

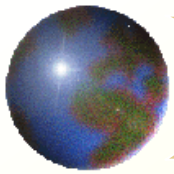


ИНЖЕНЕРНАЯ И ГЕОДИНАМИКА

Лекция
Выветривание

Университетский курс лекций





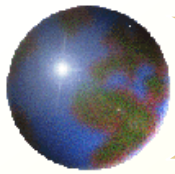
Выветривание



Столбчатая отдельность при выветривании базальтов

План лекции:

- ❖ Определения
- ❖ Природные факторы
- ❖ Техногенные факторы
- ❖ Анализ и прогноз
- ❖ Меры защиты

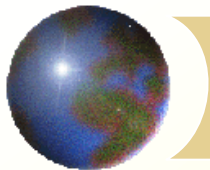


Определения

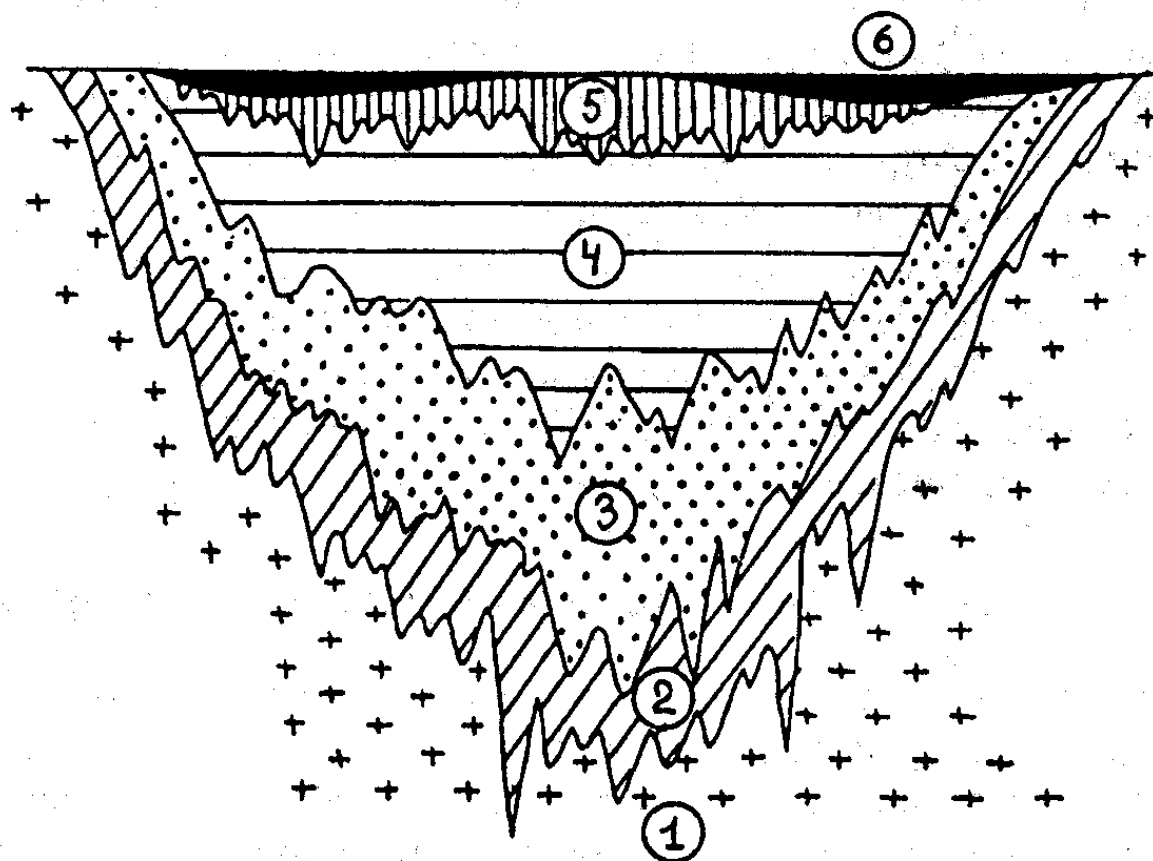
✚ **Выветривание** - процесс разрушения и изменения горных пород в условиях земной поверхности под влиянием механического и химического воздействия атмосферы, грунтовых и поверхностных вод и организмов

✚ **Виды выветривания:**

- ✚ Физическое (включая криогенное)
- ✚ Химическое
- ✚ Биологическое

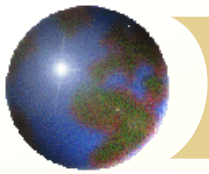


Коры выветривания




Кора выветривания в тропической лесной зоне (по Н.М. Страхову): 1 — граниты, 2 — слабо измененная химически зона дресвы, 3 — гидрослюдисто-монморилонитово-бейделитовая зона, 4 — коалинитовая зона, 5 — охры Al_2O_3 , 6 — панцирь ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$)

Кора выветривания — континентальная геологическая формация, образующаяся на земной поверхности в результате выветривания горных пород.



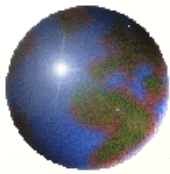
Строение кор выветривания

Названия и индексы зон выветривания	Характерные особенности	Принципиальный разрез	Климатические области	Процессы выветривания						
				Колебания температуры	Обводнение и высушивание	Разрушение биогенными факторами	Идролиз	Окисление	Выщелачивание	Гидратация
I Дисперсная Полного химического преобразования исходных пород	Глины, суглинки и супеси в основании с редкой щебенкой, выщелоченные и ожеденные, карбонатизированные и т. п. Возможно разделение на 2-3 горизонта. Слабо изучена в инженерном отношении		Гумидная	■	■	■	■	■	■	■
			Умеренная	■	■	■	■	■	■	■
II Обломочная Преобладание физической дезинтеграции и частичное химическое разложение пород	По степени раздробления и химического разложения, количеству минеральных новообразований и физико-механическим свойствам подразделяются на 4 горизонта: А, Б, В, Г		Гумидная	■	■	■	■	■	■	■
			Умеренная	■	■	■	■	■	■	■
III Трещинная Раздробление массива и начало разложения пород по крупным трещинам и тектоническим зонам	Проявление на значительных глубинах. Возможно образование зон выветривания малой толщины вдоль основной трещины		Гумидная	■	■	■	■	■	■	■
			Умеренная	■	■	■	■	■	■	■
			Резко континентальная	■	■	■	■	■	■	■


 Расчленение коры выветривания по Г.С.Золотареву

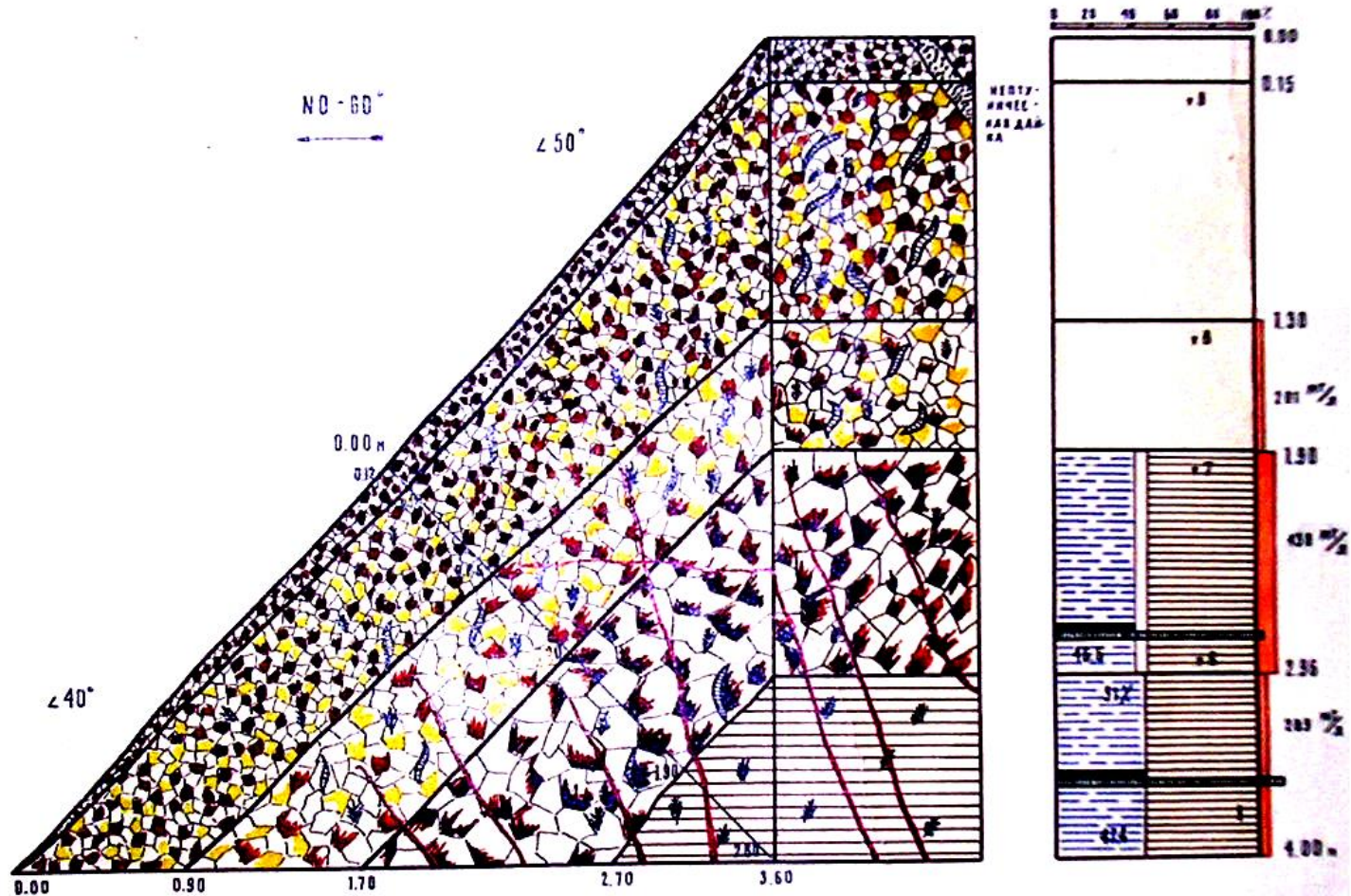
Принципиальная схема инженерно-геологического расчленения коры выветривания (по Г. С. Золотареву, 1983).

1 — интенсивность действия процессов выветривания: а — значительная, б — средняя, в — слабая; 2 — минеральные новообразования: а — гипс, б — гидроокислы железа.



Строение кор выветривания

В ГЛИНАХ АЛЬБСКОГО ЯРУСА



МЕЛКАЯ ЛИСТОВАЯ ЩЕБЕНКА ИНТЕНСИВНО ОЖЕЛЕЗНЕННАЯ СИЛЬНАЯ ЗАГЛИСОВАНОСТЬ ПО ТРЕЩИНАМ



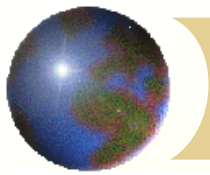
ЩЕБЕНКА ГЛИНЫ РАЗМЕРОМ 3-5 см. ТРЕЩИНЫ ОЖЕЛЕЗНЕНЫ И ЗАГЛИСОВАНЫ



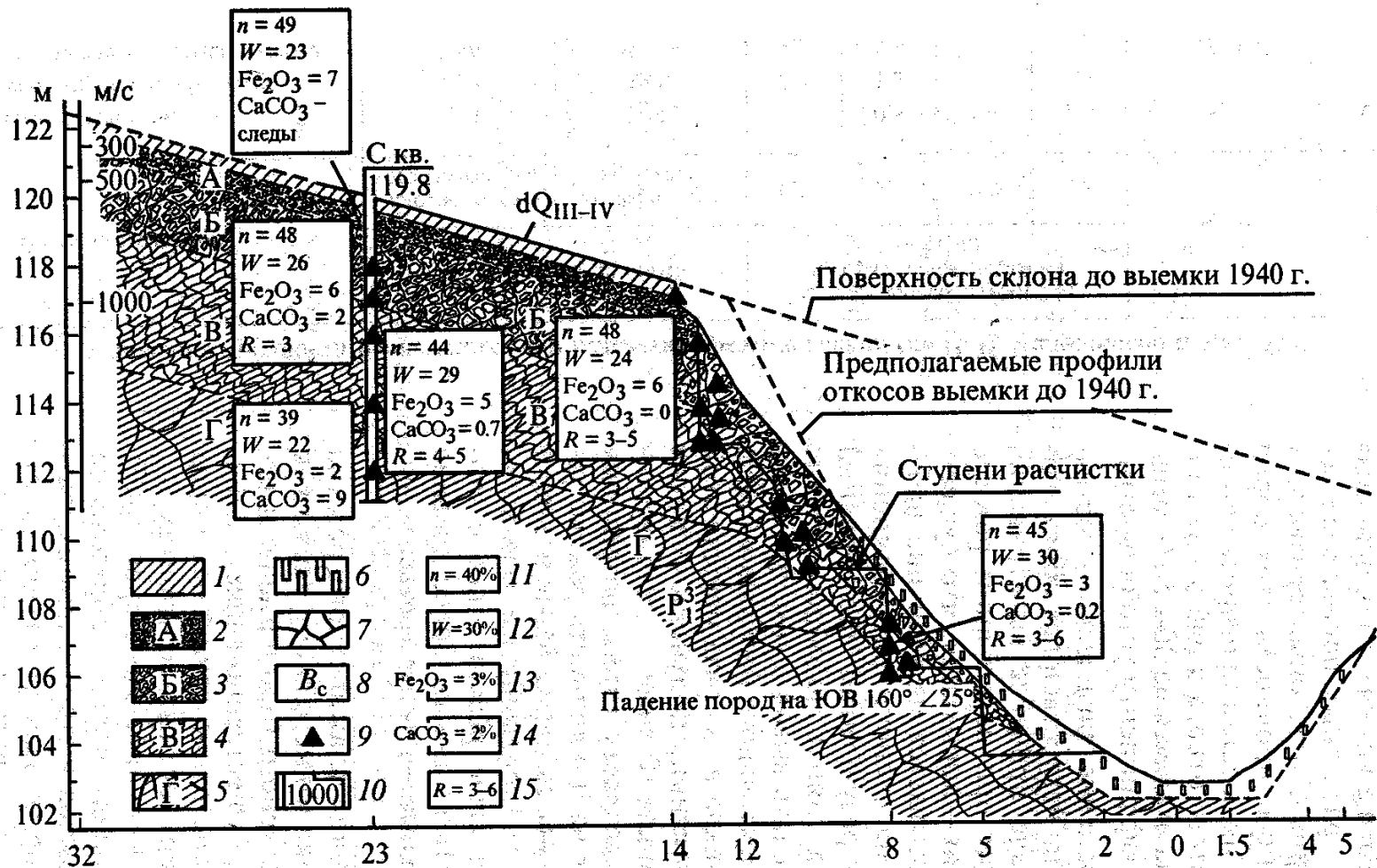
ПЛОТНО СЛЖАВШИЕСЯ КУСКИ ГЛИНЫ РАЗМЕРОМ 10-12 см. ТРЕЩИНЫ ОЖЕЛЕЗНЕНЫ, ЧАСТИЧНО ВЫВЕРЖЕНЫ ВТОРИЧНЫМ ГИПСОМ.



ТРЕЩИНЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ ВЯДО ЗАМЕТНЫ, ОЖЕЛЕЗНЕНЫ И ПОКРЫТЫ КРОШКАМИ ВТОРИЧНОГО ГИПСА

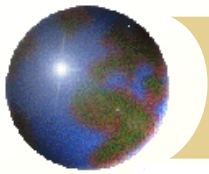


Строение кор выветривания



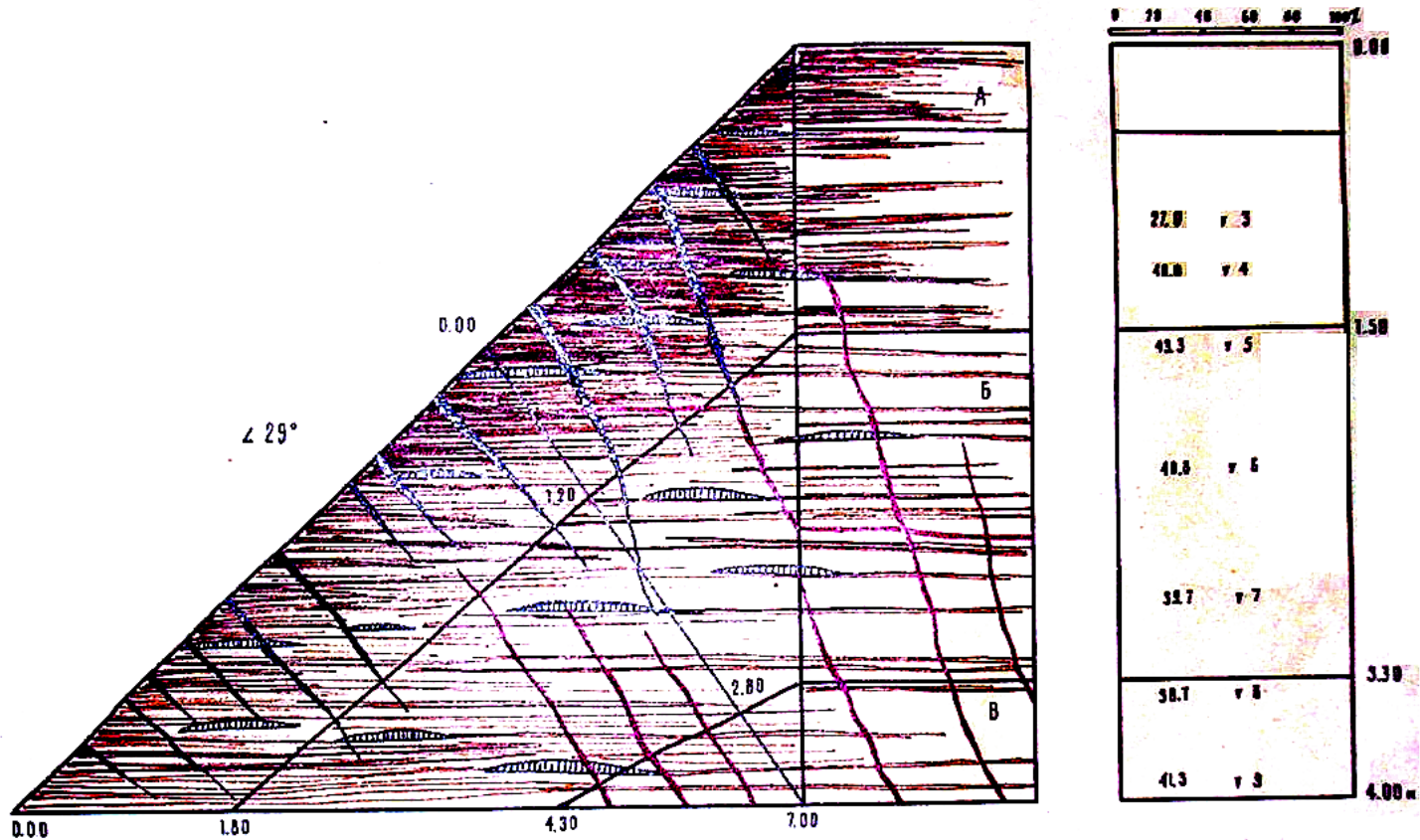
Разрез зоны выветривания в олигоценых глинах в пределах склона и откоса выемки, существующей около 30 лет.

1 — делювий (суглинки). Породы зон выветривания: 2 — дресва и щебень глин (1—3 см); 3 — щебень глин (4—7 см); 4 — глины темно-серые, плотные; 5 — глины аргиллитоподобные, черные, плотные; 6 — осыпь (дресва и глинистые массы); 7 — трещины выветривания шириной 2—5 мм; 8 — степень выветрелости пород; 9 — места отбора образцов; 10 — эпюры скоростей продольных волн по сейсмическому зондированию, м/с; 11 — пористость, %; 12 — влажность, %; 13 — Fe₂O₃, %; 14 — CaCO₃, %; 15 — сопротивление одноосному сжатию. Средняя скорость выветривания в откосе за 30 лет — 3 см/год (по Г. С. Золотареву, 1983).



Строение кор выветривания

В ГЛИНАХ МАЙКОПСКОГО ЯРУСА



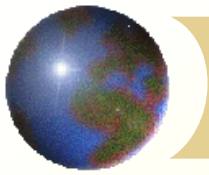
ТОНКО ЛИСТОВАТАЯ ШЕБЕНКА ГЛИНЫ РАЗМЕРОМ 1-2 см. ОЧЕНЬ СИЛЬНОЕ ОЖЕЛЕЗНЕНИЕ И ЗАГИБОВАНОСТЬ, ОСОБЕННО ПО СЛИВНОСТИ И ТЕКТОНИЧЕСКИМ ТРЕЩИНАМ



ПЛОТНАЯ КУСОЧКИ И МЕЛКАЯ ШЕБЕНКА ГЛИНЫ. СИЛЬНО ОЖЕЛЕЗНЕННАЯ

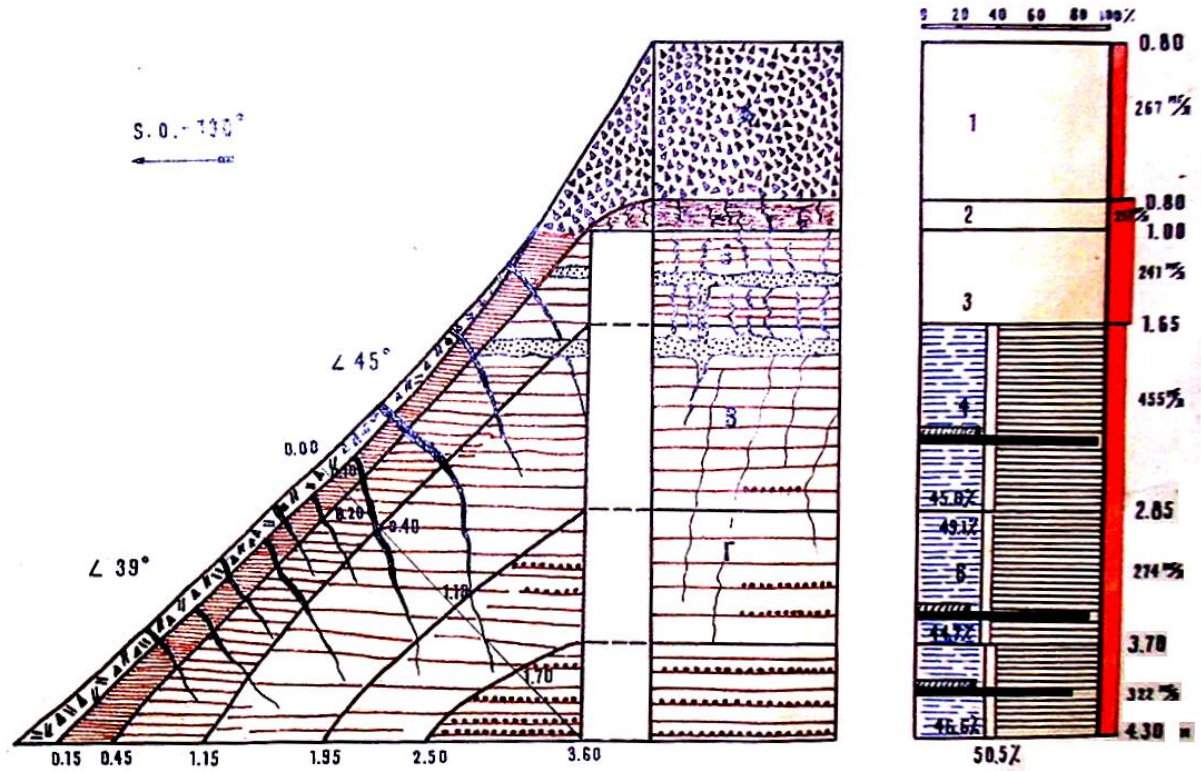


ПЛОТНО СЛЕЖАВШАЯСЯ ПЛИТЧАТОЙ ФОРМЫ ШЕБЕНКА ГЛИНЫ. ПО ПЛОСКОСТЯМ РАСШИРЕННЫХ ВЫВЕТРИВАНИЕМ ТРЕЩИН СИЛЬНО ОЖЕЛЕЗНЕННЫЕ, ИМЕЮТСЯ КРИСТАЛЛИКИ ГИПСА



Строение кор выветривания

В хвалынских
глинах Поволжья



МЕЛКАЯ ЛИСТОВАТАЯ ШЕБЕНКА ГЛИНЫ; ГЛИНА КОМКОВАТАЯ, ИМЕЕТ МАЛУЮ ВЛАЖНОСТЬ



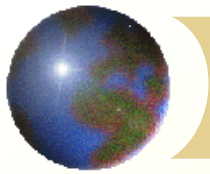
КУСКИ ГЛИНЫ ПЛИТЧАТЫЕ. СТОЛБЬКИ ПЛИТОК ОБРАЗУЮТ ТРЕЩИНЫ ШИРИНОЙ 0.1СМ. ПО ТРЕЩИНАМ ТЕМНЫЕ НАЛЕТЫ. ПО ПЕСЧАНЫМ ПРОСЛОЙКАМ ОЖЕЛЕЗНЕНИЕ.



РАЗБИТА ТРЕЩИНАМИ НА СТОЛБЧАТЫЕ ОТДЕЛЬНОСТИ. ПО ТРЕЩИНАМ ТЕМНЫЕ НАЛЕТЫ.



РАЗБИТА ЕЩЕ ЗАМЕТНЫМИ ВОЛОСНЫМИ ТРЕЩИНАМИ ВЫВЕТРИВАНИЯ, СЛЕГКА ОСЛАБЛЕННАЯ ПО ПЕСЧАНЫМ ПРОСЛОЙКАМ.



Показатели выветривания

1. Показатель выветрелости i (%), по А. Хемролу (1961), для изверженных и метаморфических пород: $i = (P_2 - P_1) / P_1$, где P_1 — масса образца пород, высушенного при 105° ; P_2 — масса того же образца, насыщенного водой в течение 1.5—2 ч.

2. Показатель стойкости (выветрелости) пород K_c , по П. Н. Панюкову (1962):

$$K_c = R_b / R_o,$$

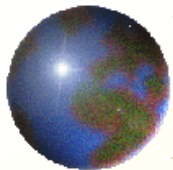
где R_o — начальная (исходная) прочность породы при ее вскрытии в откосе; R_b — прочность той же породы через год после ее вскрытия в откосе.

3. Показатель выветрелости пород K_v , по В. Б. Швецу (1964):

$$K_v = (K_t - K_o) / K_t$$

где $K_t = R_m / P_b$ после обработки в специальном барабане; $K_o = R_m / P_b$ - до обработки (состояние в отобранной пробе): R_m — масса частиц размером менее 2 мм; P_b — масса частиц размером больше 2 мм.

Этот показатель принят в качестве ГОСТа, в соответствии с которым породы делятся на следующие категории (см. СНиП 1:02.07—87): $K_v > 0.15$ — сильновыветрелые (для осадочных пород > 0.67); $K_v < 0.5$ — прочные, невыветрелые (для осадочных < 0.33); $0.5 > K_v > 0.75$ — слабовыветрелые породы (для осадочных $0.33 > K_v > 0.67$).



Показатели выветривания

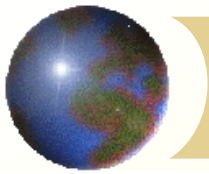
4. **Степень выветрелости** осадочных и магматических пород V_c , по Г. С. Золотареву (1969):

$$V = (F_n - F_o) / (F_n - F_A),$$

где F — характерные показатели исследуемых пород: плотность, пористость, сопротивление сжатию, динамический модуль упругости, сцепление, содержание гипса или окислов железа и др.; индексы n , o и A обозначают соответственно невыветрелую, исследуемую и предельно выветрелую (горизонт А) породу.

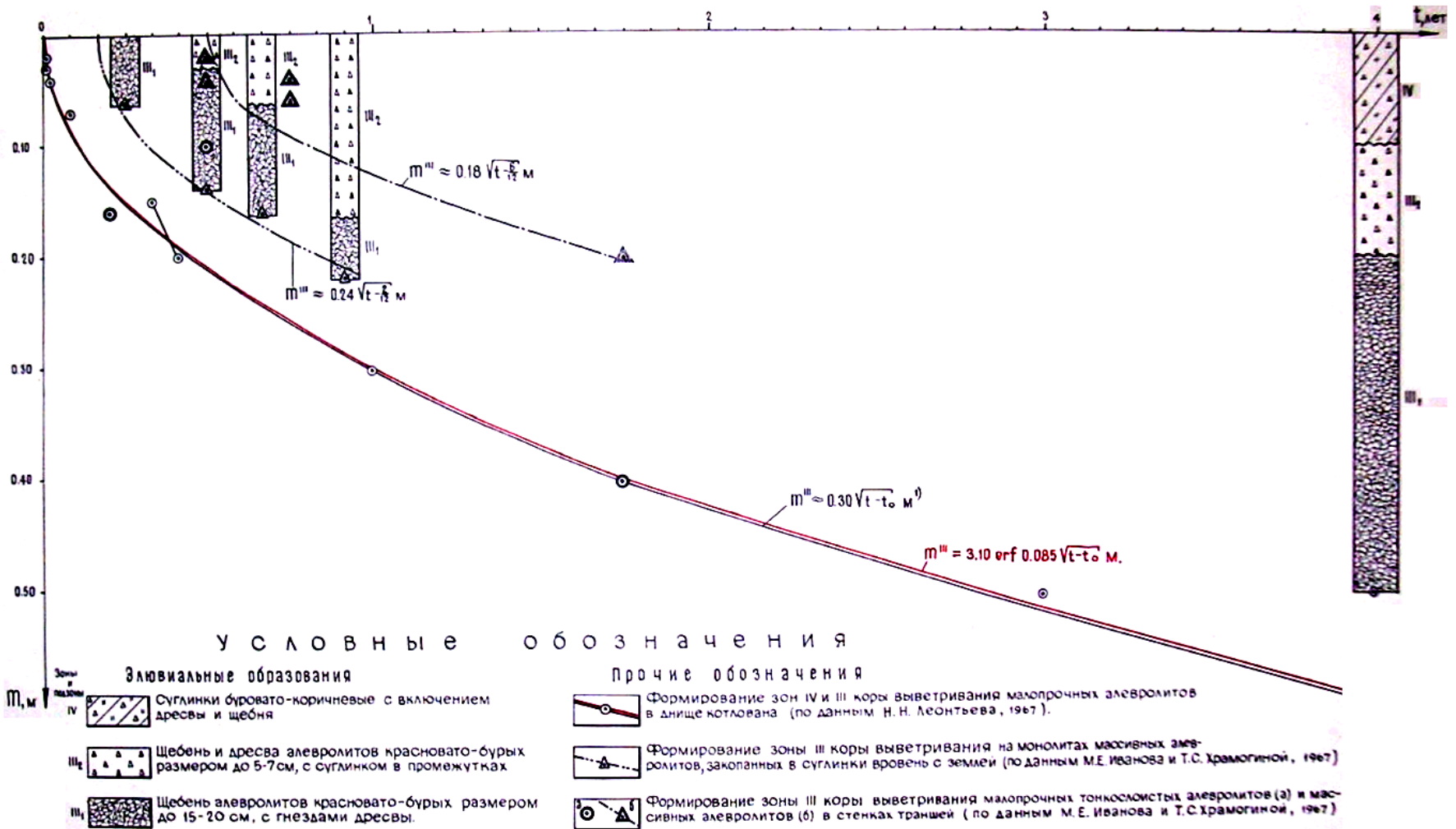
По результатам обобщения данных исследований разных пород по разным F показателям Г.С.Золотарев (1983) рекомендует выделять по степени выветрелости четыре категории пород: сильновыветрелые с $V > 0.9$, выветрелые с $V = 0.9—0.7$, средневыветрелые с $V = 0.7—0.3$ и слабыветрелые с $V < 0.3$

5. **Средняя скорость** изменения показателей свойств пород в процессе выветривания V_B по Ю.Д.Матвееву (1970): $V_B = V_1/\sqrt{t}$
где V_1 — средняя скорость выветривания за первый год наблюдения; t — время выветривания

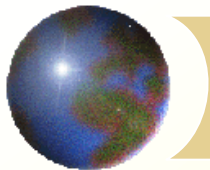


Скорость выветривания

ДИНАМИКА ФОРМИРОВАНИЯ КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ АЛЕВРОЛИТОВ БРАТСКОЙ СВИТЫ (О Бр) В РАЙОНЕ Г. БРАТСКА



Примечание: величиной t_0 в данном случае можно пренебречь



Взаимодействие агентов выветривания

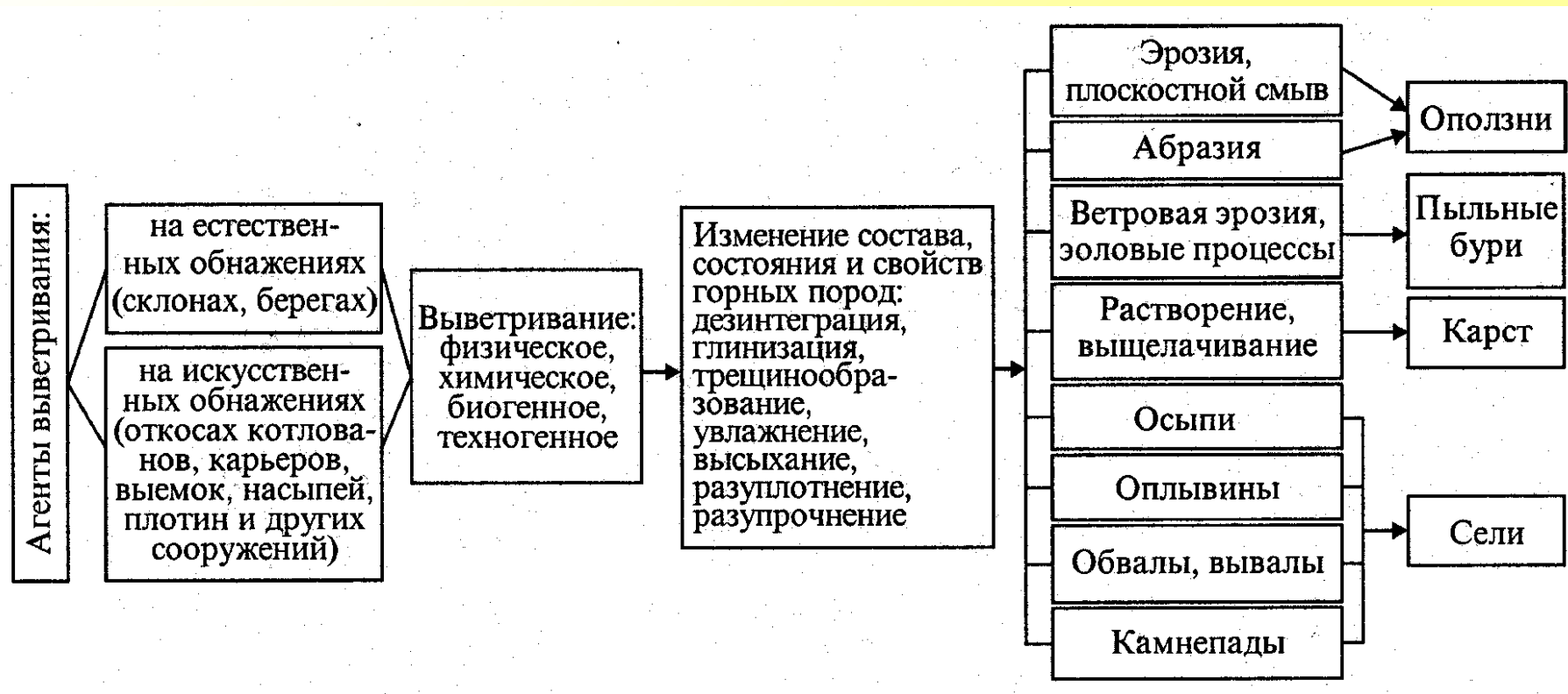
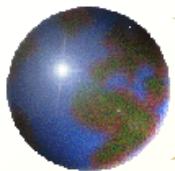
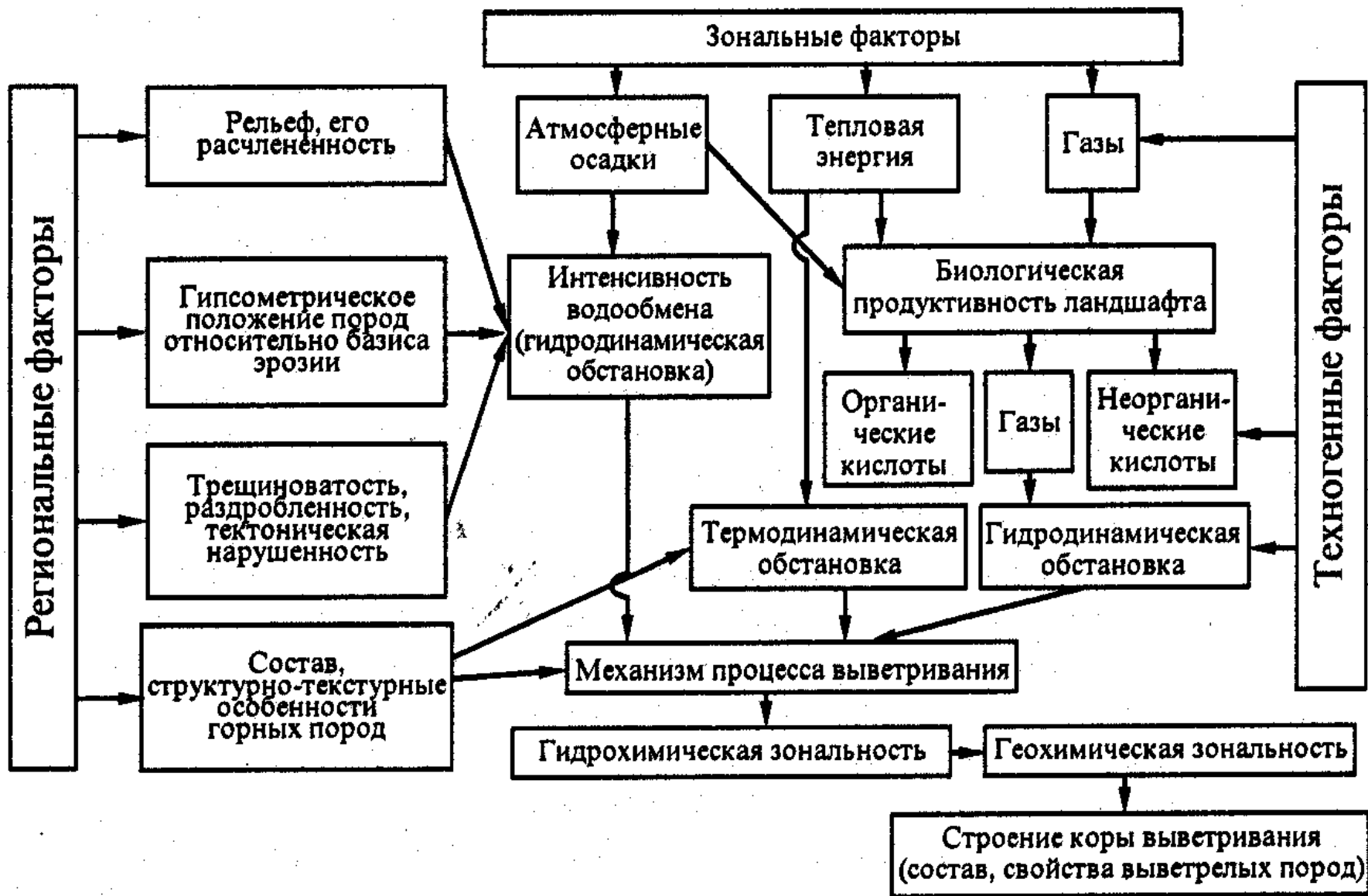
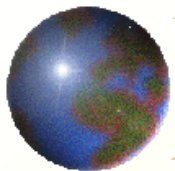


Схема взаимодействия агентов выветривания и его последствий с литосферой (Иванов, Тржцинский, 2001)

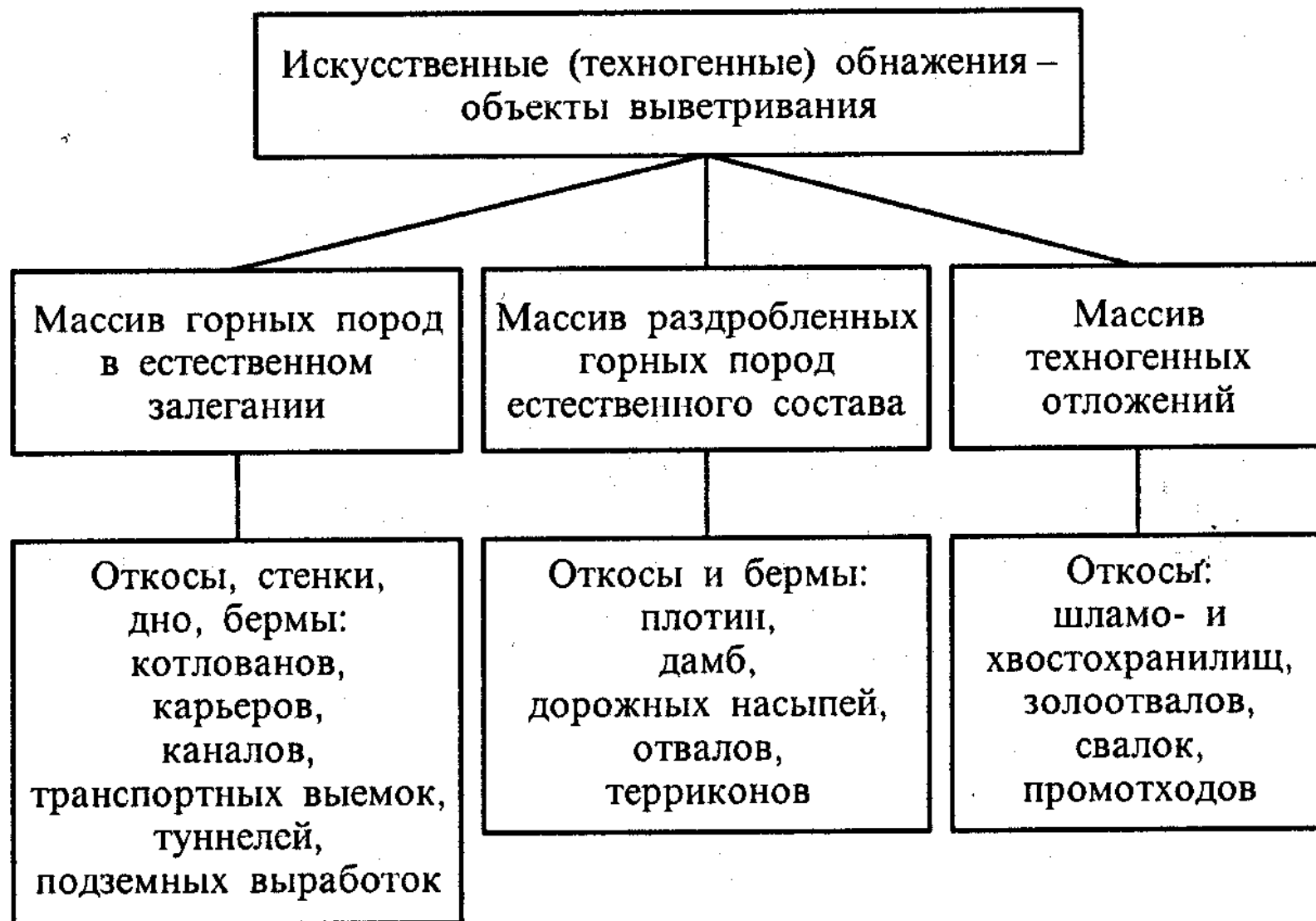


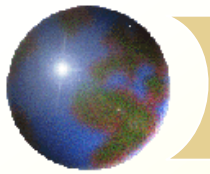
Взаимодействие факторов выветривания (по Л.А.Ярг, 1991)





Техногенное выветривание (по Иванову, Тржцинскому, 2001)





Защитные мероприятия

- ❖ 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.