчеты производились исходя из состава подземных вод), следовательно, реальная скорость еще больше. В Крыму изучение процессов и результатов карстования имеет огромное практическое значение: основные пути водоснабжения связаны с подземными водоносными горизонтами, приуроченными к зоне контакта флиша таврической серии и верхнеюрских известняков. Мощные источники выходят в северном склоне Крымских гор.

Плато Чатырдаг представляет собой яркий пример территории, на которой процессы карстования доминируют над остальными современными процессами. Плато представляет собой изолированный массив плотных верхнеюрских известняков, служащих водоупорами, вытянутыми в меридиональном направлении. Его северный край опущен, восточный и западный слабо приподняты, а южный край круто задран, что в общем создает форму совка, открытого на север. Его средняя нижняя часть имеет среднюю высоту около 900м, и представляет собой полье. Его поверхность представляет собой чередующиеся воронки и пологие увалы. В целом средняя часть плато дренирует всю поверхность массива через систему поноров и колодцев, соединяющих поверхность и подземные полости вплоть до сплошных водоносных горизонтов вблизи контакта с флишем таврической серии. Всю систему можно представить как большую воронку с областью сбора примерно 40 км.кв.

Следующий по масштабу структурный уровень представлен отдельными воронками, диаметр которых изменяется в широких пределах - от 20 до 200 м. Значительно различаясь по глубине и форме, воронки имеют сходное строение: пологое коническое углубление в центре имеет дренирующий канал - понора или колодец. Дренирующий канал часто вскрыт в виде провала, или зияющей трещины, в остальных воронках понора забита глинистым материалом, и перекрыта дерном, так что на дне воронки выделяется одна или несколько пятен буйной растительности, расположенных над входами понор. На поверхности обнажающихся в склоне воронок известняков также развит карст. Воронки на плато Чатырдаг имеют как правило асимметричную форму, склон, слагаемый полого падающими известняками, пологий, а противоположный, секущий эти известняки - крутой, из отдельных уступов.

Карры на склоне воронок создают третий структурный уровень с характерным размером 3-5 см. Таким образом, наружный карст на плато Чатырдаг можно рассматривать на трех структурных уровнях, подобных друг другу. Их характерные размеры 5-10 км для полья в целом, 150-200 м для отдельных воронок и 3-5 см для карров. (10000 : 100 : 0.1), они различаются на 2- 3 порядка.

Подземный карст представлен системой поноров, колодцев и галерей. Эти полости также очень сильно различаются по размерам. Самые крупные - русла подземных рек, как живые, развивающиеся, так и мертвые, оставленные водой. Их ширина может достигать 5-10м , высота также до 10 м, в нисходящих колоколах до 15-20 м. Такие крупные полости развиты вдоль протяженных трещин, в точности повторяя их изгибы. Стены и потолок обычно гладкие, но в зоне нисходящих водотоков потолок представлен колоколами с натечными формами в нижней части. Натеки сложены арагонитом и при изменении условий среды начинают быстро разрушаться, покрываясь грубой желтой коркой с бурым налетом глинистых частиц в случае вентиляции ходов поверхностным воздухом. Вертикальные колодцы таких размеров имеют, как правило, неровный профиль, борозды по стенам вдоль течения воды. Рельеф стен осложнен действием других агентов выветривания, часто имеет обломочное строение. В крупные полости выходит большое количество более мелких ходов и понор. В основном они имеют неправильную форму, размыты главным образом вдоль крупных трещин, расширяя их и способствуя развитию новых. В пещеру они выходят в виде аппендиксов, сужающихся в сторону от крупной полости. В основном такие ходы забиты рыхлым глинистым материалом, в котором развивается вторичная минерализация (кальцит). Постоянный пронос глинистых и почвенных сачтиц - также характерная черта подземного карста. Мелкие ходы и поры развиваются по трещинам, неизмененным или слабо расточенным. Таким образом, в подземном карсте можно также выделить три структурных уровня, с характерным диаметром ходов 5-7м, 10-20 см и 0.5-2 см. (500: 20: 1) причем различие в масштабе между уровнями примерно на порядок. То есть, налицо существенный меньший контраст масштабов, можно заключить, что поверхностный карст существенно интенсивнее глубинного.

Совместно с карстованием на поверхности плато развиваются и оползневые маломасштабные процессы. К эго-востоку от пещеры Эмине-Баир-Хосар в пологом склоне внешнего кольца воронки (ТН70) обнажаются отдельные гряды и площадки известняков, выступающие над дерном на 10 - 15 см, Гряды вытянуты с юго-запада на северо-восток, АЗ=30, вдоль системы трещин. В этих выходах развит дырчатый и линейный карст, карры глубиной до 20 см , диаметром до 2-5 см. Они располагаются по площади площадок либо неупорядоченно, либо вдоль системы трещин, параллельной грядам. Другая система менее развита, по ней развиваются отдельные бороздки, АЗ=130, юго-запад. М ежду дырками развиваются бороздки, напоминающие миниатюрные эверзионные котлы. В целом поверхность площадок очень неровная.

В зависимости от структуры пород форма карров сильно меняется, но общее направление их развития остается неизменным.

Крутизна склонов воронки в этом месте не превышает 10 град., но ближе к центру крутизна склона возрастает сначала до 20 град., в нижней части выхолаживается, так что дно практически ровное, с буйной растительностью. В склоне выступают отдельные глыбы с замытой верхней поверхностью. Воронка имеет асимметричную форму, вытянутую с юго-востока на северо-запад, южный и западный склоны воронки содержат стенки известняков до 2м, у подножия в небольшом количестве крупная осыпь. В условиях постоянных водотоков карстование приводит к очень глубокой врезке потоков, и образованию практически гладких стен каньонов. В русле потока развиваются эверзионные котлы, поверхность известняков прорезаются желобами вдоль секущих трещин, образуя местами рисунок русла, похожий на меандры. В общем русло разделено на отдельные плесы и перекаты, плесы имеют вид разлитых луж на пологих округлых известняковых поверхностях, а перекаты образованы системой глубоко врезанных эверзионных котлов и соединяющих их наклонных желобов-проток. В глубоких каньонах на поверхность выходят водоносные горизонты, давая начало обильным источникам, например родник Пания в Большом Каньоне.

Наиболее крупные карстовые полости имеют собственные названия, они известны уже давно как достопримечательности и предметы мифов. В северной части нижнего плато Чатырдаг среди большой группы пещер около уступа плато находится вход в пещеру Эмине-Баир-Хосар. В пологом склоне на поверхность выходит колодец, диаметром до 2 м, Его глубина 7м., ниже начинается осыпной конус в обширном зале. От этого зала расходится сложная сеть проходов различной ширины, частично заросших сталагматами ("каменный лес"). На поверхности многих сталогматов развиты кораллиты, более ветвистые в нижней части. Те, что расположены ближе к колодцу, покрыты присыпкой серых почвенных частиц, и быстро разрушаются. Из многих натечных форм кораллиты растут медленнее всего.

В нижних залах пещеры, объявленных заповедными, процесс образования натечных форм преобладает над разрушением и по сей день, в верхних же залах преобладает выветривание. Пещера окультурена и посещаема. Температура поэтому в ней несколько выше, чем в неизмененных пещерах, а около ламп пятнами развиваются лишайники и водоросли, способствующие биогенному выветриванию. На потолке вдоль трещин вырастают арагонитовые гребни, завершающиеся сталактитами различной толщины. Вместе с пещерой Мраморной Эмине-Баир-Хосар является основным экскурсионным объектом Чатырдага, её закрытые залы - интереснейшим заповедником.

Ближе к центру нижнего плато располагается группа воронок различного размера и морфологии. Среди них выделяется крупная воронка с очень крутой центральной частью (одна стенка вертикальная, склон до 35-40), внешнее кольцо поросло редкими деревьями. Воронка завершается колодцем, и называется Бездонной. Диаметр внешнего кольцадо 100м, внутреннего 40-50 м. В самой воронке тоже растут несколько деревьев, нижние на глубине 7-10 ниже поверхности. Ниже находится несколько уступов, замшелых и тенистых, на дне воронки на глубине примерно 40 м от поверхности находится горлышко, ниже которого условия резко меняются. Влажность возрастает до 100%, освещенность резко падает. Пятнами на стенах растут мхи и лишайники. Ниже температура начинает падать, на глубине 70 м от поверхности колодец образует раздув, до 15 м за счет обрушения одной из стен, которая отслаивается тонкими плитками параллельно поверхности колодца, образуя в стенке гребенку, обращенную вниз. В карманах лежит снег, занесенный зимой, он сохраняется до середины лета. Ниже еще одного горлышка до дна пещеры спускается малоизмененный по форме колодец с бороздами от вертикальных водотоков, их ритм 2-3 см. На глубине 130 м от поверхности колодец входит в колокол, в нижней его части на стенах развиты натечные формы (сталактиты, сталагматы).

Дно пещеры сложено плитчатой осыпью, в две стороны расходятся галереи. Одна сразу же входит в зону куполов, их стены покрыты натеками, но дно также сложено плитчатой осыпью. Другая галерея уходит полого вниз, имеет округлые очертания профиля, без натеков. Галерея заложена по трещине, которая теперь видна в потолке, повторяя изгибы галереи. Единственные натеки в галерее развиты вдоль этой трещины.

Все натеки в пещере покрыты кавернозной желто-коричневой коркой, дно сухое - в общем, пещера не развивается, разрушается начиная с верхней части колодца.

Сильно закарстованные массивы представляют живые системы, в которых кроме постепенной транспортировки материала сверху вниз постоянно происходит рождение и уничтожение разнообразных форм рельефа, изменения слагающих горных пород. Эта система состоит их разномасштабны подобных элементов, взаимодействие которых создает очень сложные картины.