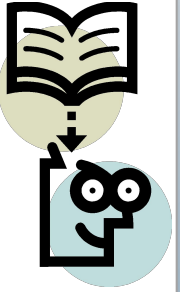


# **ВЫВЕТРИВАНИЕ**





# **ВЫВЕТРИВАНИЕ**

*(В.А. Приклонский, Н.В. Коломенский, Г.С. Золотарев)*

***совокупность физических, физико-химических и биохимических процессов, изменяющих состав, состояние и свойства горных пород в верхней части земной коры под влиянием колебаний температуры; подземных вод, содержащих кислород, углекислый и другие газы; почвенных кислот; деятельности организмов и техногенных факторов***

## **Процесс выветривания**

- влияет на физико-механические свойства пород (плотность, прочность, деформируемость, размываемость, водопроницаемость и др.)**
- является первоначальным процессом, который подготавливает территорию (геологическую среду) к развитию других экзогенных процессов**

# **Виды выветривания**

## **1. Физическое выветривание**

**процесс механического раздробления горных пород без изменения химического состава образующих их минералов**

**В результате физического выветривания от породы, разбитой сетью трещин, начинают отпадать отдельные обломки, и с течением времени ее поверхность может подвергнуться полному механическому разрушению, что благоприятствует химическому выветриванию**

## **2. Химическое выветривание**

**процесс химического изменения горных пород и минералов и образования новых, более простых соединений в результате реакций растворения, гидролиза, гидратации и окисления**

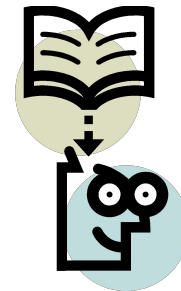
**В результате химического выветривания изменяется физическое состояние минералов, разрушается их кристаллическая решетка. Порода обогащается новыми (вторичными) минералами и приобретает такие свойства, как связность, влагоемкость, способность к поглощению и др.**

### **3. Биологическое выветривание**

***процесс физического и химического разрушения и химического изменения горных пород и минералов под влиянием организмов и продуктов их жизнедеятельности***

***!!!Разделение процессов выветривания на типы условно; эти процессы проявляются совместно, и в любом типе выветривания, в той или иной мере, проявляется весь их комплекс!!!***

## **Условия развития процесса выветривания**



**Характер и результаты воздействия агентов выветривания на горные породы определяются природными условиями, в которых происходит это взаимодействие:**

**интенсивность выветривания зависит от климатических условий и главным образом от температуры и количества осадков; геологических, тектонических, геоморфологических, гидрогеологических условий**

## Климатические условия

**Среднегодовая температура воздуха и его влажность определяют биологическую продуктивность ландшафта**

- арктическая тундра – 9,5 ц/га,
- болота Западной Сибири – 32 ц/га,
- саванна – 1200 ц/га,
- влажные тропики – до 3250 ц/га





## **Климатические условия**

**Растения и животные способствуют выветриванию горных пород, механически разрушая породы за счет проникновения корневой системы и действий землеройных животных**

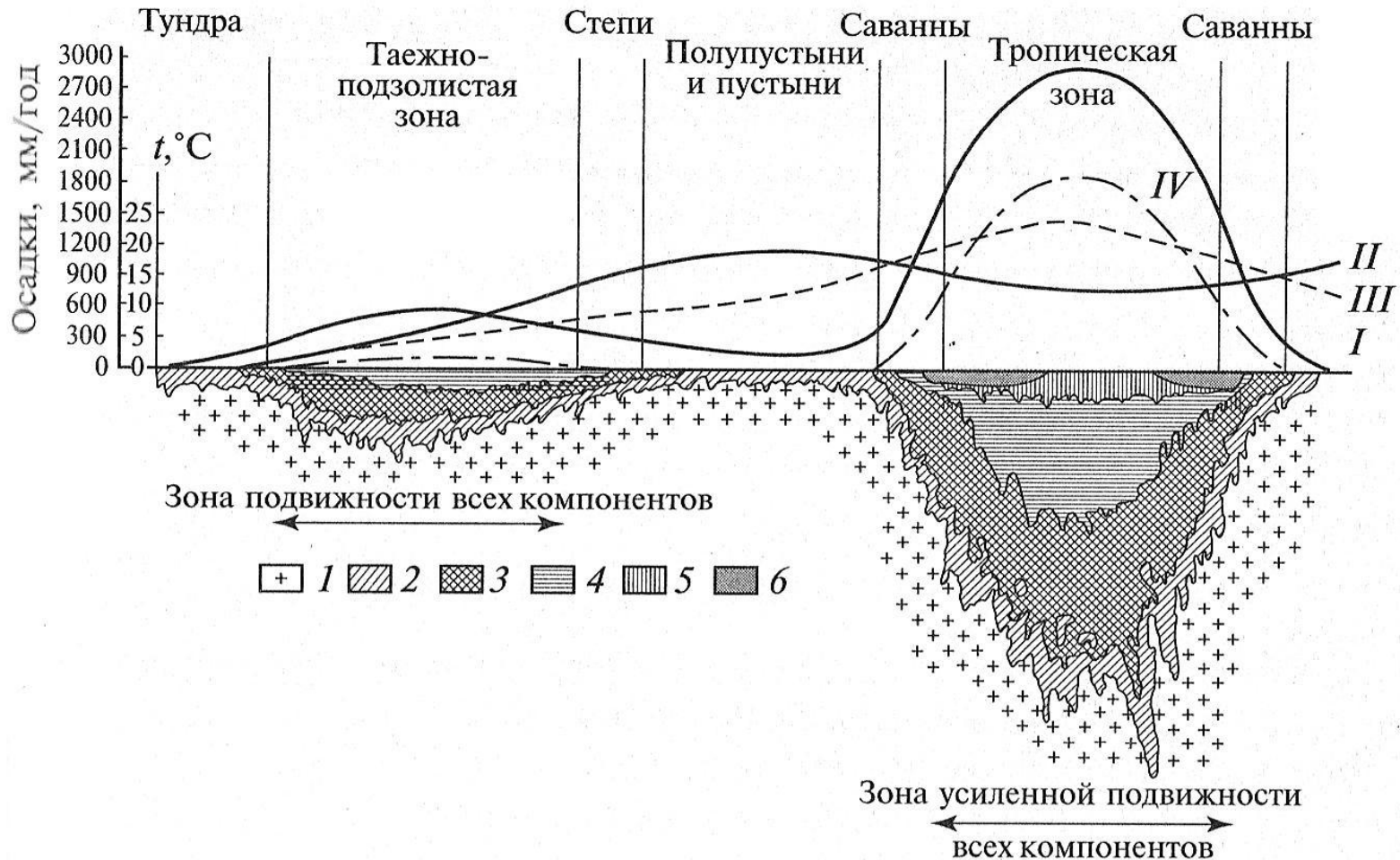
**Но особенно большой вклад вносит разложение органического вещества, сопровождающееся образованием углекислоты, сложных органических кислот и других химических соединений**

## **Климатические условия**

**Климатические условия определяют количество воды, поступающей в зону гипергенеза, ее температуру и химический состав, а также гидрогеохимические условия в зоне выветривания**

**Для интенсивного протекания процессов выветривания требуется большое количество воды и теплый климат, но даже в таких условиях скорость их различна и зависит от исходных пород**

# Зональность в строении и распространении кор выветривания



## **Зональность в строении и распространении кор выветривания**

**1 – материнская порода;**

**2 – зона дресвы, химически мало измененной**

**3 – гидрослюдисто-монтмориллонитово-бейделлитовая зона;**

**4 – каолинитовая зона;**

**5 – охры  $Al_2O_3$ ;**

**6 – панцирь  $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ ;**

**I – среднее годовое количество атмосферных осадков;**

**II – среднее годовое испарение;**

**III – средняя годовая температура;**

**IV – годовой опад органического (растительного) вещества**

## **Геологические условия**

**Влияние состава, состояния и свойств горных пород на интенсивность процесса выветривания**

**- Разные породы и минералы имеют неодинаковую устойчивость к выветриванию.**

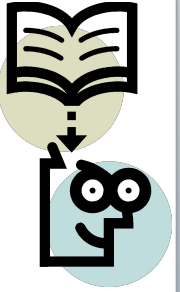
**Более активно выветриванию подвергаются пористые или трещиноватые полиминеральные породы.**

**- Наиболее прочными и трудно разрушаемыми минералами являются силикаты**

**Развитие процесса выветривания при благоприятных условиях способствует накоплению вторичных глинистых минералов**

## **Геологические условия**

***Рельеф и его расчлененность, гипсометрическое положение пород относительно базиса эрозии, трещиноватость массива горных пород влияют на интенсивность водообмена, а, следовательно, на интенсивность взаимодействия агрессивных вод и горных пород***



## **Факторы-агенты процесса выветривания**

- а) солнечное излучение (инсоляция);***
- б) атмосферные осадки;***
- в) почвенно-растительный покров;***
- г) микроорганизмы и животный мир;***
- д) разнообразная деятельность человека***

## **Солнечная энергия**

***влияет на дезинтеграцию пород, на изменение их гранулометрического состава, плотности, влажности, структуры и текстуры, прочности и деформируемости.***

***Особенно сильно влияние этого фактора сказывается в верхней части зоны гипергенеза, где температура может меняться в очень широких пределах, а главное, переходит через «нулевой барьер» и тем самым изменять агрегатное состояние грунтовых вод, содержащихся в порах и трещинах горных пород***

***Скорость химических реакций существенно зависит от температурного режима горных пород и подземных вод***



## **Атмосферные воды**

***В результате взаимодействия инфильтрующихся атмосферных вод с горными породами происходят изменения состава и свойств обеих фаз.***

***В процессе взаимодействия происходит насыщение раствора, постепенно изменяется рН среды, с глубиной в воде уменьшается количество кислорода.***

***Вода постепенно утрачивает свою реакционную способность.***

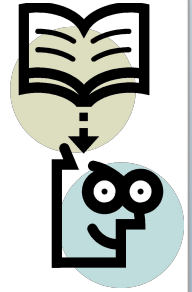
***Вследствие снижения интенсивности взаимодействия компонентов системы «горная порода – вода» с глубиной уменьшается степень разложения пород.***

***Меняющиеся сверху вниз по профилю выветривания гидрохимические условия определяют характер изменения горных пород на разных глубинах, вследствие чего формируется гидрогеохимическая зональность в профиле выветривания.***

## **Микроорганизмы, почвенно-растительный покров**

**Биологическая продуктивность территории существенно сказывается на интенсивности процесса выветривания посредством органического вещества, мощного источника углекислого газа, который является фактором формирования агрессивности природных вод. Растения, поглощая углекислоту, выделяют эквивалентное количество кислорода, необходимого элемента многих гипергенных процессов (в частности, латеритизации)**

## Влияние хозяйственной деятельности



**1) Образование поверхностных выемок или подземных полостей создает условия для разгрузки естественных напряжений горных пород. Разгрузка напряжений приводит к разуплотнению пород. В результате в породах образуются новые трещины или раскрываются старые.**

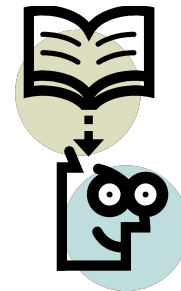
**Разгрузка напряжений, деформации пород и обусловленное ими разуплотнение – это начало разрушения массива, за которым следуют и накладываются другие процессы**



## **Условия и факторы, влияющие на интенсивность осыпания пород в откосах уступов карьеров**

- 1) Способ ведения буровзрывных работ влияет на степень нарушенности пород в уступе, а соответственно – на интенсивность процессов выветривания и осыпания**
- 2) Выветриваемость пород – склонность горных пород изменять состояние и свойства под влиянием агентов выветривания, определяется их геолого-петрографическими особенностями: минеральным составом, структурой, текстурой, условиями залегания пород, степенью литификации, выветрелости, степенью трещиноватости**
- 3) Экспозиция откосов оказывает значительное влияние на интенсивность выветривания и осыпания пород, определяя количество солнечной энергии, получаемой откосом, тем самым влияет на интенсивность температурного выветривания пород**
- 4) Климатические условия**

## Влияние хозяйственной деятельности



**2) Возникновение мощных источников загрязнения окружающей среды, связанных с промышленной деятельностью, приводит к формированию техногенных агентов выветривания (кислых дождей, агрессивных промстоков), активизирующих процесс изменения горных пород в приповерхностной части литосферы**



## **Влияние хозяйственной деятельности**

**2) Источниками возникновения кислых вод являются шахты медно-колчеданных, полиметаллических и угольных месторождений; целлюлозно-бумажные, химические кислотные заводы, коксохимические, нефтеперегонные, суперфосфатные, сахарные и молочные заводы; фабрики, перерабатывающие сырье для текстильной промышленности, в составе которого содержатся серная, соляная, азотная, фторводородная, уксусная, сахарная кислоты и множество других агрессивных компонентов**

## **Проявления процесса выветривания**



***В процессе выветривания формируется экзогенная трещиноватость массива горных пород***

## **Проявления процесса выветривания**



***Степень трещиноватости пород уменьшается  
сверху вниз***



## **Признаки выветрелости пород**

- изменение цвета породы с появлением оксидов железа;**
- трещины выветривания, количество, длина и ширина которых уменьшается сверху вниз;**
- уменьшение плотности породы;**
- образование новых минералов – гидроксидов железа, гипса, карбонатов и др.;**
- появление гумуса, смытого в трещины выветривания**

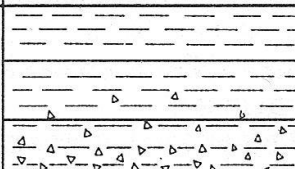
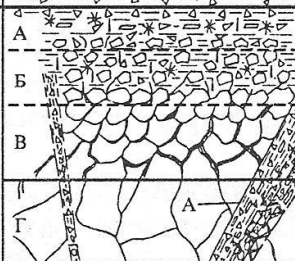
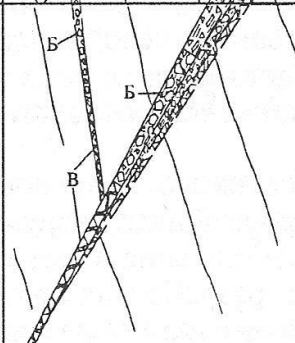
## **Кора выветривания**

**Строение и мощность измененных выветриванием пород (коры выветривания) зависят от условий и факторов выветривания, продолжительности этого процесса, а также от интенсивности процессов сноса и аккумуляции элювиальных отложений.**

**Строение и залегание кор выветривания существенно различно на разных геоморфологических элементах – склоны, террасы, водораздельные поверхности и др., при наличии или отсутствии покрывающих делювиальных, аллювиальных и иных отложений**

# Схема расчленения коры выветривания

(Г.С. Золотарев)

Названия и индексы зон выветривания	Характерные особенности	Принципиальный разрез
<p>I Дисперсная</p> <p>Полного химического преобразования исходных пород</p>	<p>Глины, суглинки и супеси в основании с редкой щебенкой, выщелоченные и ожелезненные, карбонатизированные и т. п. Возможно разделение на 2-3 горизонта. Слабо изучена в инженерном отношении</p>	
<p>II Обломочная</p> <p>Преобладание физической дезинтеграции и частичное химическое разложение пород</p>	<p>По степени раздробления и химического разложения, количеству минеральных новообразований и физико-механическим свойствам подразделяются на 4 горизонта: А, Б, В, Г</p>	
<p>III Трещинная</p> <p>Раздробление массива и начало разложения пород по крупным трещинам и тектоническим зонам</p>	<p>Проявление на значительных глубинах. Возможно образование зон выветривания малой толщины вдоль основной трещины</p>	

# **Схема расчленения коры выветривания**

**(Г.С. Золотарев)**

**1) Трещинная зона – залегает на монолитной материнской породе, трещиноватость зоны является результатом тектонической обстановки данного региона.**

**Изменения в этой зоне, в основном, связаны с физическим выветриванием – расширением естественных трещин и реже – с образованием новых, что в целом приводит к увеличению водопроницаемости пород.**

**Изменения в результате химического выветривания наблюдаются на стенках трещин и разломов.**

**Обычно эта зона считается благоприятным основанием или средой для инженерных сооружений.**

## **Схема расчленения коры выветривания**

**(Г.С. Золотарев)**

**2) Обломочная зона – представлена породами, нарушенными интенсивной трещиноватостью в результате физического выветривания и изменением минерального состава химическими процессами. Для этой зоны характерна большая неоднородность по всем показателям физических и механических свойств: трещиноватости, водо- и газопроницаемости, прочности и деформируемости. Эти показатели могут отличаться в пределах зоны более чем на порядок. В зоне возникают разные экзогенные процессы, такие, как эрозия, абразия, осыпи, обвалы, оползни.**

# **Схема расчленения коры выветривания**

**(Г.С. Золотарев)**

**3) Дисперсная зона – представлена практически новым геологическим образованием, коренным образом отличающимся от материнской породы по составу, состоянию и свойствам. В этой зоне преобладают вторичные глинистые минералы, образовавшиеся в результате выветривания.**

**Обычно в пределах дисперсной зоны выделяют две подзоны: верхнюю глинистую, весьма однородную по физико-механическим свойствам и практически водонепроницаемую, и нижнюю песчано-глинистую с включениями щебня, менее однородную и слабо водопроницаемую.**

## **Задачи инженерно-геологических исследований кор выветривания**

- установление строения и закономерностей распространения зон и горизонтов выветривания;**
- разработка схемы расчленения вертикального профиля коры выветривания;**
- определение свойств выветрелых пород и характера их изменчивости по глубине;**
- оценка современных тенденций процесса выветривания горных пород (скорости, интенсивности);**
- выявление приуроченности современных процессов (оползней, осыпей и др.) к зонам выветривания**

**Важнейшая задача, решаемая при оценке инженерно-геологических условий территории, на которой распространены выветрелые породы – определение глубины заложения разных сооружений, как подземных, так и наземных**

**При строительстве наземных сооружений по инженерно-геологической информации определяется мощность пород, подлежащих съему.**

**Для подземных сооружений определяется нижняя граница коры выветривания, для того, чтобы их заложение происходило в монолитной толще.**



## **Оценка выветрелости горных пород**

**Качественные показатели: трещиноватость, раздробленность, изменение цвета в связи с появлением оксидов железа, изменение текстуры, плотности (пустотности), присутствие новых образований (гипсов, карбонатов, оксидов железа) и др.**

**Особое значение для инженерно-геологической оценки степени выветрелости имеет раздробленность пород, которая визуалью хорошо видна для большинства горных пород. По ней, как правило, происходит первоначальное расчленение кор выветривания**

## **Оценка выветрелости горных пород**

**Количественные показатели: плотность, влажность, гранулометрический состав, состав новых минеральных образований, трещиноватость, прочность, деформируемость, водопроницаемость.**

**Методы количественных оценок степени выветрелости пород позволяют выразить изменение свойств выветрелых пород по сравнению с невыветрелыми.**

## **Показатели степени выветрелости**

**- приращение мощности выветрелых пород в единицу времени**

**Этот показатель будет существенно различен в разных породах и обстановках, при наличии или отсутствии сноса выветривающегося материала:**

- в условиях стабильного положения поверхности выветривающихся пород – в первый год максимальным и в последующее время будет уменьшаться;**
- если происходит активный снос выветривающихся пород (выветривается и сносится одинаковый объем разрушенных пород) – имеет постоянную величину.**

## Показатели степени выветрелости

**- степень изменения минерального, химического и гранулометрического состава и свойств определенного объема выветривающихся пород в единицу времени**

$$\Delta R^A / \Delta t = (R^A_{t1} - R^A_{t0}) / (t1 - t0), \text{ где}$$

**$R^A_{t0}$  – некоторый показатель, характеризующий любой признак породы в точке А (состав, структуру, свойства) в момент времени  $t_0$ ,**

**$R^A_{t1}$  – то же в момент времени  $t_1$**

## **Мероприятия, предотвращающие развитие процесса выветривания:**

- 1. Ограничение доступа к горным породам для главных агентов выветривания: отвод атмосферных, поверхностных и подземных вод, покрытие обнажений, изолирующее их от внешних воздействий.**
- 2. Повышение устойчивости горных пород тампонажем трещин и карстовых пустот, укреплением методами технической мелиорации и т.п.**
- 3. Ограничение масштабов формирования техногенных обнажений с обязательной рекультивацией осваиваемых территорий.**
- 4. Управление процессом перемещения современного элювия на склонах и откосах.**
- 5. Организация геодинамических мониторингов разного уровня на территориях интенсивного выветривания на искусственных обнажениях.**