

Геохимия ландшафтов

Лектор: Соболева Надежда Петровна, доцент каф. ГЭГХ

Геохимия ландшафтов изучает
закономерности миграции химических
элементов и формы их нахождения в
геосистемах Земли.

Геохимия ландшафтов имеет *прикладное значение*.

Ландшафтно-геохимические методы используются:

- при поисках месторождений полезных ископаемых;
- при решении геоэкологических задач с целью определения ореолов загрязнения различными элементами;
- в сельском и лесном хозяйстве;
- при определении оптимальных норм и соотношений микроэлементов для жизни и здоровья людей, животных и растений и прочее.

Виды миграций химических элементов

1. Механическая миграция – передвижение обломков горных пород различных размеров без изменения их химических свойств.

Это наиболее простой вид миграции, подчиняющийся законам механики (образование россыпей, ветровая и водная эрозия и т.д.)

2. Физико-химическая миграция –
перемещение элементов в ионной и
молекулярной формах в результате
химических реакций.

Определяется сложными процессами,
сущность которых определяется
законами физики и химии – диффузией,
растворением, осаждением, сорбцией,
десорбцией и т.д.

3. *Биогенная миграция* – вид миграции элементов, в которой принимают участие живые организмы.

Это очень сложный вид миграции, т.к. организмы существуют в особом информационном поле, для них характерны процессы управления и переработки информации, отсутствующие в неживой природе.

4. *Техногенная миграция* – перемещение элементов в любой форме нахождения или ее изменение под воздействием человеческой деятельности.

Самый сложный вид миграции, связанный с общественными процессами (отработка месторождений полезных ископаемых, экспорт и импорт продовольствия и пр.).

Значение видов миграции для разных элементов неодинаково.

- Для *калия* и *фосфора* особенно большую роль играет биогенная миграция,
- для *натрия* и *хлора* – физико-химическая,
- для *титана*, *золота*, *платины*, *олова* – механическая.

В разных ландшафтах *соотношение видов миграции* неодинаково:

- в пустынях возрастает роль механической миграции,
- во влажных тропиках – физико-химической и биогенной.

Например, свинец и вольфрам в пустынях мигрируют преимущественно механическим путем, во влажных тропиках – в растворах.

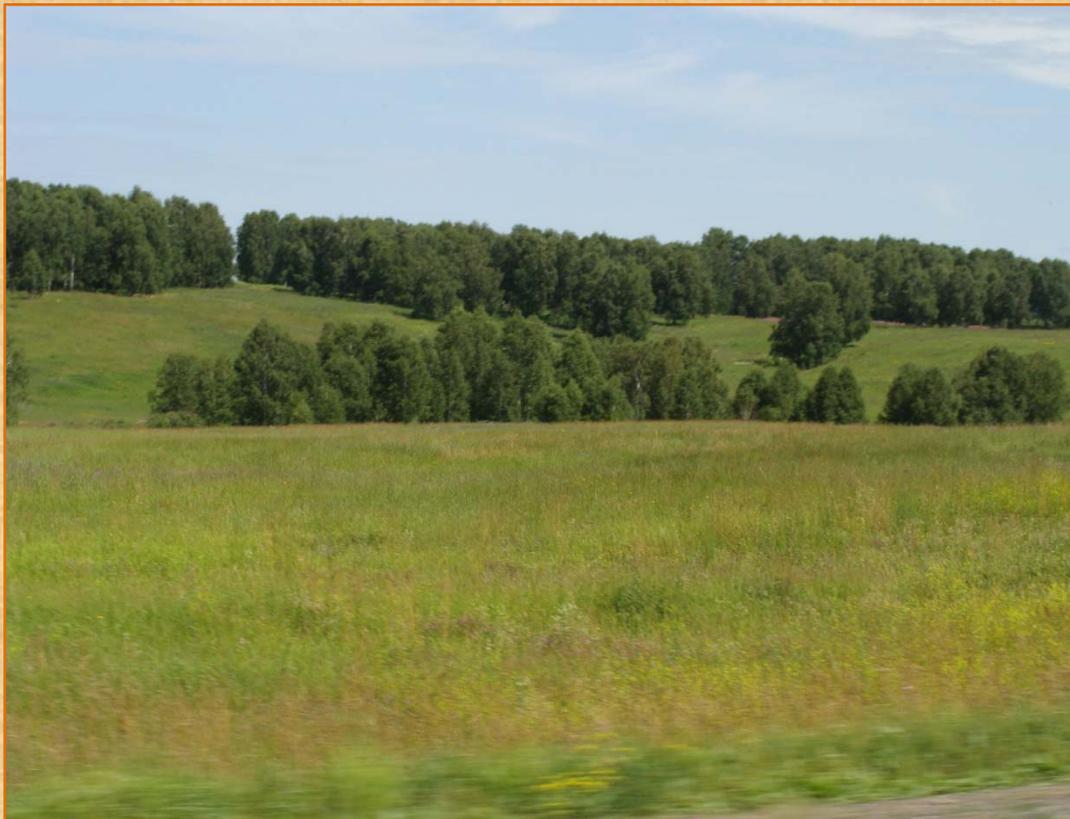
Группы геохимических ландшафтов в зависимости от преобладающего вида миграции (по А.И. Перельману).

1. *Абиогенные ландшафты* – характерна только механическая и физико-химическая миграции.



Например,
ландшафты
высокогорных
районов.

2. *Биогенные ландшафты* с ведущим значением биогенной миграции и подчиненной ролью физико-химических и механических процессов.



Например,
лесостепные
ландшафты.

3. *Культурные ландшафты*, своеобразие их определяется техногенной миграцией, социальными процессами, хотя в них развиваются и все остальные виды миграции.



Например,
рекреационный
ландшафт - турбаза
на берегу южной
оконечности
Телецкого озера

Геохимический ландшафт

Геохимический ландшафт – это участок территории, в котором осуществляется качественно своеобразная миграция химических элементов атмосферы, литосферы и гидросферы.

По Б.Б. Польшину:

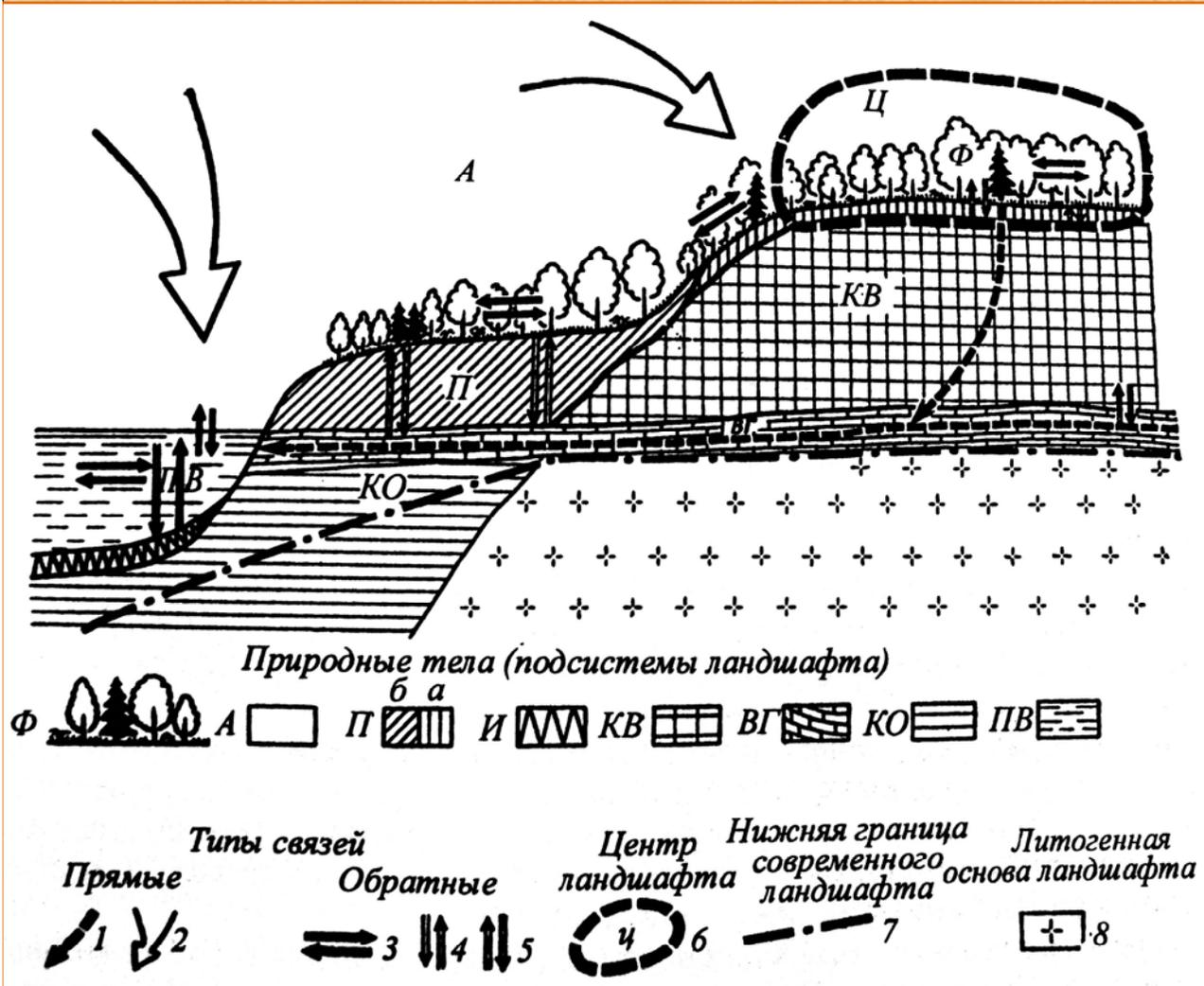
Геохимический ландшафт – это парагенетическая ассоциация сопряженных элементарных ландшафтов, связанных между собой миграцией элементов.

Геохимический ландшафт – это тот же географический ландшафт, но рассматриваемый под углом зрения миграции химических элементов.

Примеры геохимических ландшафтов:

- степной мелкосопочник с соленым озером в понижении и солончаками по берегам этого озера;
- участок моренного рельефа в таежной зоне, составными частями которого служат холмы, покрытые хвойным лесом, заболоченные понижения, озера и реки между холмами.

Геохимический ландшафт (по А.И. Перельману)



- Ф – наземный биоценоз;
- А – приземная атмосфера;
- П – почвы: а – элювиальная, б – супераквальная;
- И – ил; КВ – кора выветривания;
- ВГ – водоносный горизонт;
- КО – континентальные отложения;
- ПВ – поверхностные воды;
- связи: 1 – водные, 2 – воздушные, 3 – биотические, 4 – биокостные, 5 – водные и воздушные, 6 – центр ландшафта, 7 – нижняя граница л-та, 8 – коренные породы

Элементарные ландшафты (фации)

Названия наиболее мелких географических единиц различными учеными:

И.В. Ларин – микроландшафт,

Л.Г. Раменский – энтопий,

В.Н. Сукачев – биогеоциноз,

Л.С. Берг – фация,

Б.Б. Полынов – элементарный ландшафт.

Все эти названия обозначают географический объект, наиболее однородный и неделимый.

По Б.Б. Польшину

элементарный ландшафт – это определенный элемент рельефа, сложенный одной горной породой или наносом и покрытый определенным растительным сообществом.

Критерий для выделения элементарного ландшафта – однородность почвы.

Характерная особенность элементарного ландшафта – отсутствие каких-либо внутренних причин, ограничивающих его размеры.

Поэтому, размеры элементарных ландшафтов могут колебаться от квадратных метров до сотен и тысяч квадратных километров.

Например, элементарными ландшафтами являются такыр, пятно солончака, луговая степь на лёссах и т.д.

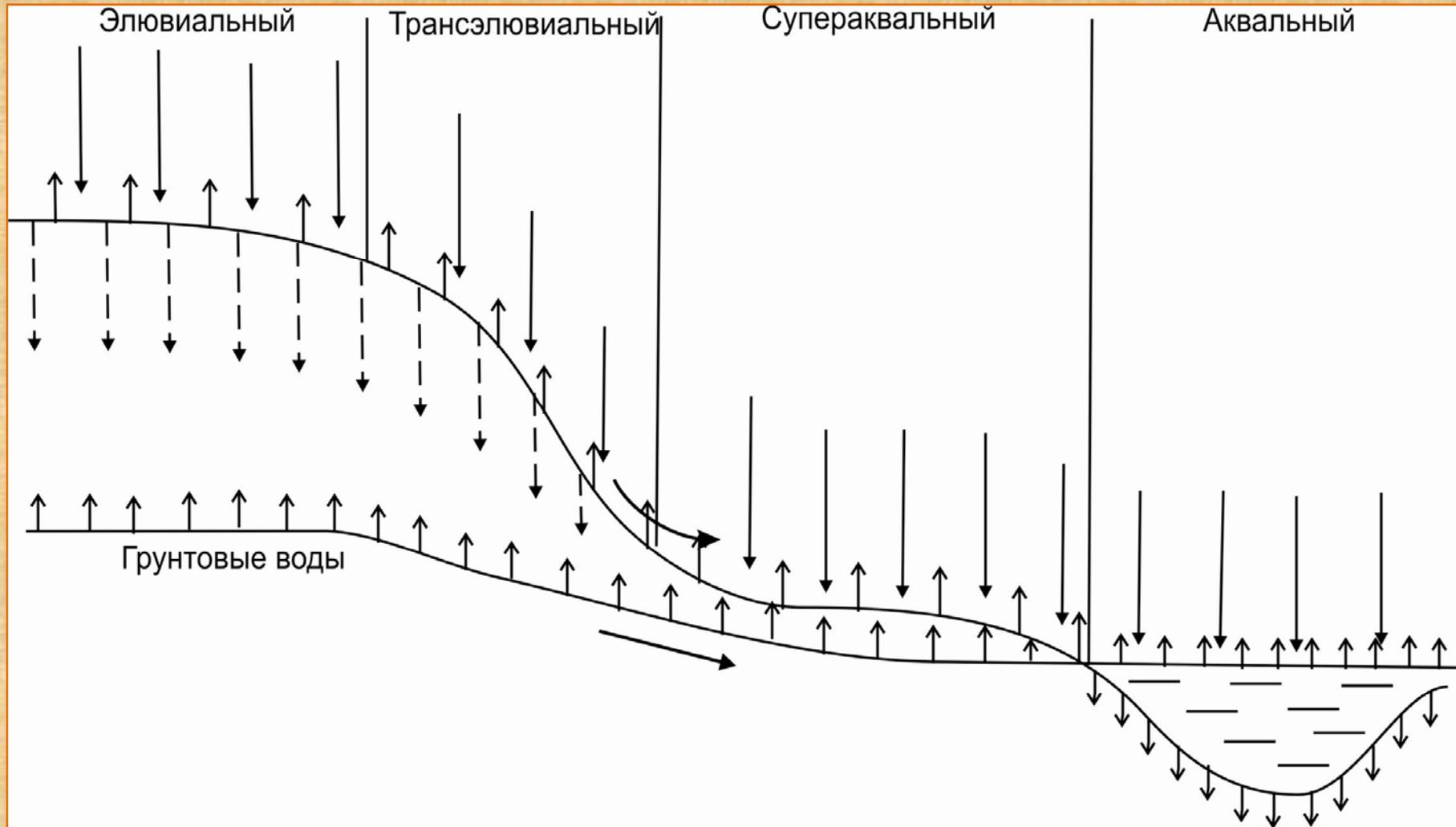
По условиям миграции химических элементов элементарные ландшафты можно объединить в три большие группы:

1) элювиальные ландшафты;

2) субаквальные (подводные) ландшафты океанов, морей и континентальных водоемов;

3) супераквальные (надводные) ландшафты.

Элементарные ландшафты (по Б.Б. Полинову)



Элювиальные ландшафты формируются на повышенных элементах рельефа при глубоком залегании грунтовых вод, не оказывающих влияние на почвы и растительность.

Субаквальные (подводные) ландшафты
делятся на две группы:

- субаквальных ландшафтов морей и океанов и
- континентальных субаквальных ландшафтов.

Субаквальные, или водные,
континентальные ландшафты тесно
генетически связаны с элювиальными
ландшафтами, находящимися в бассейне
водо- и солесбора.

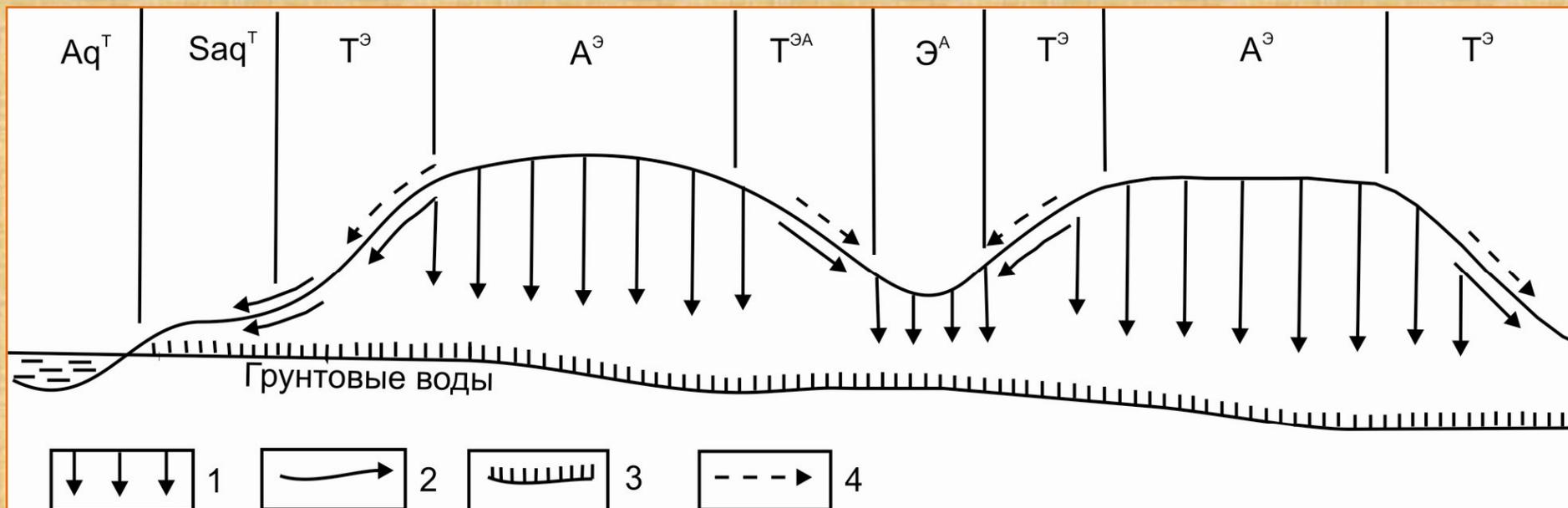
По комплексу условий миграции элементов
субаквальные ландшафты противоположны
элювиальным.

Супераквальные (надводные) ландшафты формируются на пониженных элементах рельефа в условиях, где грунтовые воды близко подходят к поверхности и по капиллярам могут подниматься до корнеобитаемого слоя.

Субаквальные и супераквальные ландшафты являются *геохимически подчиненными*, т.к. на их формирование влияют продукты выветривания и почвообразования, поступающие с поверхностным и подземным стоком из элювиальных ландшафтов.

Элювиальные ландшафты водоразделов называются *автономными*, т.к. менее зависят от надводных и подводных ландшафтов, они не получают от них химических элементов с жидким и твердым стоком.

В зависимости от условий рельефа и водного режима
выделяются дополнительные группы элементарных ландшафтов



$A^Э$ – автономный элювиальный, $T^Э$ – трансэлювиальный,
 $T^{ЭА}$ – трансэлювиально-аккумулятивный,
 $Э^А$ – элювиально-аккумулятивный, Saq^T – трансупераквальный,
 Aq^T – трансаквальный (река);
 перенос веществ с влагой: 1 – в вертикальном направлении, 2 – в боковом,
 3 – горизонт грунтовых вод с каймой капиллярно-подпертой влаги,
 4 – перенос веществ в твердом виде

Автономно-элювиальные ландшафты (А^э)

– приурочены к плоским водораздельным участкам.

Привнос элементов идет из атмосферы, а вынос – преимущественно в вертикальном направлении, боковой приток элементов отсутствует.

Трансэлювиальные ландшафты (Т^э) –
соответствуют выпуклым вершинам и
верхним, более крутым, частям склонов.

Привнос элементов происходит из
атмосферы и с боковым твердым и жидким
стоком, вынос – в вертикальном
направлении и по склону (осыпание,
оползание).

Трансэлювиально-аккумулятивные ландшафты ($T^{эа}$) – приурочены к нижним частям вогнутых склонов и к пологим склонам.

Это области выноса и частичной аккумуляции продуктов жидкого и твердого стока.

Элювиально-аккумулятивные ландшафты (Э^а) – занимают понижения с хорошим дренажем и глубоким залеганием грунтовых вод (степные западины, замкнутые понижения).

В отдельных случаях атмосферные воды могут смыкаться с грунтовыми.

Приносимые твердые вещества аккумулируются в таких ландшафтах.

Аквальные ландшафты (Aq) – замкнутые бессточные водоемы.

Трансаквальные ландшафты (Aq^T) – реки и проточные озера.

Супераквальные ландшафты (Saq) – ландшафты, связанные со стоячими или слабопроточными водами.

Транссупераквальные ландшафты (Saq^T) – ландшафты, на образование которых оказывают влияние проточные воды с активным водообменном.

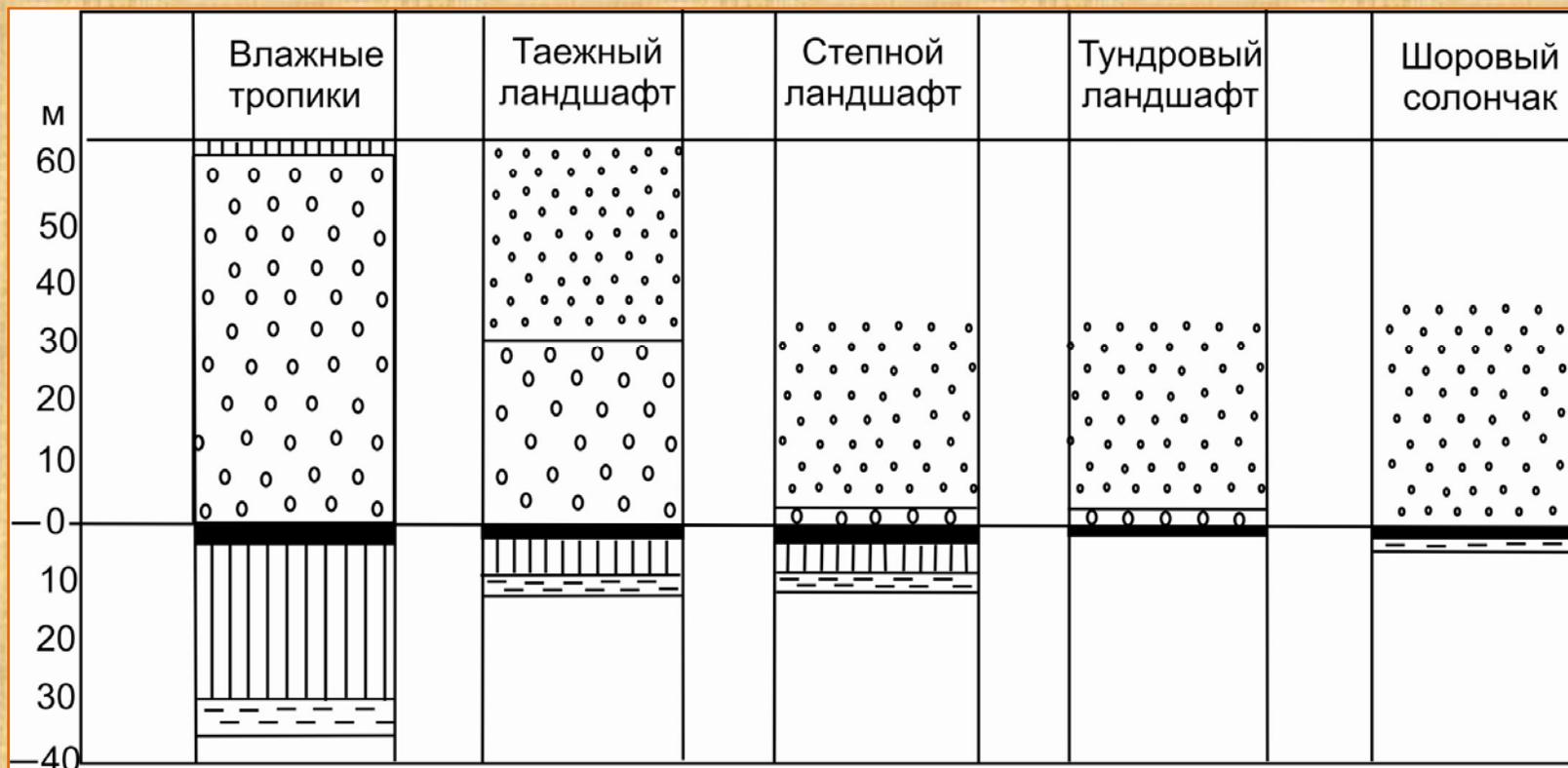
В условиях, где резко выражены сезонные изменения водного режима, выделяются *промежуточные ряды фаций* (элювиально-супераквальные фации):

- ряд поемных фаций,
- лиманный ряд фаций.

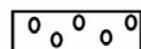
Мощность и вертикальный геохимический профиль элементарных ландшафтов

Мощность элементарного ландшафта (вне зоны распространения вечной мерзлоты) – это расстояние от поверхности верхнего яруса растительности данного ландшафта до нижней границы потока грунтовых вод

Вертикальные ярусы элементарных ландшафтов



Ярусы-горизонты:



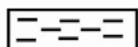
Надземный растительный покров и животный мир



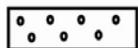
Почва



Кора выветривания



Горизонт грунтовых вод



Надземная атмосфера

1. *Ярус живого вещества* – надземная часть вертикального профиля ландшафта, образованная живыми растениями.

2. *Почвенный ярус* – мощность его определяется корнеобитаемым слоем.

Ведущие процессы в этом ярусе – биологический кругооборот веществ, формирование особых органоминеральных соединений, образующихся при разложении и гумификации растительных остатков.

3. *Ярус коры выветривания* – ярус разрушения первичных минералов, синтеза и выпадения из растворов вторичных соединений.

Здесь идут процессы выветривания: реакции обмена, выпадения из растворов, сорбции, гидролиза, окисления.

4. *Ярус грунтовых вод* – нижний ярус геохимического профиля ландшафта.

Над уровнем грунтовых вод располагается горизонт капиллярно подпертой влаги, пропитывающей нижнюю часть толщи коры выветривания, который может достигать сравнительно большой мощности.

Поэтому этот горизонт может рассматриваться как особый *ярус катагенеза* или *катагенетический*.

Факторы расчленения вертикального геохимического профиля элювиальных ландшафтов

Главные факторы:

- 1) характер и амплитуда биологического кругооборота веществ;
- 2) характер и амплитуда части геологического кругооборота веществ (показателем может служить мощность зоны выщелачивания);
- 3) скорость геохимических процессов.

Характер и амплитуда биологического кругооборота веществ

Живые организмы влияют на формирование
всего геохимического профиля ландшафтов.

Степень и характер этого влияния определяются:

- плотностью живого вещества,
- мощностью сферы его распространения,
- характером распределения между надземной и подземной частями ландшафта,
- соотношением элементов, находящихся в форме живого и мертвого органического вещества (в виде подстилок, торфа, почвенного гумуса).

По характеру верхнего органического яруса элювиальные ландшафты можно разделить на пять главных групп.

1-я группа – формация низших растений – бактерий, грибов, актиномицетов, водорослей, обитающих на поверхности или в трещинах скал, снега, льда, на поверхности и в толще рыхлых наносов, не заселенных высшей растительностью.

2-я группа – мохово-лишайниковые и лишайниковые формации, в которых количество органических веществ очень мало (единицы тонн на 1га) и сосредоточено почти исключительно в надземной части живых организмов.

3-я группа – травянистые формации, в которых значительные запасы органического вещества измеряются десятками тонн на 1га. Основная масса живого органического вещества находится в корнях растений, распространяющихся до глубины 1,5 – 2 и даже 3,5м.

4-я группа – кустарниковые формации, в которых количество живого органического вещества и соотношение его с гумусом близко к травянистым формациям, но распределение живого вещества здесь несколько иное.

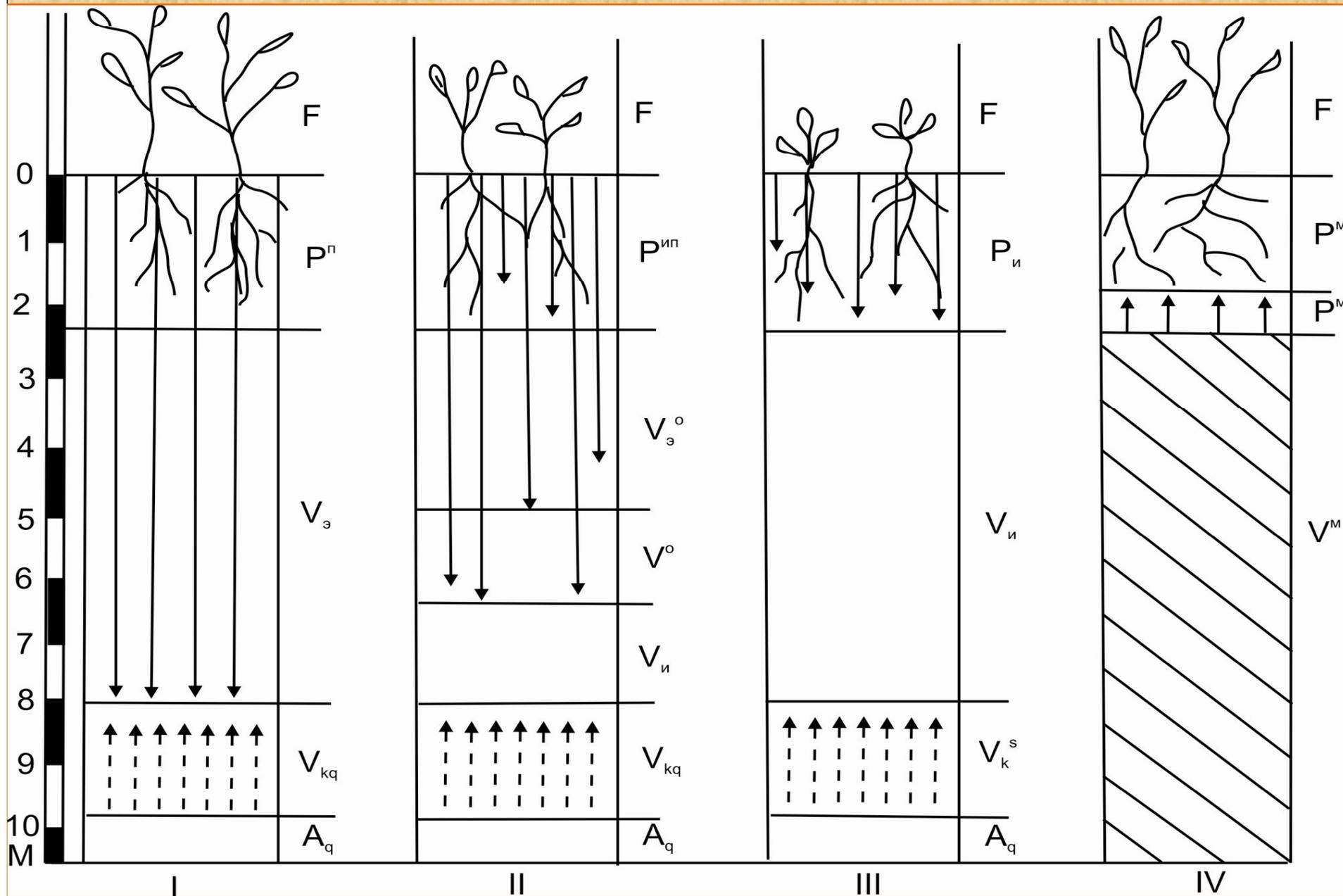
5-я группа – ландшафты с лесным типом растительности. Запасы живого органического вещества достигают наибольшей величины и измеряются сотнями, а в некоторых случаях тысячами тонн на 1га.

Мощность зоны выщелачивания

Зона выщелачивания – часть вертикального профиля ландшафта, в которой осуществляется перемещение веществ вниз под влиянием атмосферных осадков.

Ее мощность и соотношение с ярусами элементарного ландшафта являются показателями проявления элювиального процесса.

Вертикальные профили элювиальных ландшафтов



Вертикальные профили элювиальных ландшафтов

I – пермацидный, II – импермацидный, III – поверхностно-импермацидный

IV – мерзлотный импермацидный.

Ярусы и горизонты: F – живого вещества, P^П – почвенный пермацидный,

P^{ИП} – почвенный импермацидно-пермацидный, P^И – почвенный поверхностно-импермацидный, P^М – почвенный импермацидный мерзлотный, P^М_к – почвенный мерзлотный катагенетический.

Ярусы коры выветривания: V_э – горизонт выщелачивания, V⁰_э – выщелачивания и частичного обогащения, V⁰ – обогащения, V^кq – катагенеза с оглеением,

V^сk – катагенеза с соленакоплением, Aq – грунтовых вод, V^и – импермацидный, V^м – мерзлотный

По степени проявления элювиального процесса выделяют следующие основные ландшафты.

1. *Пермацидные ландшафты* (ландшафты полного профиля) – элювиальные ландшафты, в которых атмосферные воды периодически или постоянно достигают уровня грунтовых вод.

2. Импермацидные ландшафты
(ландшафты неполного профиля) –
элювиальные ландшафты, где атмосферная
влага проникает достаточно глубоко, но не
достигает уровня грунтовых вод.

3. *Поверхностно-импермацидные ландшафты* (ландшафты укороченного профиля) – элювиальные ландшафты в аридных областях, где испаряемость значительно превышает количество выпадающих осадков.

4. Мерзлотно-импермацидные ландшафты

– ландшафты, в которых вынос веществ вглубь ограничен близким залеганием постоянно мерзлого слоя.

Скорость геохимических процессов

Скорость выветривания первичных и вторичных минералов, темп гумификации и минерализации органических остатков, определяют возможности большей или меньшей интенсивности кругооборота веществ в ландшафте.

Скорость геохимических процессов находится в тесной зависимости от гидротермической обстановки

Фактор выветривания

Пояса	Средняя температура почвы	Относительная диссоциация воды*	Длительность выветривания в днях	Фактор выветривания
Арктический	10	1,7	100	170
Умеренный	18	2,4	200	480
Тропический	34	4,5	360	1620

**Диссоциация при 0° принята за единицу*

Скорости химических реакций в различных термических поясах Земли сильно отличаются, а вследствие этого различается и подвижность химических элементов.

Величины затрат энергии на почвообразование:

- в тундрах и пустынях – 2000-5000 кал/см² в год,
- в лесах и степях умеренного пояса – 10000-40000 кал/см² в год,
- во влажных тропических лесах – 60000-70000 кал/см² в год.

Значительны различия в термических поясах в ежегодном приросте органического вещества, в скорости гумификации и минерализации органических остатков.

Например,

- *в тундре* даже небольшое количество ежегодно поступающего опада (несколько центнеров на 1га) не успевает за год гумифицироваться,
- *в условиях влажного тропического леса* ежегодный наземный опад в 30-50 и > тонн успевает за год не только гумифицироваться, но в значительной мере и минерализоваться.

Таким образом, миграционная способность одних и тех же элементов в разных термических поясах Земли существенно различна, что сказывается на характере дифференциации веществ как в вертикальном профиле элювиальных ландшафтов, так и в геохимически сопряженных рядах ландшафтов.

Значительны различия в термических поясах в ежегодном приросте органического вещества, в скорости гумификации и минерализации органических остатков.

Дифференциация элювиальных ландшафтов по составу и свойствам исходных пород и наносов

Содержащиеся в породах макроэлементы создают определенный геохимический фон, на котором разворачиваются все процессы миграции.

В зависимости от состава подстилающих ландшафт горных пород выделяют три рода элювиальных образований.

1. *Ортоэлювий* образуется на первичных (изверженных) породах, в исходной породе элементы находятся в форме первичных минералов, большинство которых мало устойчивы к термодинамической обстановке поверхности Земли

Схема распределения различных типов и родов элементарных ландшафтов



1 – кора выветривания изверженных пород, 2 – кора выветривания осадочных пород, 3 – рыхлые наносы, 4 – горизонт грунтовых вод с каймой капиллярно-подпертой влаги, 5 – атмосферная влага, 6 - перенос веществ с влагой, просачивающейся сквозь толщу коры выветривания и рыхлых наносов

2. Параэлювий формируется на садочных породах, в которых часть минералов имеет вторичное происхождение, а группа первичных минералов представлена наиболее стойкими по отношению к процессам выветривания формами соединений.

3. *Неоэлювий* связан с молодыми рыхлыми наносами четвертичного и отчасти третичного возраста.

В прошлом эти наносы представляли аккумулятивную кору выветри, а затем, вследствие новейших тектонических движений, были выведены из области аккумуляции и в настоящее время занимают водораздельные поверхности.

Супераквальные элементарные ландшафты

Геохимия супераквальных ландшафтов определяется составом и режимом вод, участвующих в формировании данного ландшафта.

Это могут быть

- напорные глубинные воды, выходящие на поверхность в виде источников;
- воды низменных морских побережий;
- почвенно-поверхностные, почвенно-грунтовые и
- грунтовые воды.

По степени геохимической автономности все супераквальные ландшафты делятся на три группы:

- 1) геохимически автономные,
- 2) геохимически слабо подчиненные,
- 3) геохимически подчиненные.

1. *Геохимически автономные* ландшафты появляются на выходах глубинных вод, химический состав которых не связан с процессами, идущими в окружающих ландшафтах.

Геохимически автономны также супераквальные ландшафты, питающиеся атмосферными водами, не прошедшими через толщу пород или наносов (верховые болота).

2. К группе *геохимически слабо подчиненных* супераквальных ландшафтов относятся ландшафты пойм крупных транзитных многоводных рек с большим бассейном водосбора и слабоминерализованными водами, приносящими большое количество твердых веществ.

Относительно автономны ландшафты, связанные с воздействием морских вод.

3. В *геохимически подчиненных* супераквальных ландшафтах степень минерализации и химический состав грунтовых и поверхностных вод, участвующих в формировании ландшафта, определяются совокупностью процессов, происходящих в элювиальных ландшафтах данной территории.

На формирование супераквальных ландшафтов наряду с составом и минерализацией вод оказывают влияние и *окислительно-восстановительные условия*, определяющие формы нахождения и степень подвижности многих химических элементов.

От окислительно-восстановительных условий зависят:

- степень подвижности ряда элементов (серы, железа, марганца, хрома, молибдена, ванадия, урана и др.),
- особенности биологического кругооборота веществ,
- состав растительности и
- условия разложения органических остатков.

Окислительные условия господствуют при воздействии на ландшафт богатых кислородом вод (например, речных вод в прирусловой пойме).

Ландшафты с окислительной средой характеризуются накоплением живого органического вещества (леса и заросли кустарников прирусловой поймы на слабо сформированных аллювиальных почвах).

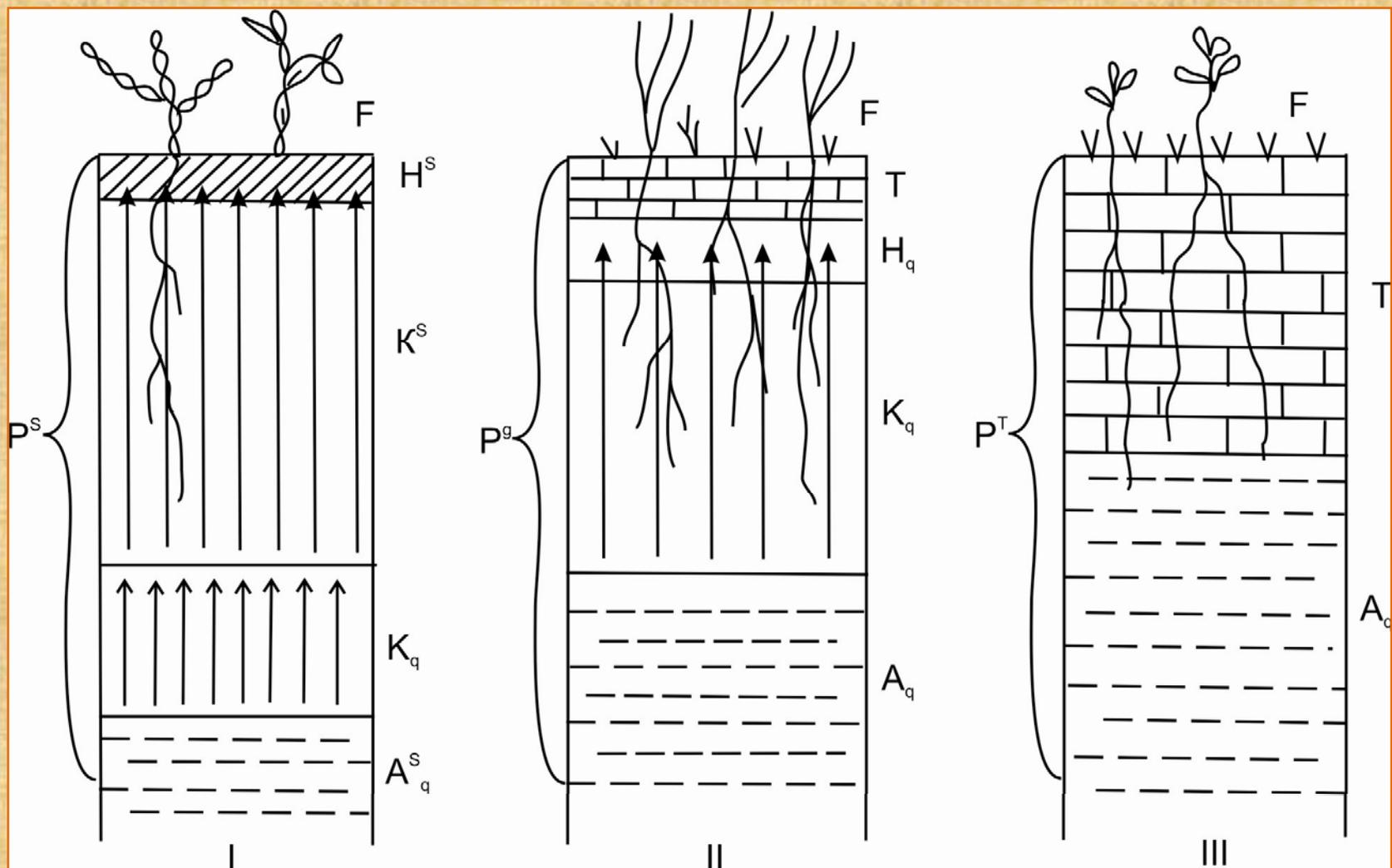
При постоянном уровне грунтовых вод с затрудненным водообменном господствуют восстановительные условия.

При восстановительном режиме (в болотах), при ослабленном биологическом кругообороте, консервируются мертвые органические вещества в виде торфа.

При значительных колебаниях уровня грунтовых вод восстановительные условия могут чередоваться с окислительными.

Смена окислительных условий восстановительными влечет за собой большое участие в сложении верхнего яруса ландшафта мертвых органических веществ (влажные луга на лугово-болотных оторфованных почвах, со значительным накоплением гумуса и торфа).

Вертикальные профили супераквальных ландшафтов



I – P^S – солончаковый, II – P^g – глеевый, III – P^T – торфяно-глеевый
 Горизонты: T – торфа, H^S – гумусовый с соленакоплением, H^g – гумусовый с оглеением, K^S – катагенеза с соленакоплением, K^g – катагенеза с оглеением, A_q – грунторых вод, A_q^S – засоленных грунтовых вод