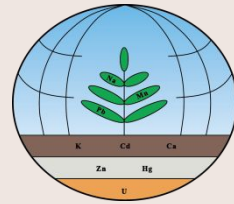




# Ландшафтно-геохимические СИСТЕМЫ

# I. Элементарные ландшафтно-геохимические системы



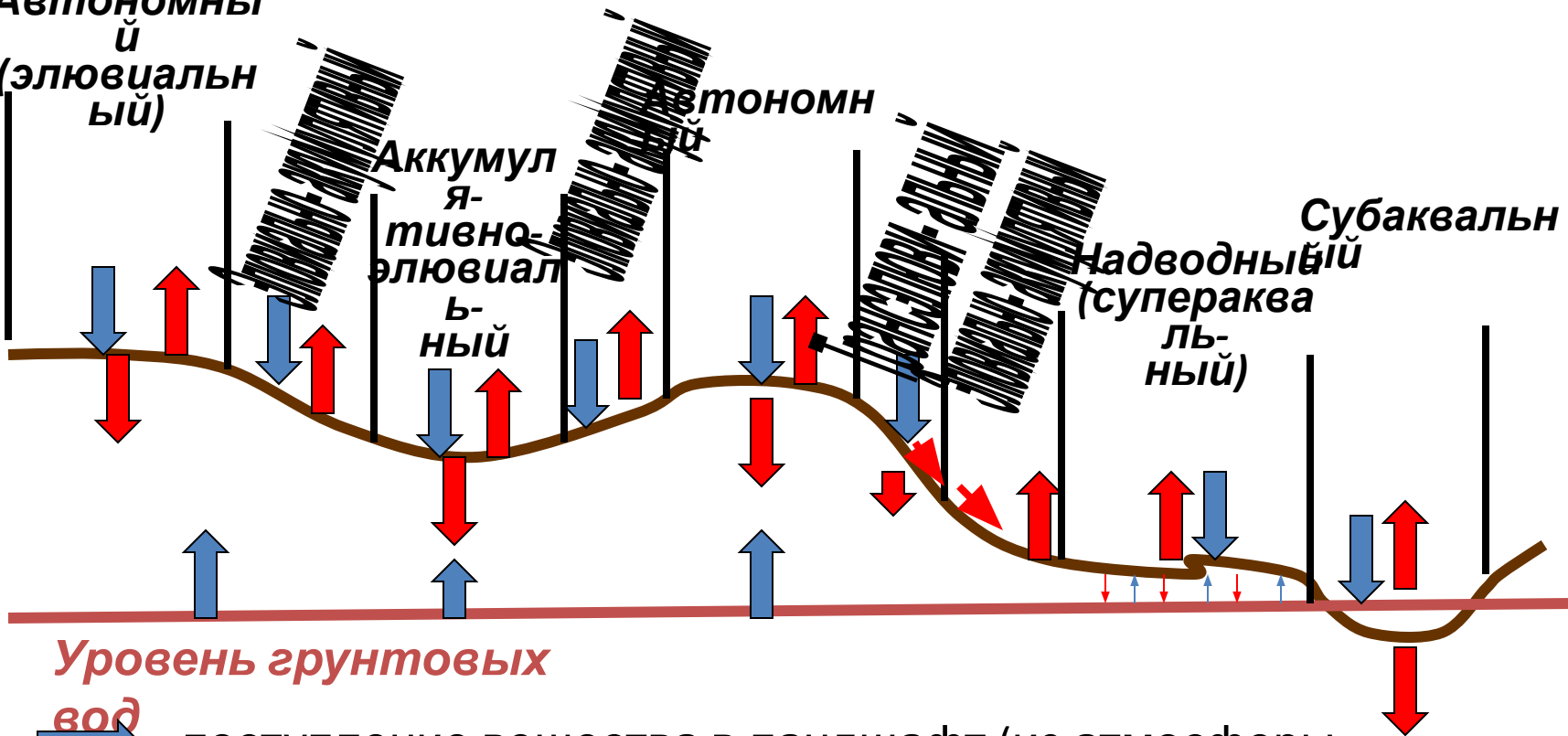
Элементарный ландшафт в своем типичном проявлении должен представлять один определенный тип рельефа, сложенный одной породой или наносом и покрытый в каждый момент своего существования определенным растительным сообществом. Все эти условия создают определенную разность почвы и свидетельствуют об одинаковом на протяжении элементарного ландшафта развитии взаимодействия между горными породами и организмами ( по Б.Б. Польшину).

Автономный  
(элювиальный)

Аккумулятивно-элювиальный

Автономный

Надводный (супераккумулятивный)  
Субаккумулятивный



Уровень грунтовых

вод

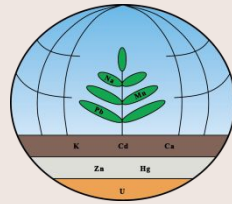
→ - поступление вещества в ландшафт (из атмосферы,

→ - удаление веществ из ландшафта в атмосферу, грунтовые и

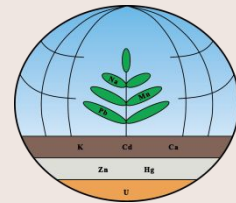
поверхностные воды

## Основные типы элементарных ландшафтов

# Радиальная структура ландшафта



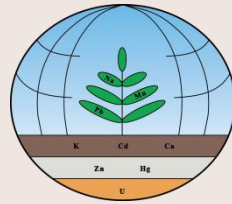
- $A_x$ ,  $B_x$  – коэффициенты биологического и биогеохимического поглощения;
- $R$  – коэффициент радиальной дифференциации:  
$$R = C_i \text{ горизонт} / C_i \text{ порода}$$



# Биогеохимические коэффициенты

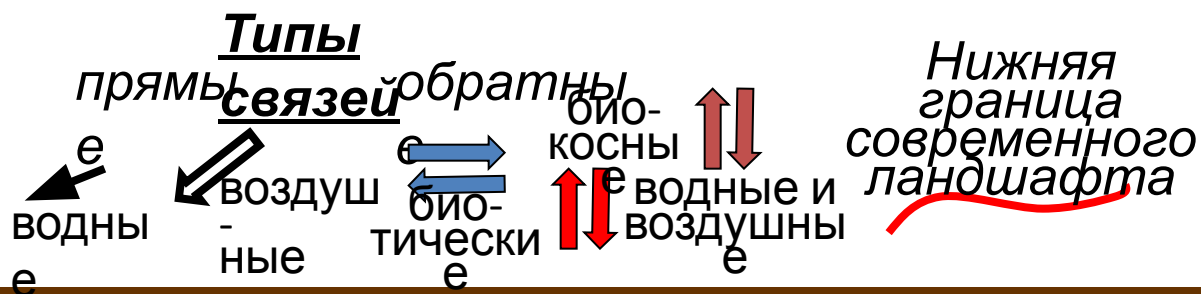
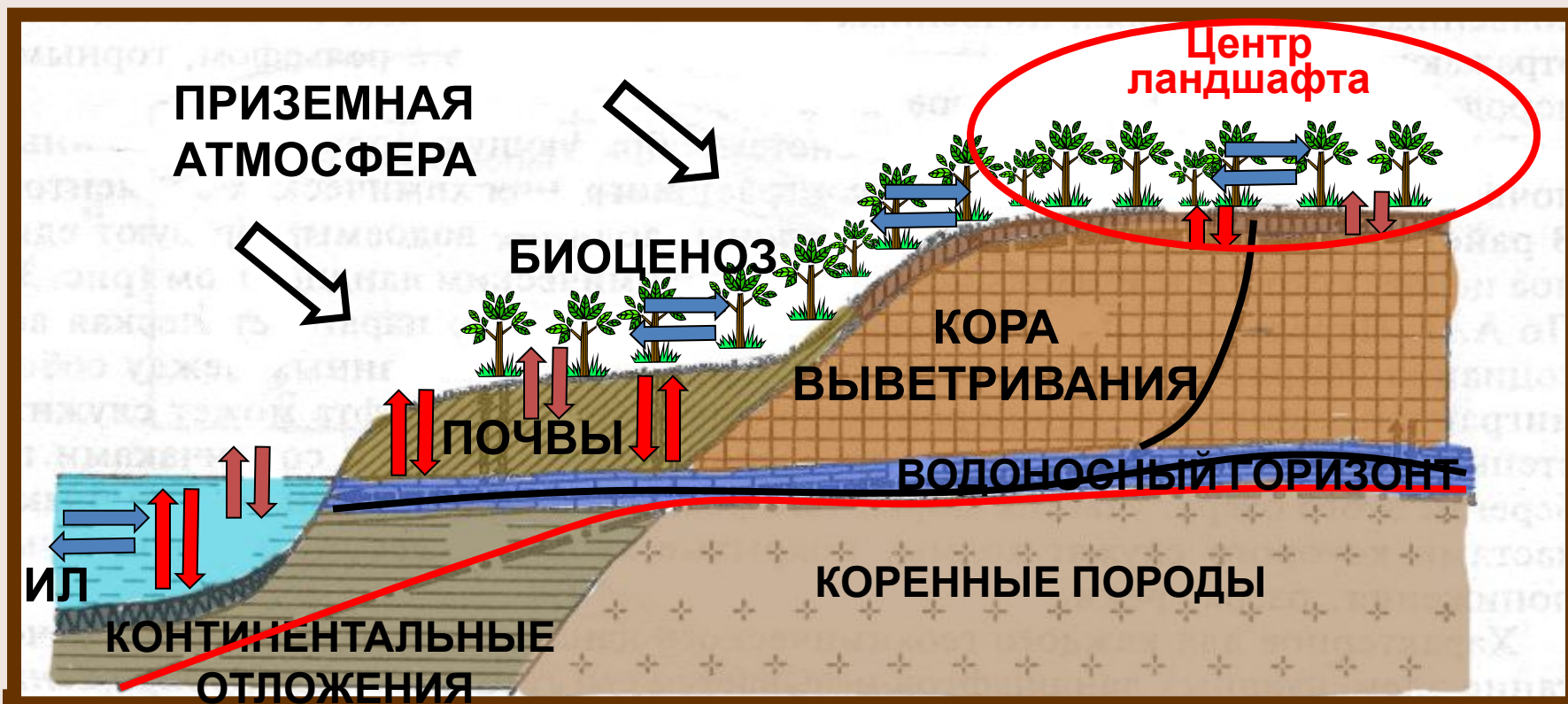
- $A_x = l_x / n_x$  - коэффициент биологического поглощения (А. И. Перельман)
- $l_x$  - содержание элемента x в золе растения;
- $n_x$  - в горной породе или почве.
  
- $B_x = a_x / m_x$  - коэффициент биогеохимической подвижности (Н.С. Касимов)
- $a_x$  - содержание элемента x в сухом веществе растений;
- $m_x$  - содержание подвижных форм элемента x в почве.

## II. Каскадные ландшафтно-геохимические системы

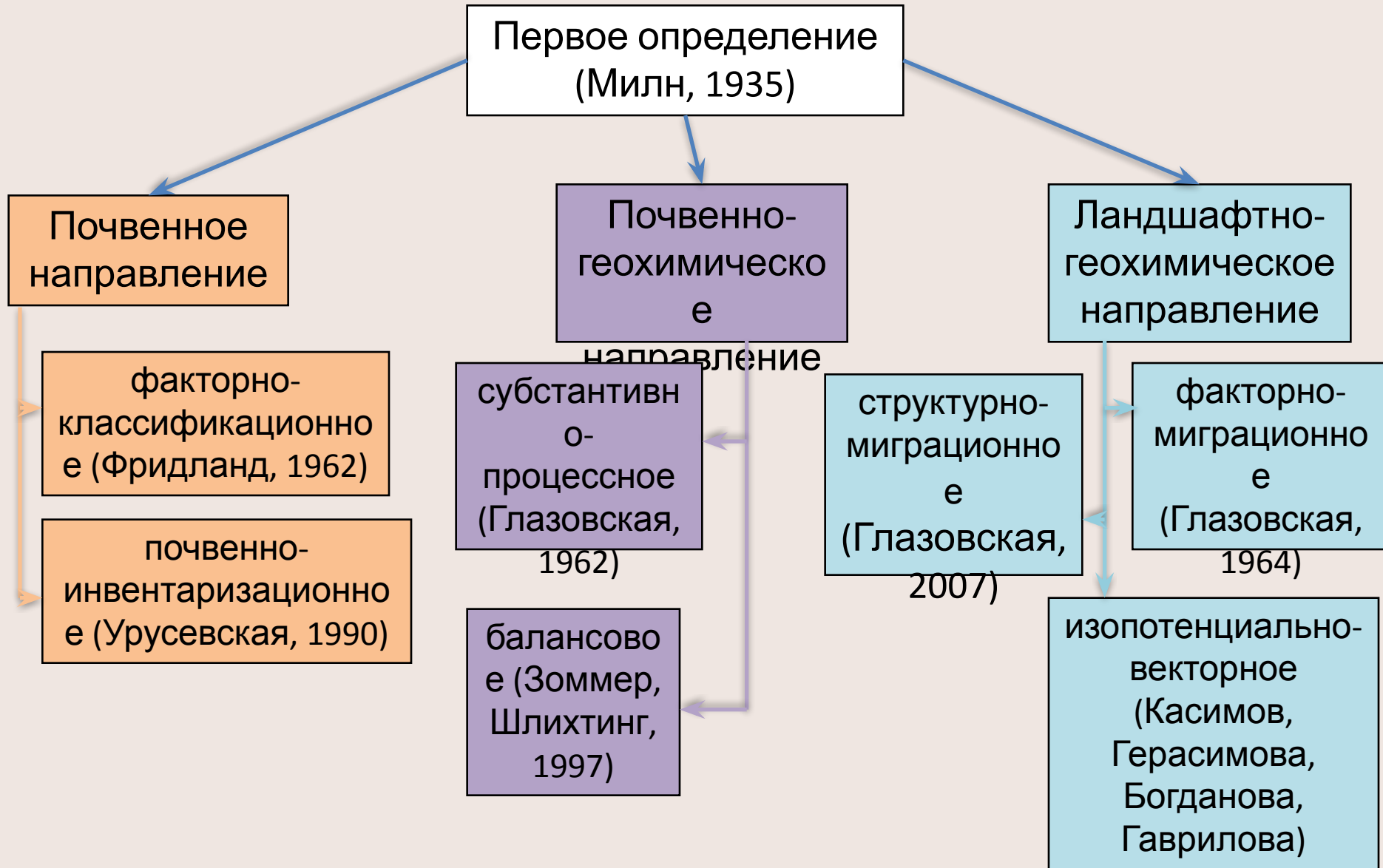
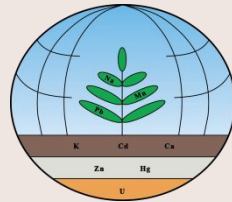


- **Геохимический ландшафт** – это парагенетическая ассоциация сопряженных элементарных ландшафтов, связанных между собой миграцией элементов  
(по А.И.Перельману).
- **Каскадные ландшафтно-геохимические системы (КЛГС)** – это такие парагенетические ассоциации ЭЛГС, целостность которых определяется потоками вещества, энергии и информации от верхних гипсометрических уровней рельефа к нижним  
(по М.А. Глазовской).

# ГЕОХИМИЧЕСКИЙ ЛАНДШАФТ

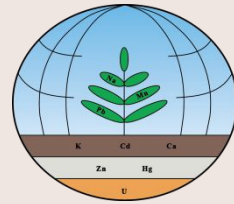


# Направления развития катенарной концепции





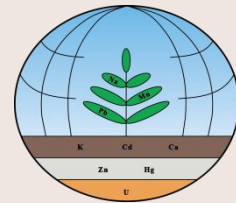
# Катена как форма организации элементарных ландшафтно-геохимических систем



- **Парадигма Милна-Полынова о катенарной сопряженности почв и ландшафтов**

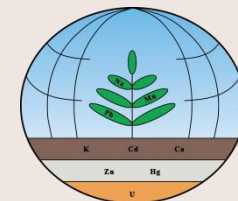


# Закон пространственной геохимической сопряженности ландшафтов Польшова:



**Потоки вещества в ландшафтах  
имеют системообразующее значение  
и определяют их геохимическую  
структуру.**

# Почвенное направление катенарной концепции



факторно-классификационная (Фридланд, 1962)

почвенно-инвентаризационная (Урусевская, 1990)

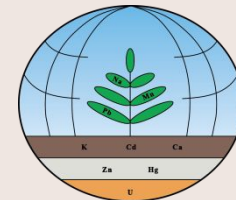


Смена почв по мезорельефу – сочетания или вариации

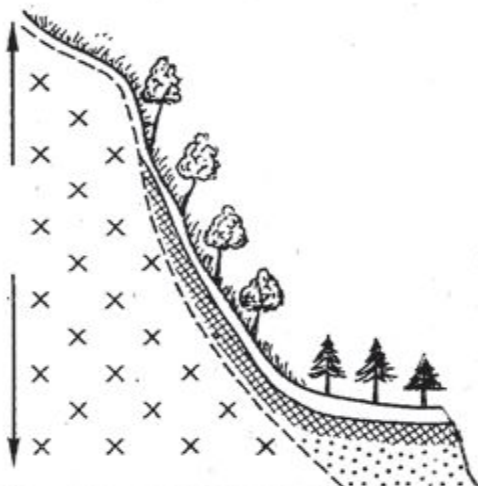
Почвообразующие породы	Тип рельефа				
	Водноледниково-озерные и гляциально-аллювиально-зандровые равнины	моренные, конечно-моренные равнины	моренно-цокольные равнины	гляциально-цокольные равнины	подгорные равнины
<i>Б Подзона глееподзолистых и подзолистых иллювиально-гумусовых почв северной тайги</i>					
Песчано-супесчаные		—			—
Суглинистые	—		—		
Двучленные	—		—	—	—
Двучленные с близким залеганием карбонатных пород	—		—	—	—

Почвенные катены Нечерноземной зоны РФ

# Почвенно-геохимическое направление катенарной концепции



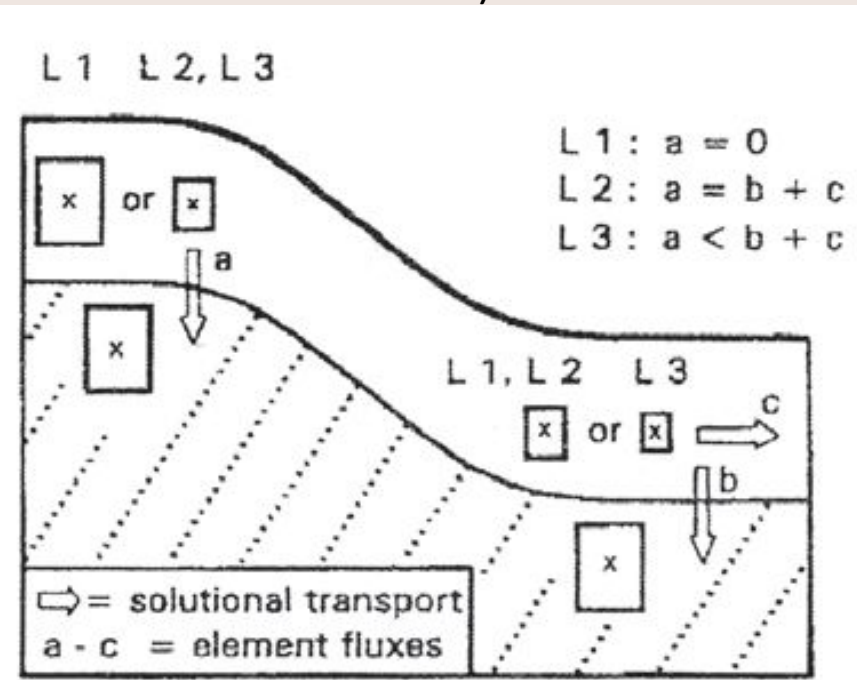
субстантивно-процессное  
(Глазовская, 1962)



$A_2, \text{CM}$	3	3	6
$B_h, \text{CM}$	0	30	50
Гумус, % в $B_2$	0	5,0	3,8
$\text{Fe}_2\text{O}_3$ % в $B_h$	0	8,8	12,3
$\text{Al}_2\text{O}_3$ % в $B_h$	0	19,6	19,3
Почвы	1	2	3

Почвенно-геохимические

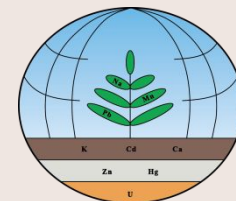
балансовое (Зоммер, Шлихтинг,  
1997)



Концептуальная балансовая модель  
выноса и накопления элементов (a,  
b,c)

в почвах. Разные объемы (x)  
элементов определяют типы катен  
выщелачивания (L1, L2, L3) при  
миграциях в растворах

# Ландшафтно-геохимическое направление катенарной концепции



структурно-миграционное  
(Глазовская, 2007)



Грунтовые воды

б

Грунтовые воды

в

Грунтовые воды

г

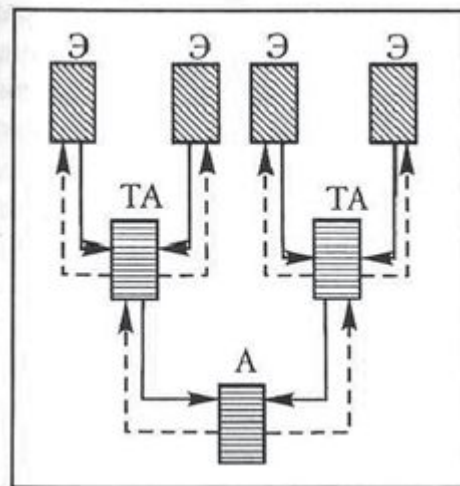
Грунтовые воды

д

Грунтовые воды

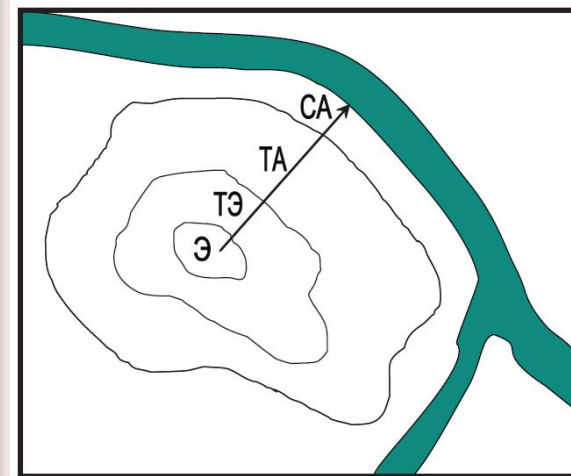
Типы геохимических сопряжений автономных и подчиненных элементарных

факторно-миграционное  
(Глазовская, 1964)



Каскадная ландшафтно-геохимическая система

изопотенциально-векторное  
(Касимов, Герасимова, Богданова, Гаврилова)

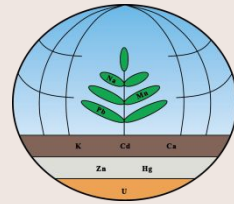


Миграционные потоки в системе элементарных ландшафтов



## Принципы географо-геохимической систематики почвенно-геохимических катен

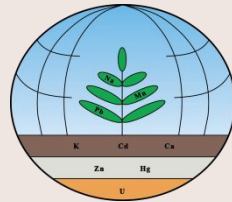
# I. Почвенные катены Нечерноземной зоны (Урусевская , 1990)



## *Группировка катен:*

- 1) состав компонентов почвенного покрова в зависимости от литологии пород и генетического типа рельефа;
- 2) закономерности смены почв по мезорельефу с отражением положения гидроморфных почв (автономное или подчиненное);
- 3) главные факторы дифференциации почв в катене: специфика пород, эрозионные процессы, увлажнение, глубина грунтовых вод, перераспределение поверхностных вод.

# Группировка почвенных катен Нечерноземной зоны



- **Класс и подкласс** – главные факторы дифференциации почв в катенах;
- **Группа** – положение почв в геохимическом ландшафте;
- **Тип** – состав компонентов почвенного покрова;
- **Разновидность** – гранулометрический состав почвообразующей породы;
- **Разряд** – генетический тип рельефа.



Класс	Подкласс	Группа	Тип	Разновид- ность	Разряд
Увлажненно-литогенно-дифференцированные	Поверхностно-увлажненные	Автономно-гидроморфные	<i>Болотно-глеепод-золисто-контактно-глееватые</i> <i>Болотно-подзолисто-контактно-глееватые</i>	Двучленные	Моренные
		Автономно-полугидроморфные	<i>Полуболотно-подзолисто-контактно-глееватые</i>		Моренно-цокольные
	Поверхностно- и грунтово-увлажненные	Подчиненно-гидроморфные	<i>Буроземно-подзолисто-болотные</i>	Песчано-глинистые	Гляциально-цокольные (средние и кислые породы)
		Подчиненно-полугидроморфные	<i>Подбуроземно-дерново-глеевые</i>	Песчано-супесчаные	Гляциально-цокольные (основные породы)

	Тип рельефа				
Почвообразующие породы	водноледниково-озерные и дилuviально-зандровые равнины	моренные, конечно-моренные равнины	моренно-цокольные равнины	гляциально-цокольные равнины	подгорные равнины

Б Подзона глееподзолистых и подзолистых иллювиально-гумусовых почв северной тайги

Песчано-супесчаные		—			—
Суглинистые	—		—		
Двучленные	—		—	—	—
Двучленные с близким залеганием карбонатных пород	—		—	—	—

### Тип рельефа

Почвообра- зующие породы	Водно-ледниково- озерные и аллюви- ально-зандровые равнины	моренные, конечно- моренные равнины	моренно-цоколь- ные равнины	гляциально- цокольные равнины	подгорные равнины
--------------------------------	---	---	-----------------------------------	-------------------------------------	----------------------

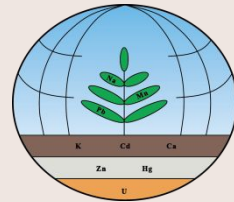
В Подзона подзолистых почв средней тайги

Песчано- супесчаные		—			—
Суглинистые (в том числе карбонатные)	—		—		
Двучленные				—	—
Двучленные с близким залеганием карбонатных пород	—		—	—	—
Песчано-глини- стые с близким залеганием изверженных пород	—	—	—		—

## II. Географо-геохимическая систематика катен

<i>Таксономическая единица</i>	<i>Критерии выделения</i>
<b>Группа</b>	Принадлежность к ландшафтной зоне
<b>Подгруппа</b>	Сочетания автономных и подчиненных ландшафтов в пределах каждой группы
<b>Разряд</b>	Положение в речном бассейне (автохтонное, аллохтонное, порядок бассейна)
<b>Тип</b>	Монолитность или гетеролитность
<b>Подтип</b>	Литогеохимические особенности почвообразующих пород в пределах типа
<b>Семейство</b>	Миграционная структура, обусловленная строением рельефа, литологией, характером поверхностного, внутрипочвенного и грунтового стока
<b>Класс</b>	Дифференциация щелочно-кислотных и окислительно-восстановительных условий в системе: автономный ландшафт-подчиненный ландшафт
<b>Род</b>	Степень геохимической контрастности катен
<b>Вид</b>	Соотношение литогеохимической и латерально-миграционной дифференциации вещества (сопряженное, конвергентное, дивергентное)
<b>Разновидность</b>	Характер распределения химических элементов по катене (транзитно-аккумулятивный, аккумулятивно-элювиальный и т.д.)

# ГРУППА



**- принадлежность к ландшафтной зоне**

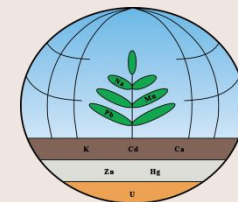
# ПОДГРУППА

**- сочетания автономных и подчиненных ландшафтов в пределах каждой группы**

# Подгруппы почвенно-геохимических катен

Подгруппы катен	<i>Условия миграции</i>	
	автономные	подчиненные
	<b>Почвы</b>	
<b>Горно–лесная</b> (лес→лес)	Лесные, кислые и слабокислые окислительные с дерново-подзолистыми и серыми лесными почвами	Лесные, луговые, слабокислые и нейтральные, окислительные и восстановительные с солодами, торфяно-глеевыми и луговыми почвами
<b>Лесостепная</b> (лес→степь)	Лесные слабокислые и нейтральные окислительные с серыми лесными почвами, выщелоченными и оподзоленными черноземами	Луговые и степные, нейтральные и щелочные, окислительные и восстановительные с луговыми солодами, торфянисто-глеевыми и луговыми почвами
<b>Колочно-долинная</b> и <b>колочно-западинная</b> (степь→лес)	Степные, щелочные окислительные с черноземами	Лесные и лугово-болотные, слабокислые и нейтральные, восстановительные с глеевыми солодами и лугово-болотными почвами
<b>Степная и сухостепная</b> (степь→степь)	Степные и сухостепные, нейтральные и щелочные, окислительные с черноземными и каштановыми почвами	Степные и лугово-степные, щелочные окислительные и восстановительные с лугово-каштановыми и луговыми почвами, солонцами

# РАЗРЯД



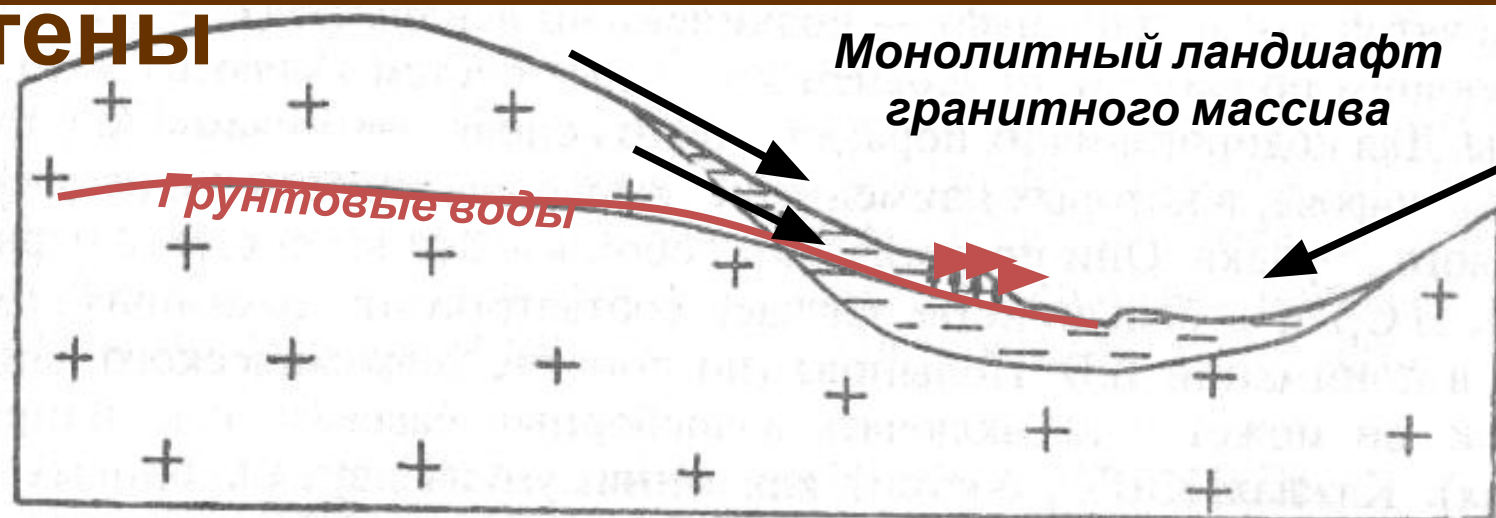
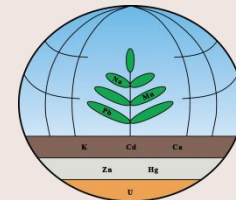
- **АВТОХТОННЫЙ**

- **АЛЛОХТОННЫ  
Й**

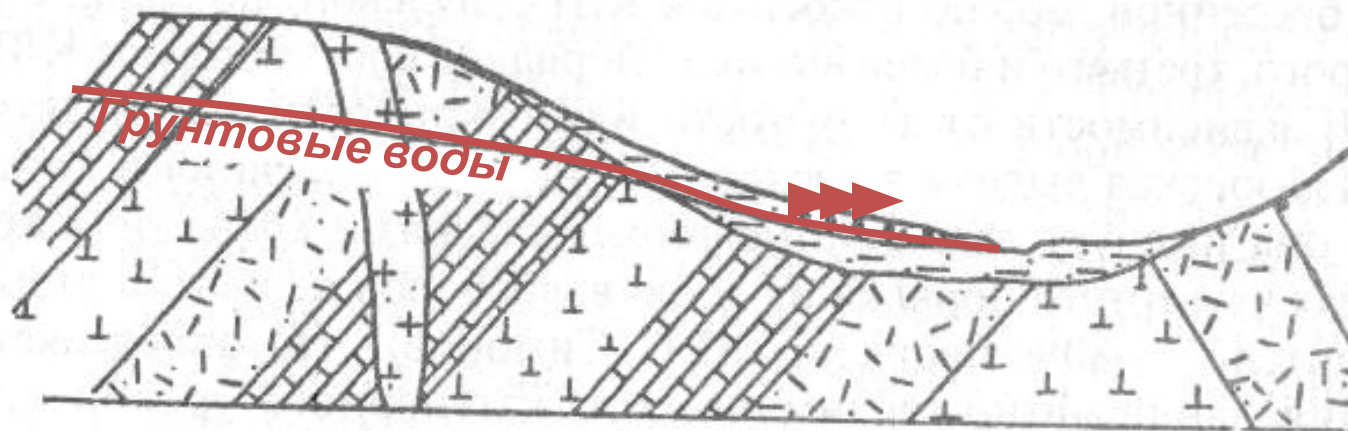
# ТИП

# Монолитные и гетеролитные

# катены

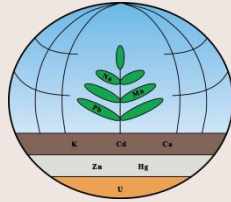


**Гетеролитный ландшафт массива, сложенного вулканогенно-осадочной толщей**

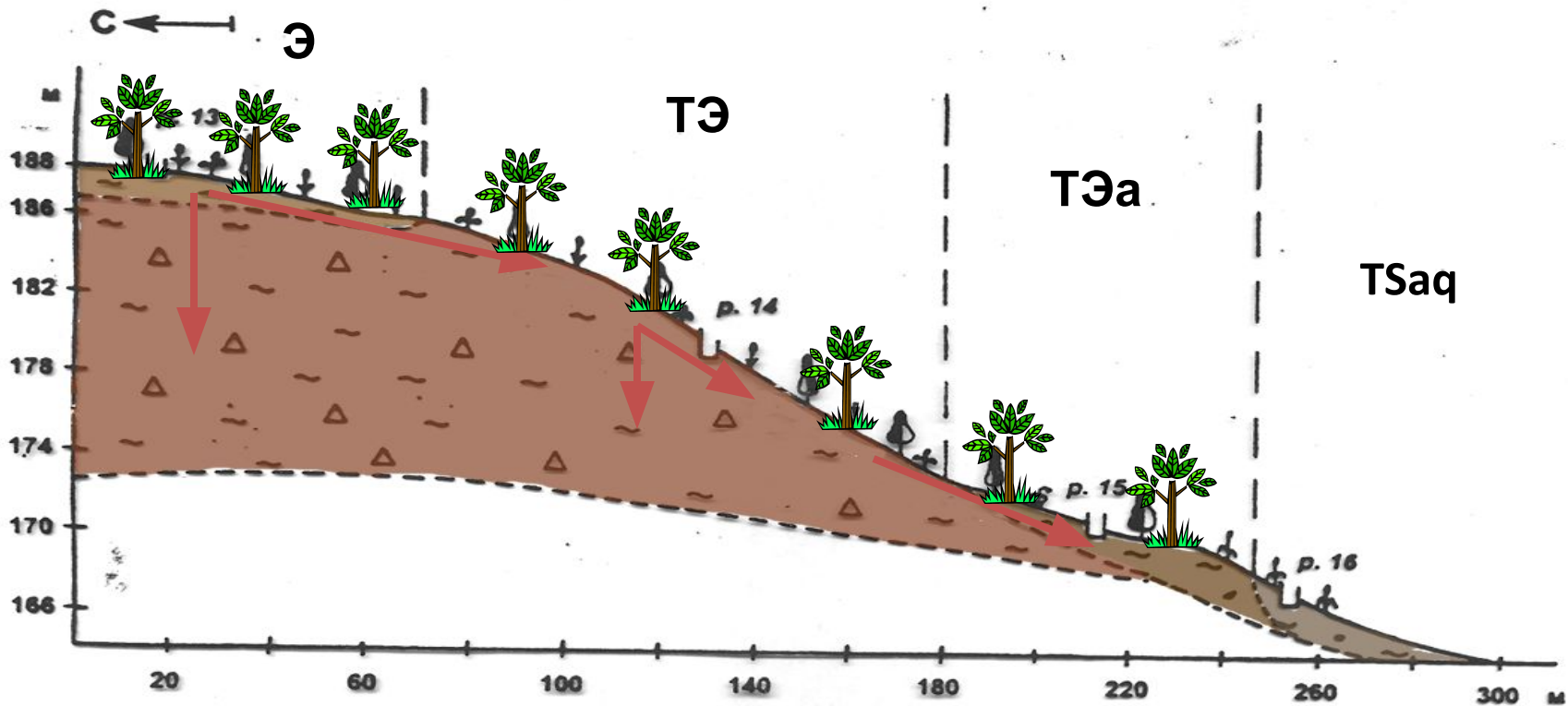




# ПОДТИП

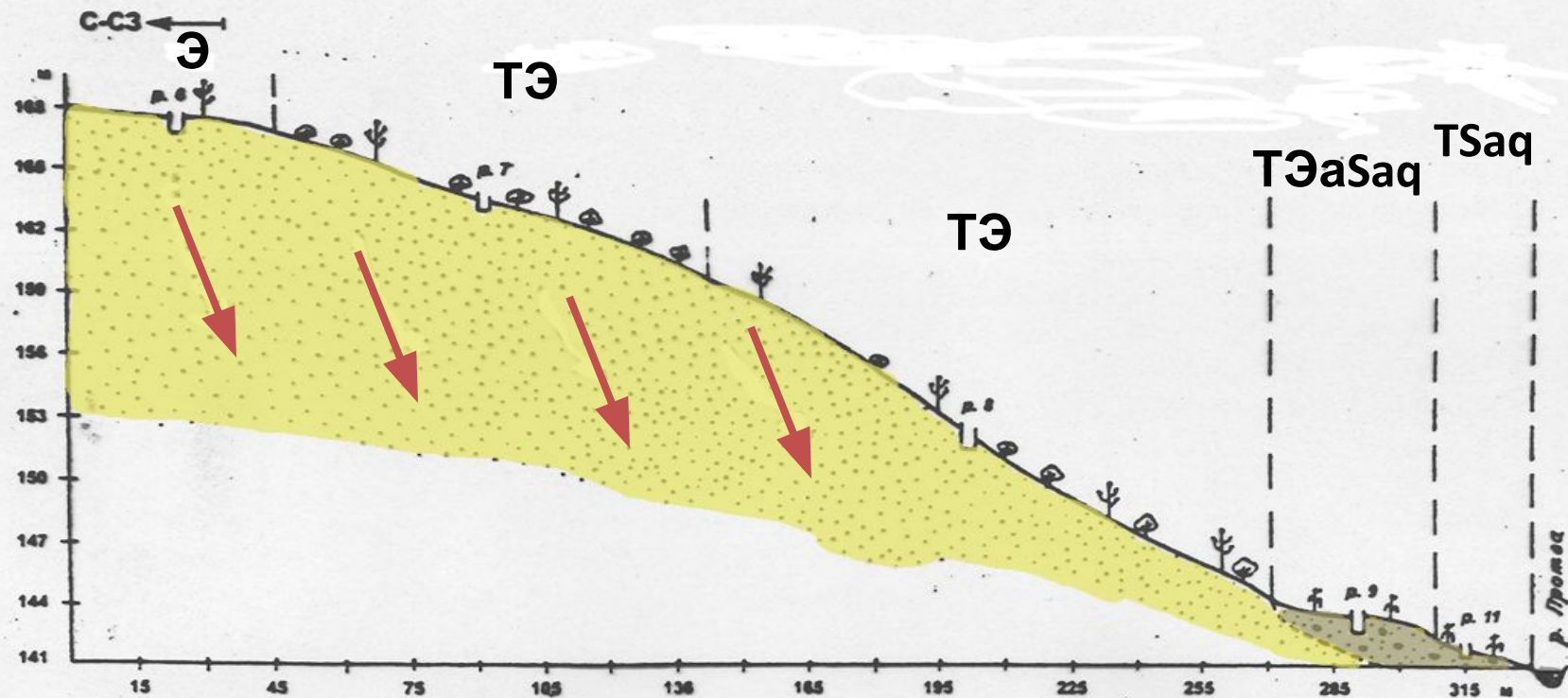


- **литолого-геохимический состав почвообразующих пород (суглинистые, суглинисто-песчаные и др.)**



Почвообразующие			
Покровные суглинки	Моренные суглинки	Делювиальные суглинки	Аллювиальные суглинки
Дерново-слабо-подзолистая	Дерновая на смуглой подзолистой	Дерновая	Пойменная дерновая глеевая
Березово-осиновое осокое	Березово-осиновое осокое	Березово-осиновое копытнево-пролесниковое	Крапивно-осокое

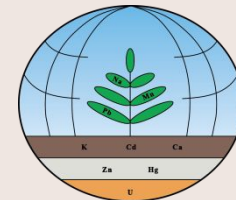
# Монолитная суглинистая водораздельно-балочная



<b>Почвообразующие</b>			
Флювиогляциальные бескарбонатные		Аллювиальные карбонатные	
пески		пески	
<b>Почвы</b>			
Дерново-слабо-подзолистая	Дерновоя	Дерново-среднеподзолистая	Пойменная дерново-карбонатная
<b>Растительное сообщество</b>			
Сосновое подберезово-манжетковое		Разнотравно-слезовый	

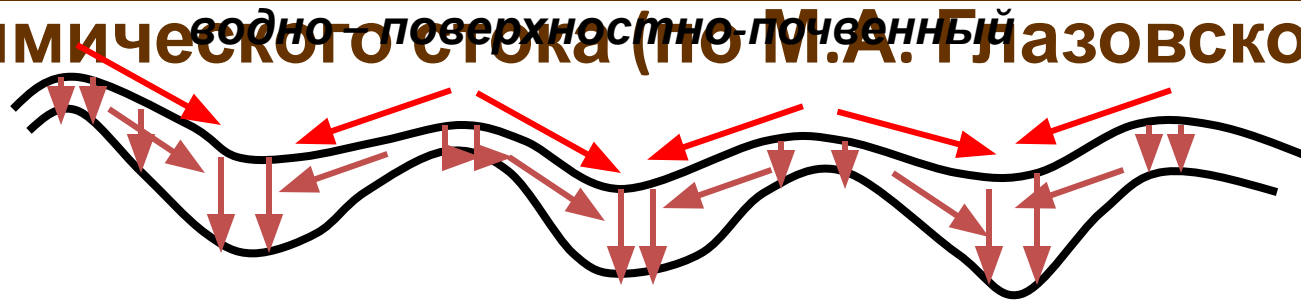
**Монолитная песчаная водораздельно-долинная катена**

# СЕМЕЙСТВО



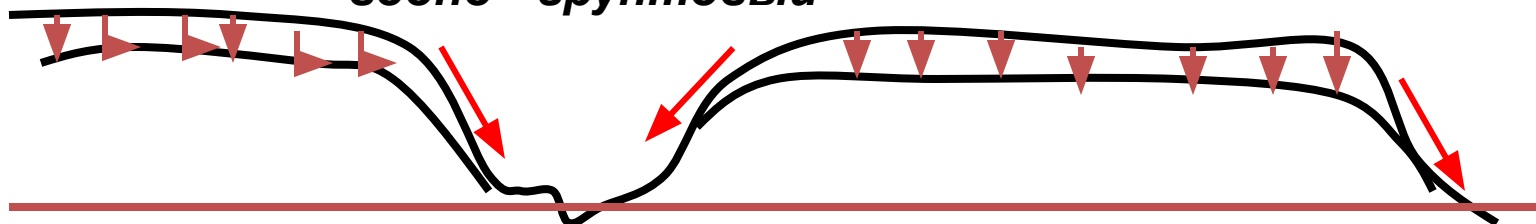
## Типы геохимических сопряжений с преобладанием

**химического стока (по М.А. Глазовской)**



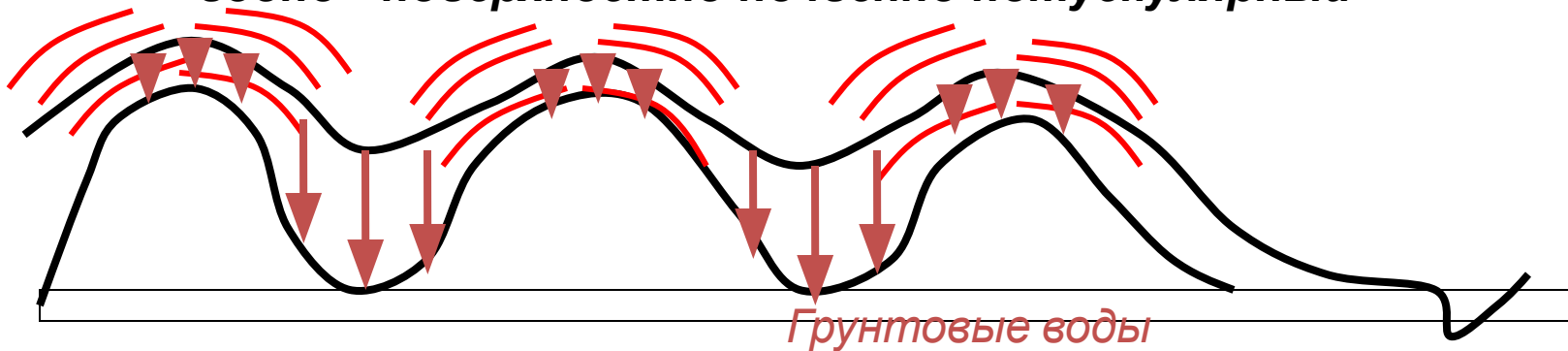
*Грунтовые воды*

**водно – грунтовый**

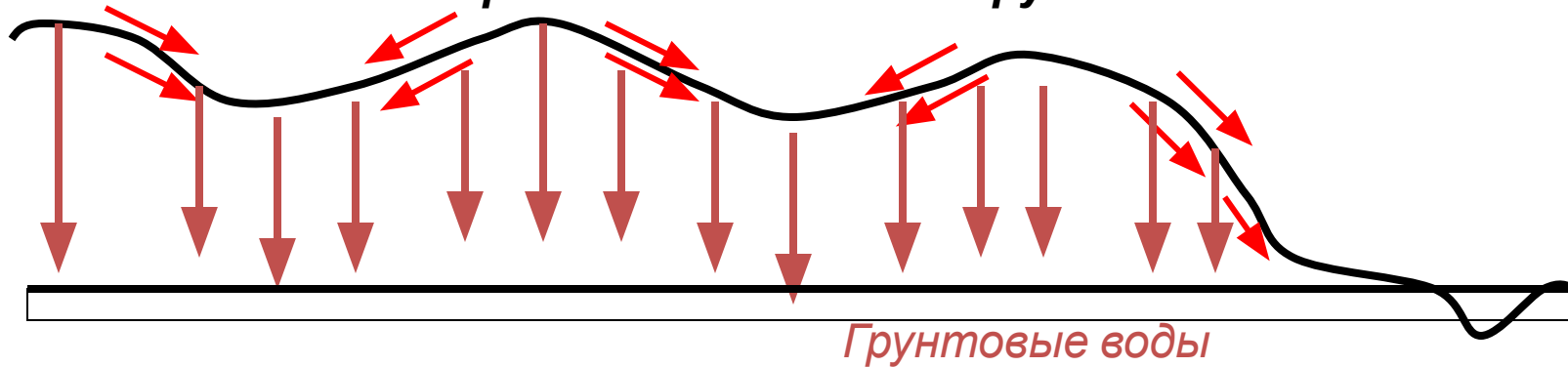


*Грунтовые воды*

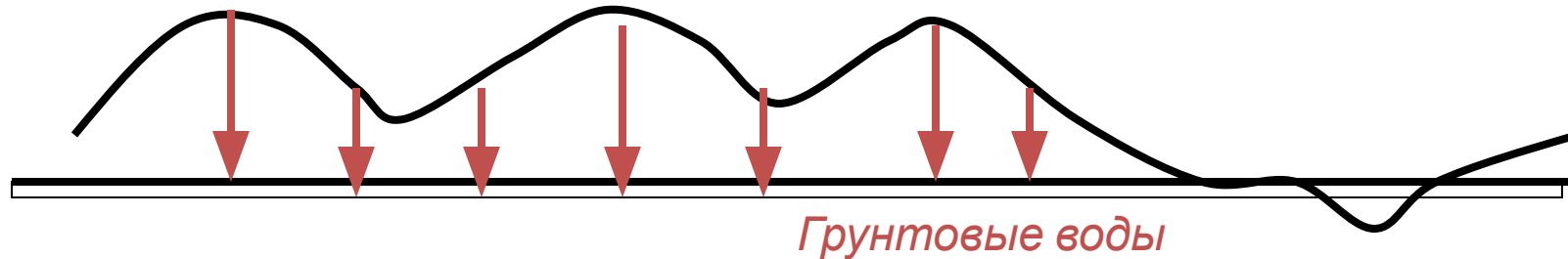
**водно – поверхностно-почвенно-потускулярный**



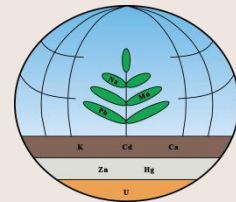
**водно – поверхностно-почвенно-грунтовый**



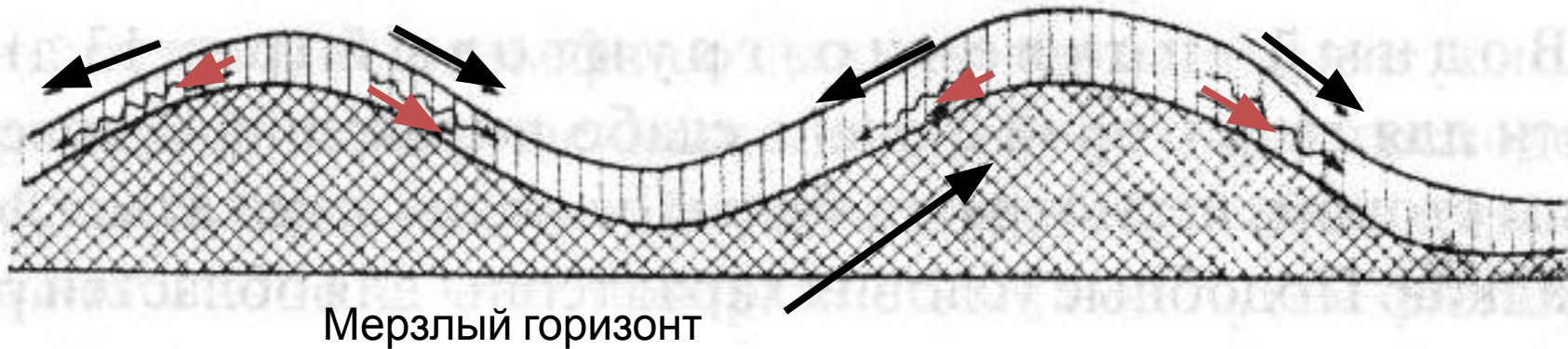
**водный почвенно-грунтовый**



# Типы геохимических сопряжений с преобладанием механического стока (по М. А. Глазовской)

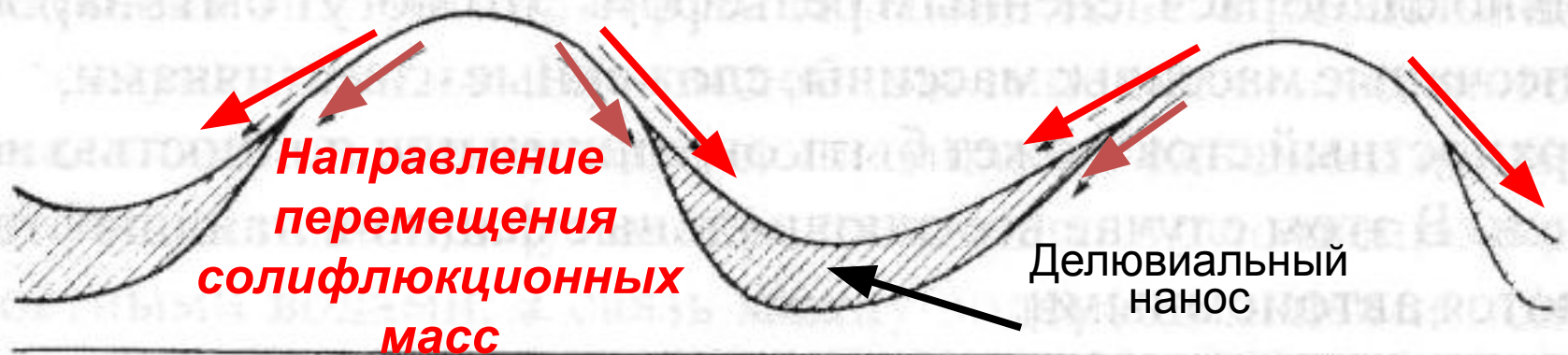


**водно-почвенно-солифлюкционный**



Merzlyy horizont

**водно-почвенно-эрозионный**



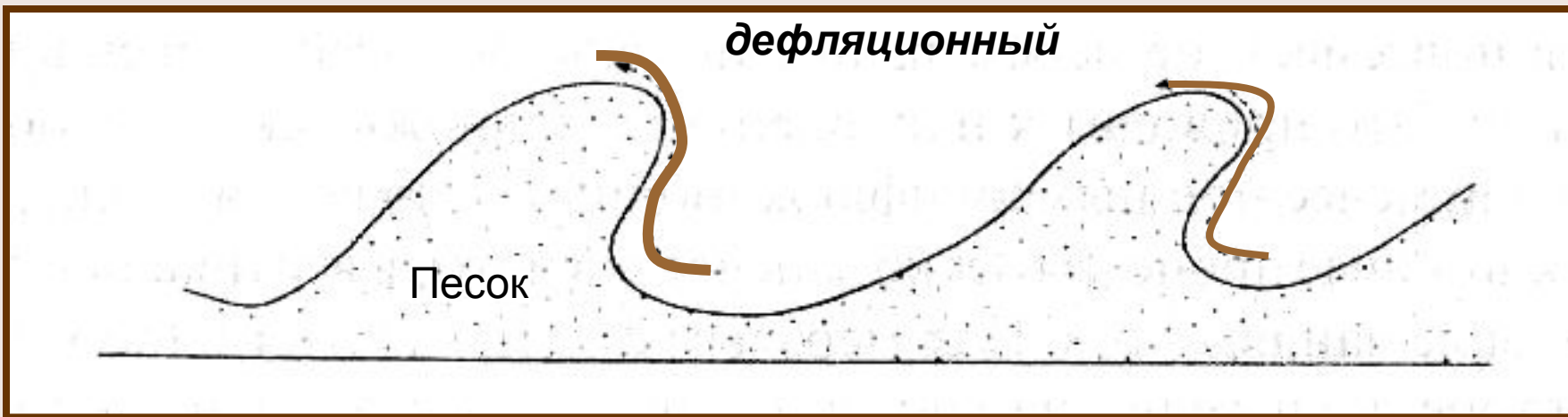
Направление  
перемещения  
солифлюкционных  
масс

Делювиальный  
нанос

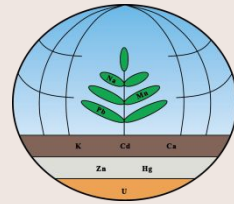
**гравитационно-осыпной**



**дефляционный**



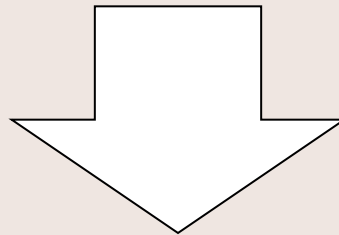
# Правило типоморфности



- Условия миграции в ландшафте, как правило, определяют немногочисленные типоморфные (ведущие) химические элементы, ионы и соединения – Ca, N, Fe, S, Cl и др.

## Принцип подвижных компонентов Перельмана

- Геохимические особенности ландшафта определяются элементами с высокими кларками, наиболее активно мигрирующими и накапливающимися в данном ландшафте.



**Геохимическая систематика ландшафтов (кислые, кальциевые и т.д.), эпигенетических процессов, геохимических барьеров, илов, вод, почв, отложений.**



# Основные классы водной миграции химических элементов в ландшафтах

Щелочно-кислотные условия	Типоморфные водные мигранты	Типоморфные воздушные мигранты и окислительно-восстановительные условия		
		$O_2$	$CO_2$	$U_2S$
Сильнокислые	$H^+$ , $SO_4^{2-}$ , $Al^{3+}$ , $Fe^{3+}$	I. Сернокислый	XI. Сернокислое оглеение	XVII. Сернокислый сульфидный
	$H^+$ , $Cl^-$ , $Al^{3+}$ , $Fe^{3+}$	II. Солянокислый	---	---
Слабокислые	$H^+$ , органические кислоты, $HCO_3^-$	III. Кислый ( $H^+$ ) IV. Кислый на кварцевых песках	XII. Кислый глеевый ( $H^+ - Fe^{2+}$ )	XVIII. Кислый сульфидный
		V. Кислый переходный к ( $H^+ - Ca^{2+}$ ) кальциевому		
Нейтральные и слабощелочные	$Ca^{2+}$ ( $Na^+$ , $Fe^{2+}$ )	VI. Кальциевый (Ca) VII. Кальциево-натриевый ( $Ca^{2+} - Na^+$ )	XIII. Карбонатный глеевый ( $Ca^{2+} - Fe^{2+}$ )	XIX. Нейтральный карбонатный, сульфидный
	$Cl^-$ , $Na^+$ , $SO_4^{2-}$ , $Ca^{2+}$ , $SO_4^{2-4}$	IX. Соленосный ( $Na^+ - Cl^- - SO_4^{2-}$ ) VIII. Гипсовый	XIV. Соленосный глеевый XV. Гипсовый глеевый	XX. Соленосно-сульфидный ( $Na^+ - H_2S$ )
Сильнощелочные	$OH^-$ , $Na^+$ , $HCO_3^-$ , $SiO_2$	X. Содовый ( $Na^+ - OH^-$ )	XVI. Содовый глеевый	XXI. Содовый сероводородный

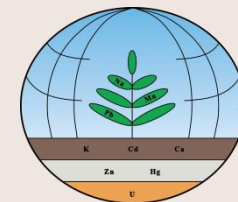
# Классы почвенно-геохимических катен

ОВУ и ЩКУ		Автономные почвы											
		I. Кислородные				II. Глеевые				III. Сероводородные			
		pH											
Гетерономные почвы		1.<3	2. 3-6,5	3. 6,5-8,5	4. >8,5	1.<3	2. 3-6,5	3. 6,5-8,5	4. >8,5	1.<3	2. 3-6,5	3. 6,5-8,5	4. >8,5
I. Кислородные	1.<3	--	E <sub>2,1</sub>	E <sub>3,1</sub>	E <sub>4,1</sub>	<b>A5</b> ↑	E <sub>6,1</sub> ↑	E <sub>7,1</sub> ↑	E <sub>8,1</sub> ↑	<b>A9</b> ↑	E <sub>10,1</sub>	E <sub>11,1</sub> ↑	E <sub>12,1</sub>
	2.3-6,5	D <sub>1,2</sub>	--	E <sub>3,2</sub>	E <sub>1,2</sub>	D <sub>5,2</sub>	<b>A6</b> ↓	E <sub>7,2</sub> ↓	E <sub>8,2</sub> ↓	D <sub>9,2</sub>	<b>A10</b>	E <sub>11,2</sub>	E <sub>12,2</sub>
	3.6,5-8,5	D <sub>1,3</sub>	D <sub>2,3</sub>	--	E <sub>4,3</sub>	D <sub>5,3</sub>	D <sub>6,3</sub>	<b>A7</b> ↓	E <sub>8,3</sub> ↓	D <sub>9,3</sub>	D <sub>10,3</sub>	<b>A11</b>	E <sub>12,3</sub>
	4. >8,5	D <sub>1,4</sub>	D <sub>2,4</sub>	D <sub>3,4</sub>	--	D <sub>5,4</sub> ↓	D <sub>6,4</sub> ↓	D <sub>7,4</sub> ↓	<b>A8</b> ↓	D <sub>9,4</sub> ↓	D <sub>10,4</sub>	D <sub>11,4</sub> ↓	<b>A12</b>
II. Глеевые	1.<3	<b>C1</b> ↑	E <sub>2,5</sub> ↑	E <sub>3,5</sub> ↑	E <sub>4,5</sub> ↑	--	E <sub>6,5</sub>	E <sub>7,5</sub>	E <sub>8,5</sub>	<b>C9</b> ↑	E <sub>10,5</sub> ↑	E <sub>11,5</sub> ↑	E <sub>12,5</sub>
	2.3-6,5	D <sub>1,6</sub>	<b>C2</b>	E <sub>3,6</sub>	E <sub>4,6</sub>	D <sub>5,6</sub>	--	E <sub>7,6</sub>	E <sub>8,6</sub>	D <sub>9,6</sub>	<b>C10</b>	E <sub>11,6</sub>	E <sub>12,6</sub>
	3.6,5-8,5	D <sub>1,7</sub>	D <sub>2,7</sub>	<b>C3</b>	E <sub>4,7</sub>	D <sub>5,7</sub>	D <sub>6,7</sub>	--	E <sub>8,7</sub>	D <sub>9,7</sub>	D <sub>10,7</sub>	<b>C11</b>	E <sub>12,7</sub>
	4. >8,5	D <sub>1,8</sub>	D <sub>2,8</sub>	D <sub>3,8</sub>	<b>C4</b> ↓	D <sub>5,8</sub>	D <sub>6,8</sub>	D <sub>7,8</sub>	--	D <sub>9,8</sub> ↓	D <sub>10,8</sub> ↓	D <sub>11,8</sub> ↓	<b>C12</b>
III. Сероводородные	1.<3	<b>B1</b> ↑	E <sub>2,9</sub> ↑	E <sub>3,9</sub>	E <sub>4,9</sub>	<b>B5</b>	E <sub>6,9</sub> ↑	E <sub>7,9</sub> ↑	E <sub>8,9</sub>	--	E <sub>10,9</sub>	E <sub>11,9</sub>	E <sub>12,9</sub>
	2.3-6,5	D <sub>1,10</sub>	<b>B2</b>	E <sub>3,10</sub>	E <sub>4,10</sub>	D <sub>5,10</sub>	<b>B6</b>	E <sub>7,10</sub>	E <sub>8,10</sub>	D <sub>9,10</sub>	--	E <sub>11,10</sub>	E <sub>12,10</sub>
	3.6,5-8,5	D <sub>1,11</sub>	D <sub>2,11</sub>	<b>B3</b>	E <sub>4,11</sub>	D <sub>5,11</sub>	D <sub>6,11</sub>	<b>B7</b>	E <sub>8,11</sub>	D <sub>9,11</sub>	D <sub>10,11</sub>	--	E <sub>12,11</sub>
	4. >8,5	D <sub>1,12</sub>	D <sub>2,12</sub>	D <sub>3,12</sub> ↓	<b>B4</b>	D <sub>5,12</sub>	D <sub>6,12</sub> ↓	D <sub>7,12</sub> ↓	<b>B8</b>	D <sub>9,12</sub>	D <sub>10,12</sub>	D <sub>11,12</sub>	--

# Роды ландшафтно-геохимических катен

Род	Степень контрастности	Вид контрастности
Первый	Слабая	<i>Биогенная</i>
Второй	Средняя	<i>Щелочно-кислотная</i>
		Текстурная
		Испарительная
Третий	Сильная	<i>Окислительно-восстановительная(кисотно-глеевая)</i>
		Щелочно-кислотная
		Текстурная
		Испарительная
Четвертый	Очень сильная	<i>Окислительно-восстановительная(кисотно-сульфидная)</i>
		Щелочно-кислотная
		Текстурная
		Испарительная
		Биогенная

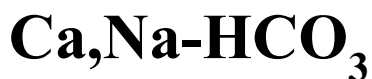
# Виды и разновидности латеральной дифференциации элементов в катенах



Литогеохимическая дифференциация	Латерально-миграционная дифференциация		
	Аккумулятивный	Монотонный	Транзитный
	$L > 1,3$	$0,7 < L < 1,3$	$L < 0,7$
Аккумулятивный (концентрация в подчиненных ландшафтах), $L > 1,3$	Аккумулятивный сопряженный(1)	Монотонно-аккумулятивный (4; а, б)	Транзитно-аккумулятивный (7; а, б)
Монотонный (равномерное распределение), $0,7 < L < 1,3$	Аккумулятивно-монотонный (2; а, б)	Монотонно-сопряженный (5)	Транзитно-монотонный (8; а, б)
Транзитный (рассеяние в подчиненных ландшафтах), $L < 0,7$	Аккумулятивно-транзитный (3; а, б)	Монотонно-транзитный (6; а, б)	Транзитный сопряженный (9)

## Мобилизация

Выветривание силикатных пород, биогенная аккумуляция

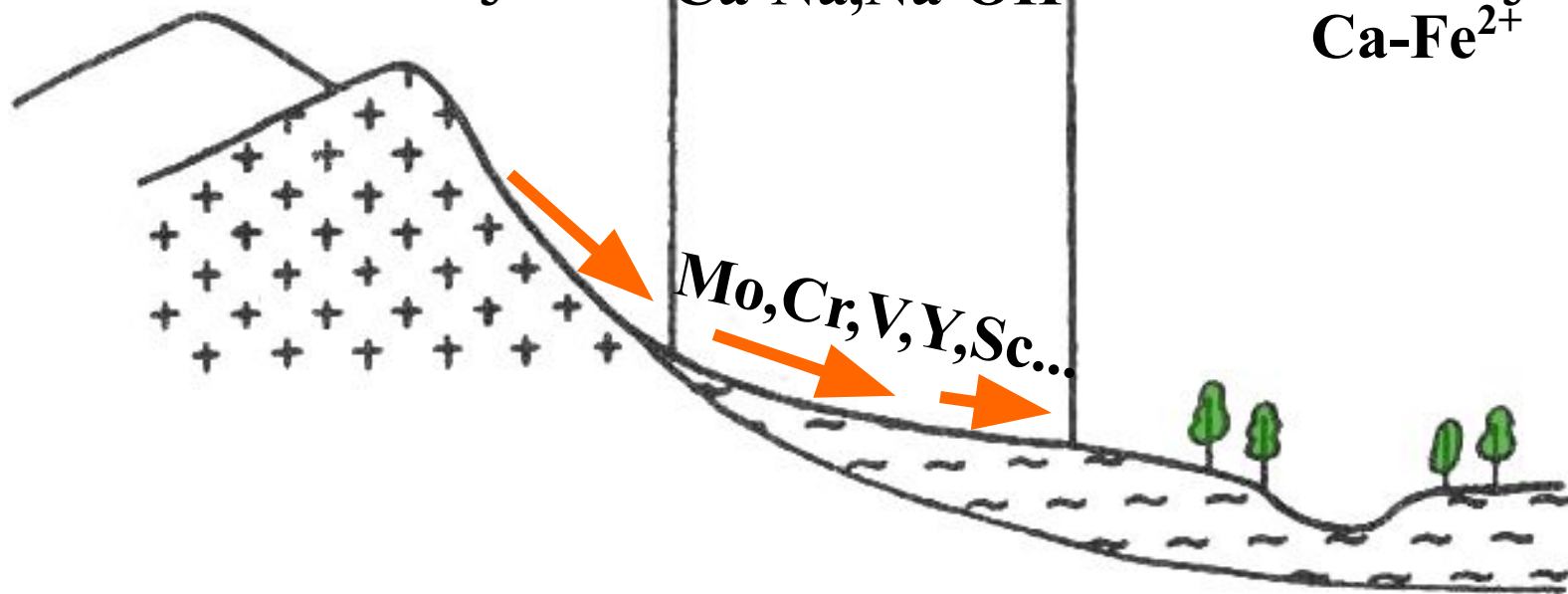


Биогенная аккумуляция, содовое выщелачивание



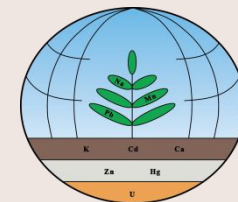
## Аккумуляция

Кислый, глеевый, сорбционный геохимические барьеры

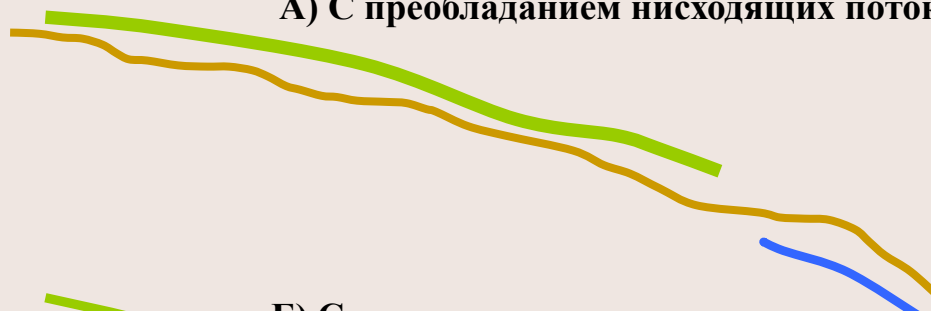


**Принципиальная схема мобилизации и аккумуляции микроэлементов в степных ландшафтах**

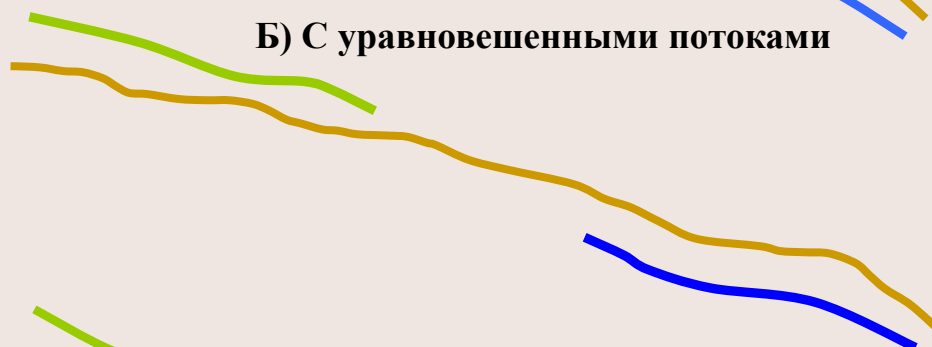
# КАТЕНЫ С НИСХОДЯЩИМИ И ВОСХОДЯЩИМИ ПОТОКАМИ



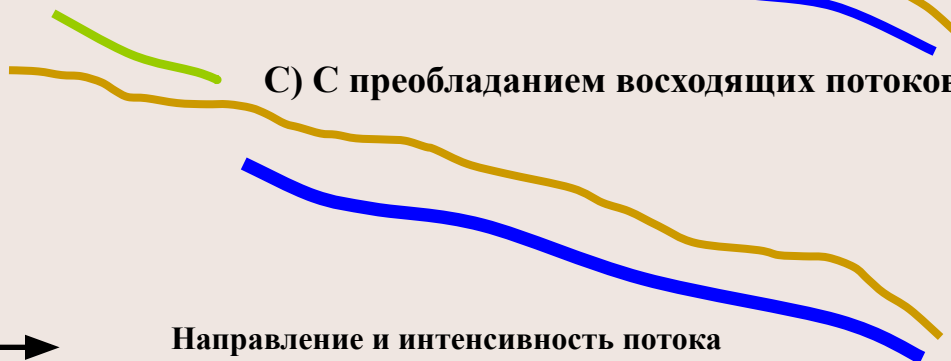
**А) С преобладанием нисходящих потоков**



**Б) С уравновешенными потоками**

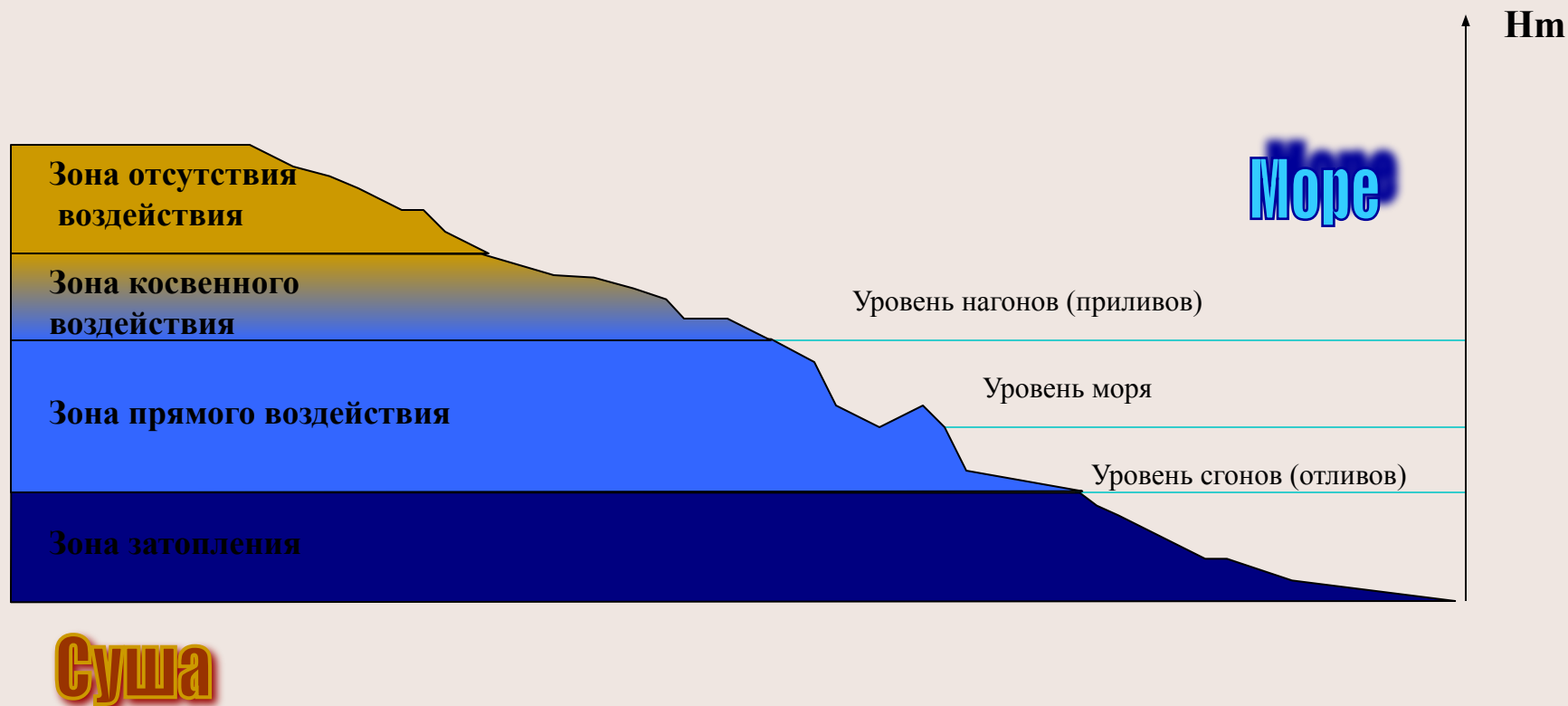


**С) С преобладанием восходящих потоков**

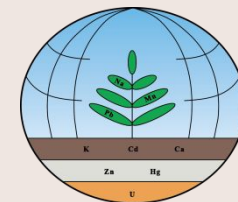


**Направление и интенсивность потока**

# Геоэкологические зоны побережья Каспийского моря



# Латеральная структура ландшафта



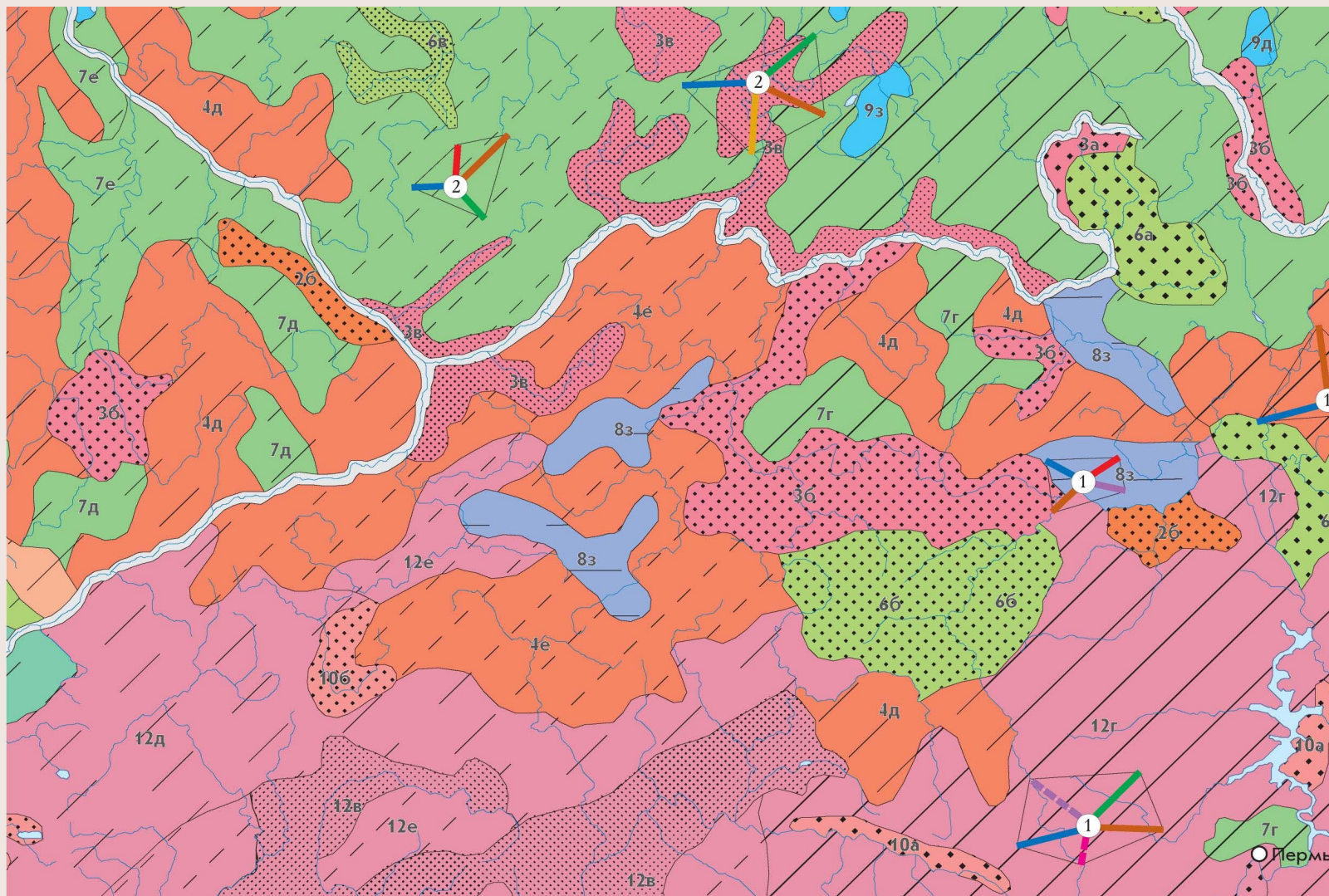
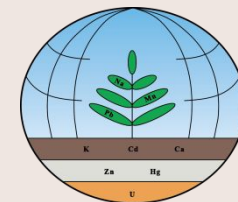
- **L – коэффициент латеральной дифференциации:**

$$L = \frac{\text{Сі подчиненный ландшафт}}{\text{Сі автономный ландшафт}}$$

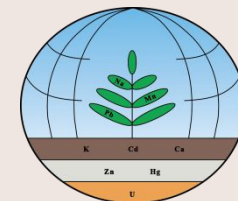
( по органогенным и минеральным горизонтам)



# Фрагмент карты «Условия латеральной миграции....»

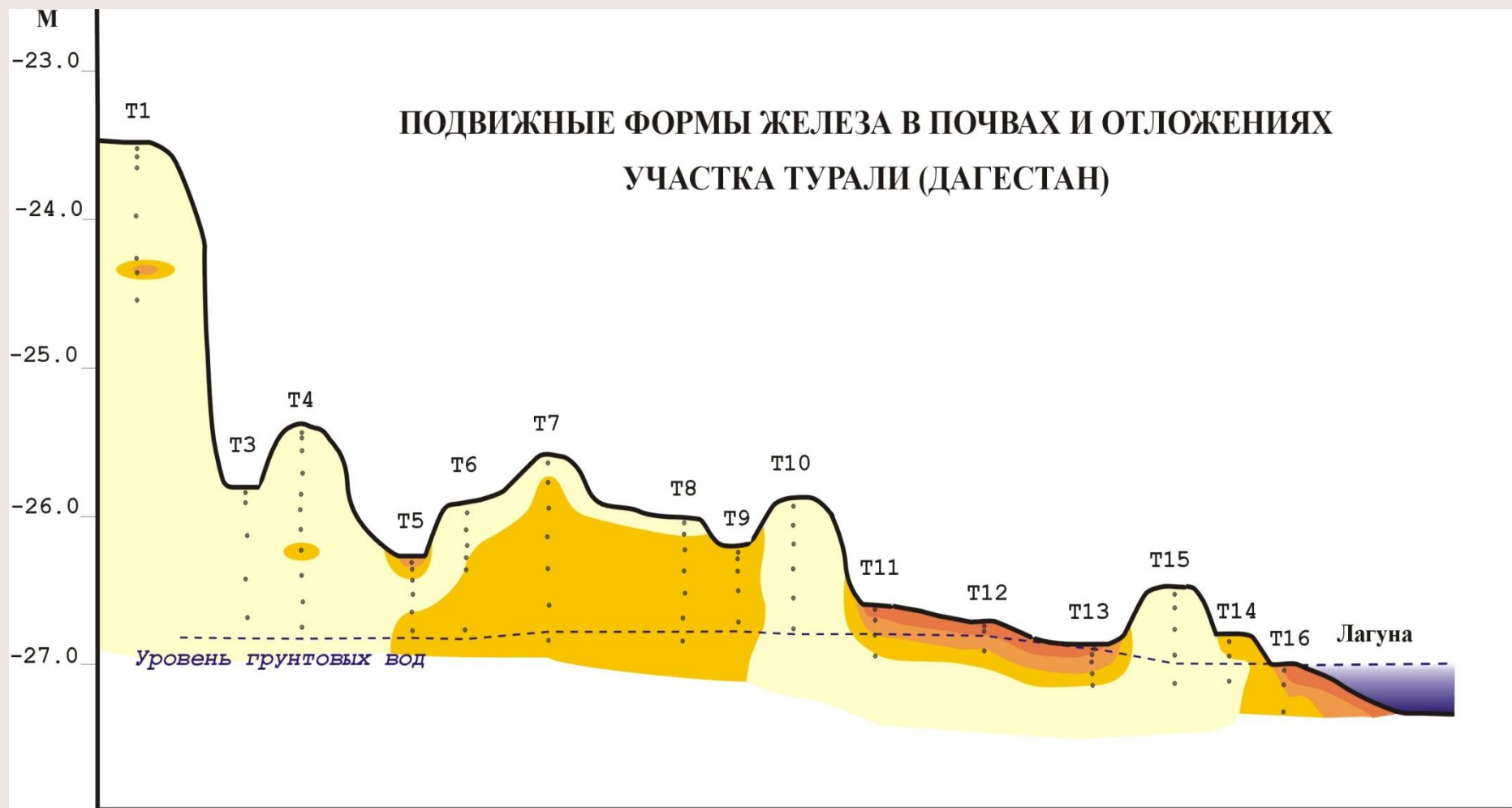


# Типизация катен пример почвенно-геохимических сопряжений



Проницаемость субстрата	Глубина расчленения рельефа	Соотношение миграционных потоков	O → OB	O → OB → B
Высокая	Высокая	$R > L$	2-3	3
	Средняя	$R > L$	2-3	3
	Низкая	$R > L$	2-3	3
Средняя	Высокая	$R \approx L$		3
	Средняя	$R \approx L$		3
	Низкая	$R \approx L$		3

# ПОДВИЖНЫЕ ФОРМЫ ЖЕЛЕЗА В ПОЧВАХ И ОТЛОЖЕНИЯХ УЧАСТКА ТУРАЛИ (ДАГЕСТАН)

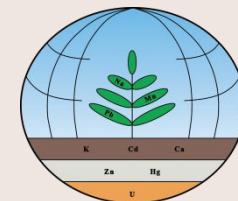


## Содержание Fe в вытяжке 2н HCl



Масштаб:  
вертикальный 1:40  
горизонтальный 1:1000

# U в черноземах дисперсно-карбонатных основных типов катен аргунских ландшафтов



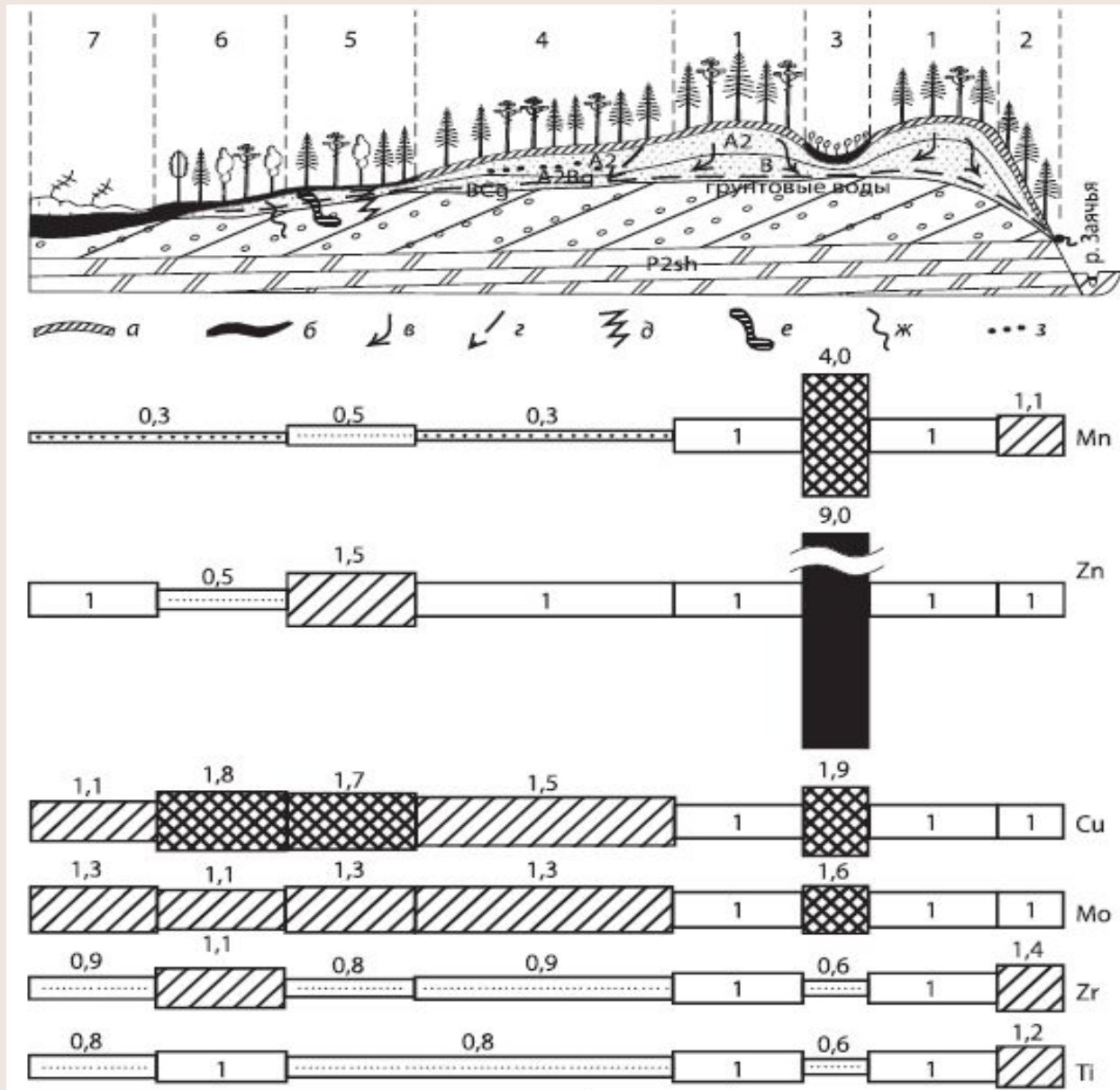
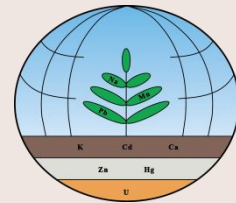
ОТКРЫТАЯ КАТЕНА

Индекс	Э	ТЭ	ТСА
Ландшафт	Автономный элювиальный	Трансэлювиальный	Трансуперэлювиальный
Почвенный горизонт		AU (0-20 см)	
Валовое содержание, мг/кг	3,8	1,5	2,1
Подвижные формы, мг/кг	0,1	0,01	0,02
Почвенный горизонт		BCA (30-40 см)	
Валовое содержание, мг/кг	3,8	1,0	2,3
Подвижные формы, мг/кг	0,1	0,01	0,03

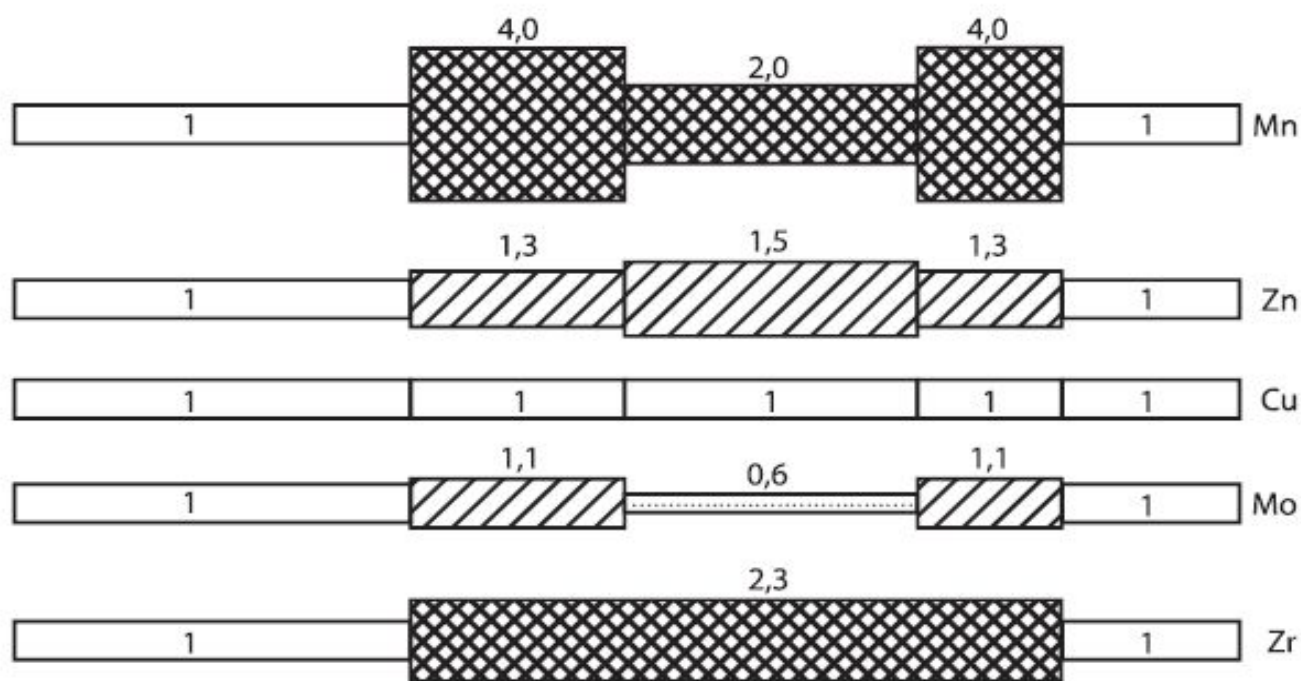
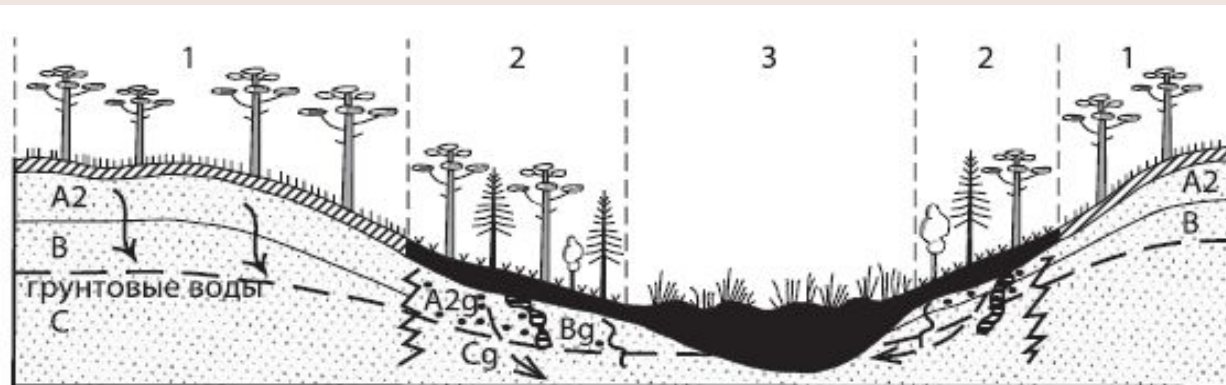
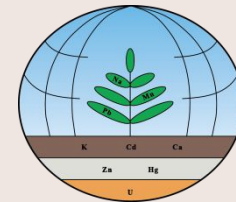
ЗАКРЫТАЯ КАТЕНА

Индекс	Э	ТЭ	ЭА
Ландшафт	Автономный элювиальный	Трансэлювиальный	Элювиально-аккумулятивный
Почвенный горизонт		AU (0-20 см)	
Валовое содержание, мг/кг	2,9	1,6	2,7
Подвижные формы, мг/кг	0,01	0,01	0,01
Почвенный горизонт		BCA (30-40 см)	
Валовое содержание, мг/кг	2,9	1,0	17
Подвижные формы, мг/кг	0,01	0,01	13

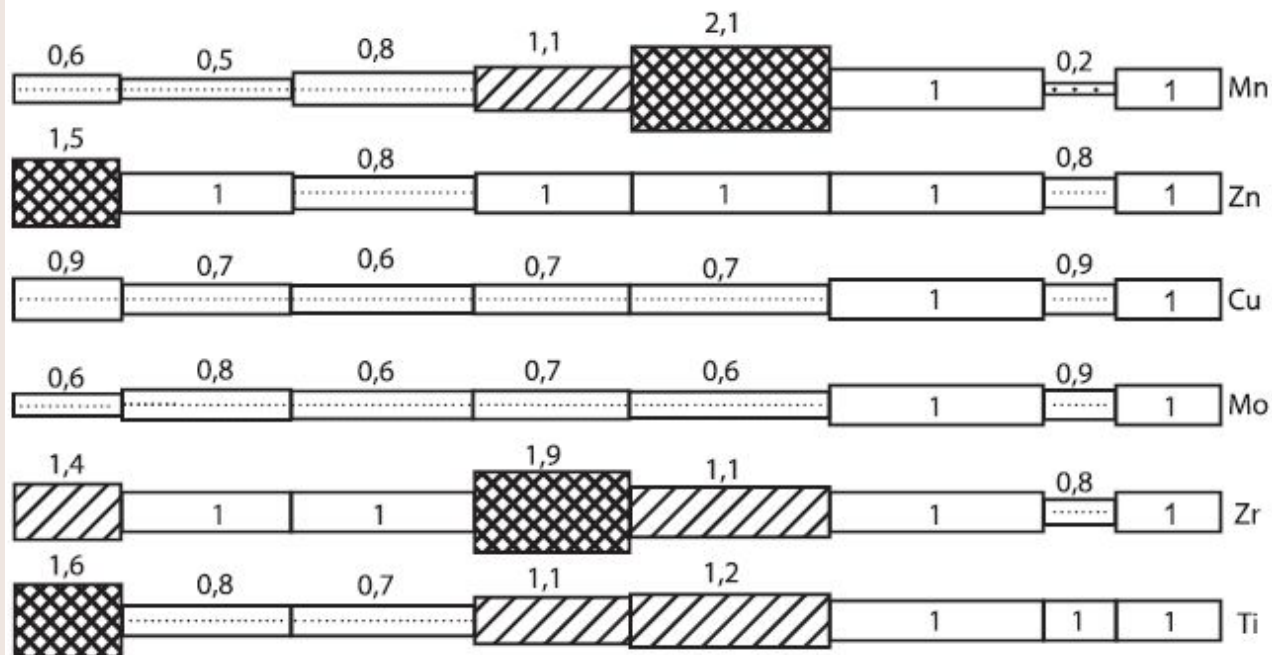
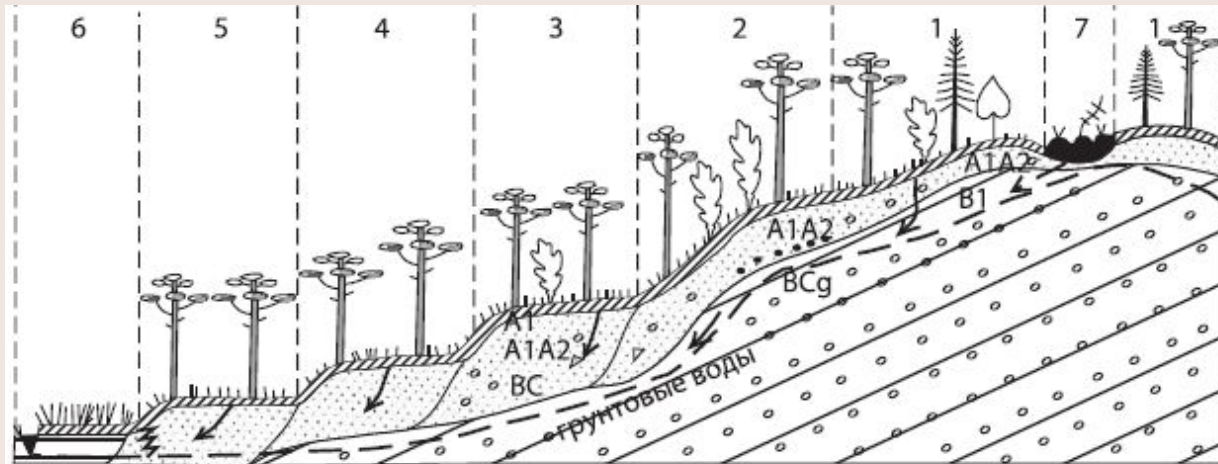
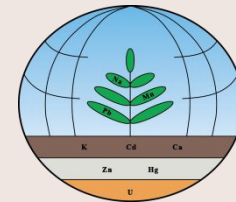
# Лесо-болотная катена среднетаежных ландшафтов (бассейн р. Заячья)

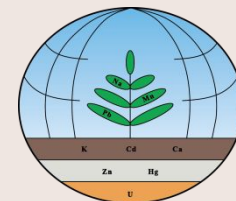


# Лесо-болотная катена полесских ландшафтов (Озерная Мещера)



# Болотно-лесо-луговая катена аллювиально-зандровых ландшафтов в подзоне смешанных лесов





# Факторы формирования катен

## Факторы формирования катен в условиях мезорельефа

K <sub>увл</sub>	Мезорельеф					
	слабо расчлененный (низкие аккумулятивные аллювиальные и озерные равнины)		умеренно расчлененный (эрозионные и ледниковые равнины)		сильно расчлененный (структурно-эрозионные возвышенности)	
> 0,8		+++		++++		++++
0,8–0,3		++		+++		+++
< 0,3		+		+		

Условные обозначения:

Экспертная оценка условий формирования катен

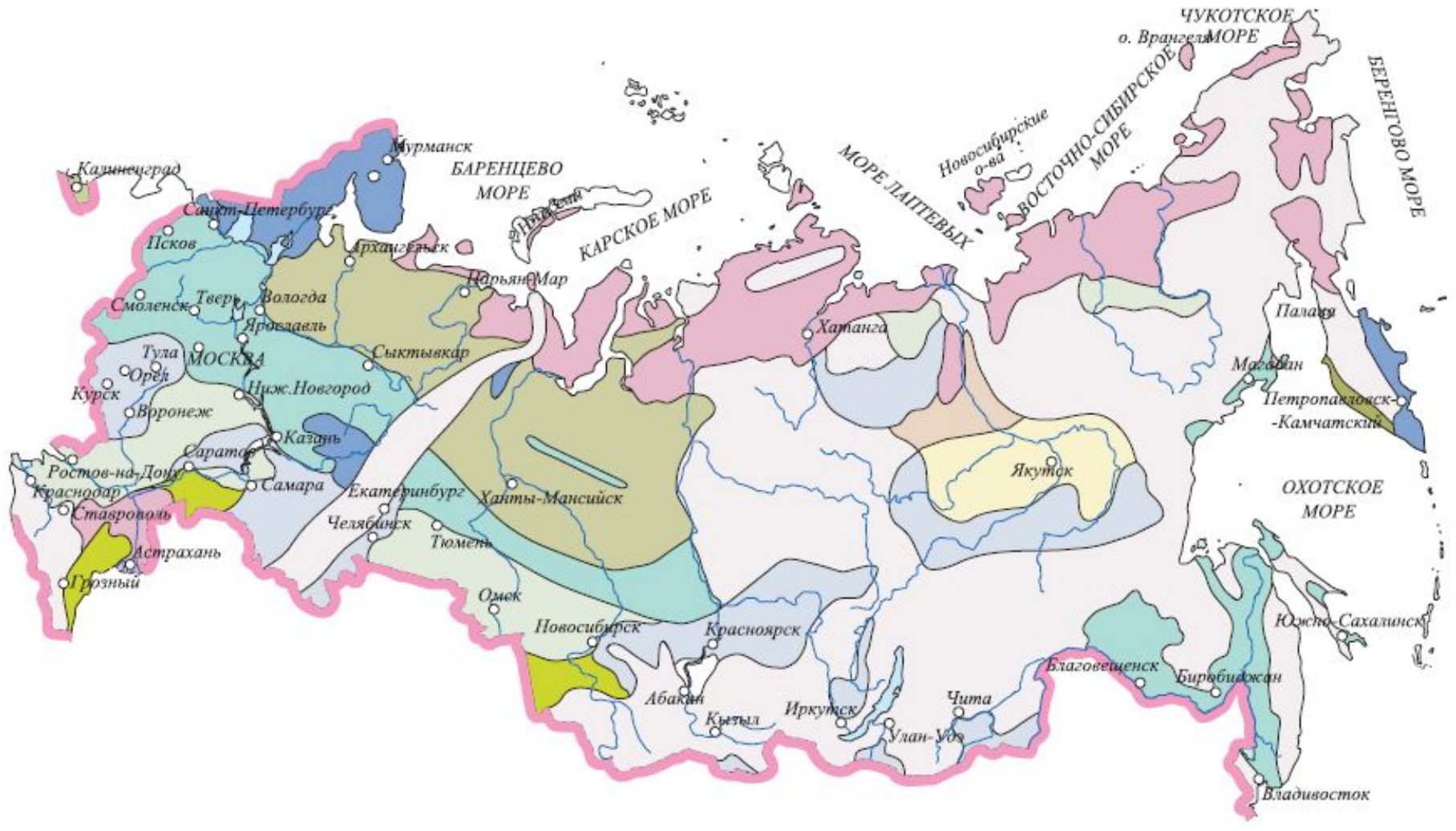
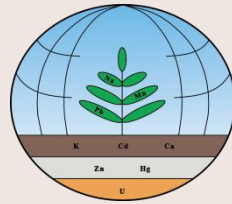
- + – весьма неблагоприятные
- ++ – малоблагоприятные
- +++ – относительно благоприятные
- ++++ – оптимальные

Некатенарные структуры

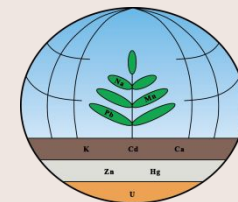
- микроструктуры (с двусторонними процессами миграции)
- макроструктуры



# Факторы формирования катен



# Ландшафтно-геохимические катены



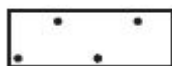
Катены				Монолитные	Моно-/гетеролитные	Гетеролитные
Типичные	Аллохтонные	Водораздельно-долинно-пойменные	1*	1	2	3
			2		4	5
		Водораздельно-долинно-русловые	1		6	7
			2			8
	Автохтонные	Водораздельно-болотные	1	9	10	11
	Псевдокатены	Аллохтонные	Водораздельно-долинно-пойменные	2		12
Неполные	Аллохтонные	Водораздельно-долинно-пойменные	1	14	15	16
		Водораздельно-долинно-русловые	1			17
	Автохтонные	Водораздельно-долинно-пойменные	1	18	19	20
		Водораздельно-долинно-русловые	1		21	22

\* 1 – простые; 2 – ступенчатые с промежуточной аккумуляцией

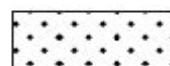
Контрастность условий латеральной миграции



– слабая



– средняя



– сильная

Латеральные геохимические барьеры



глеевый



сорбционный

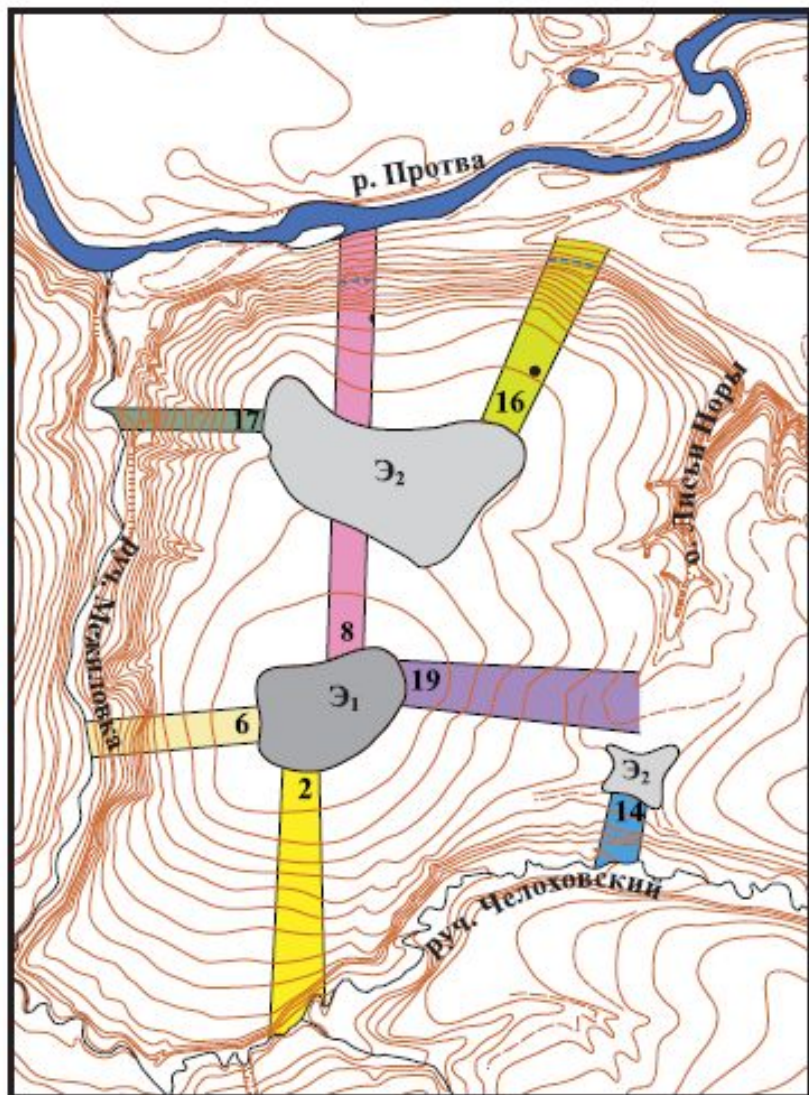
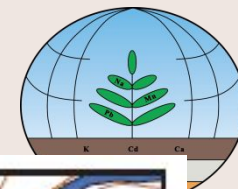


биогеохимический

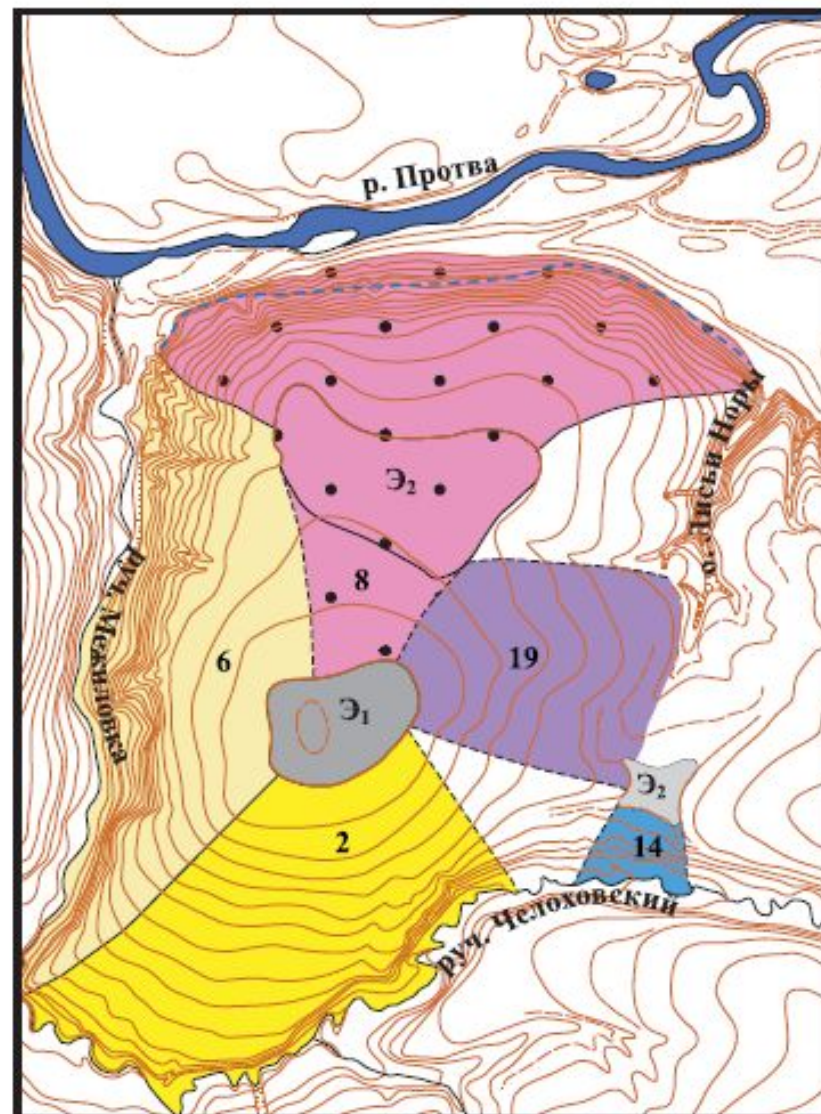


щелочной

# Ландшафтно-геохимические катены

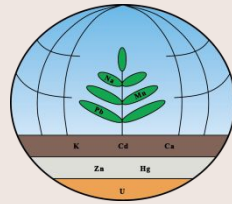


Катены-трансекты



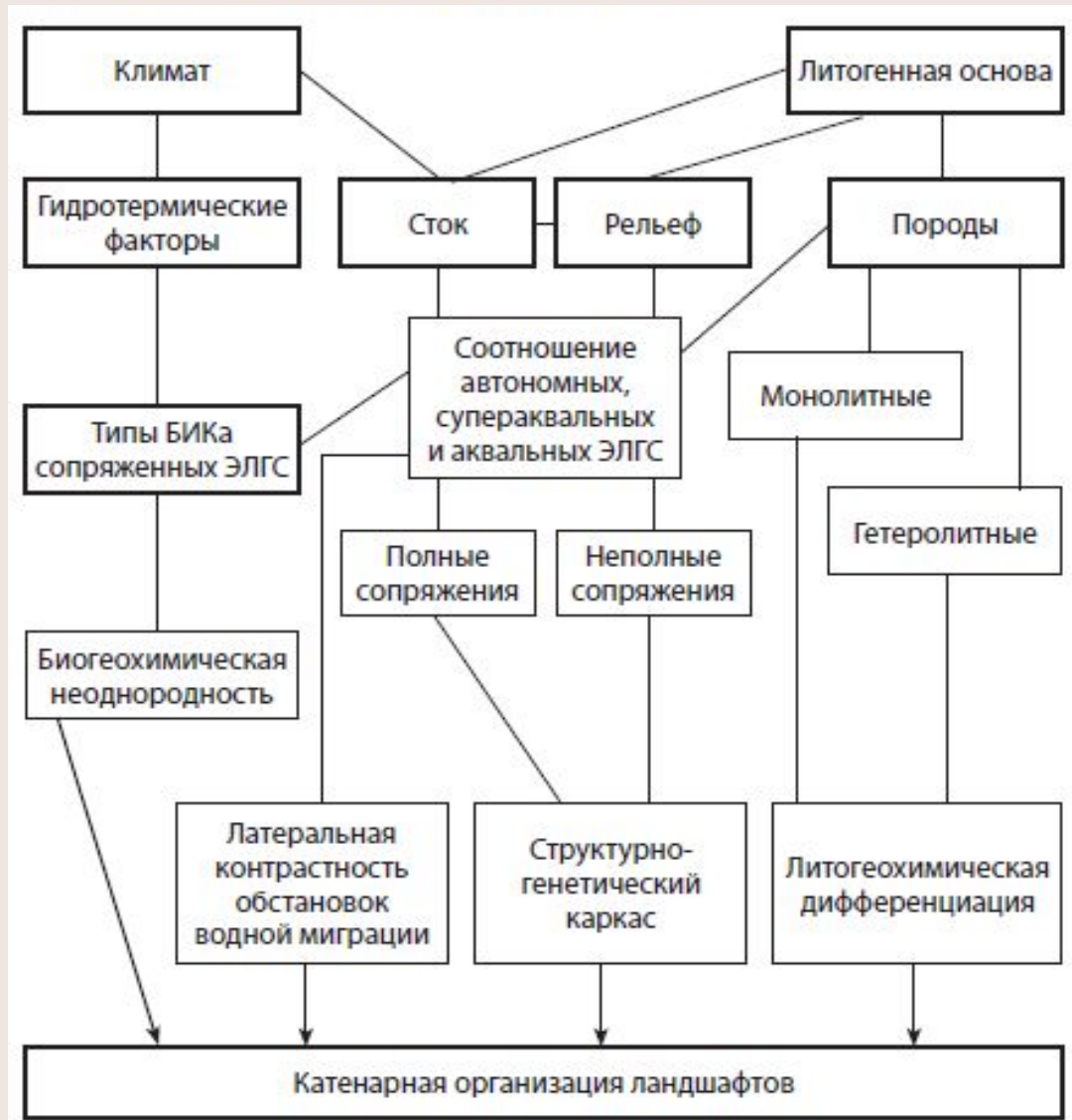
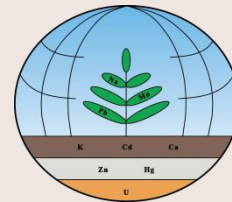
Катены-площади

# Правило геохимической общности (типологичности) ландшафтов



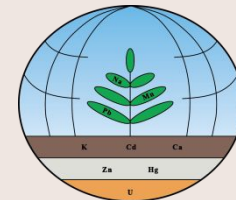
- Генетически однотипные ландшафты, сформировавшиеся в близких физико-географических условиях, имеют сходную ландшафтно-геохимическую структуру.

# Факторы катенарной организации ландшафтов

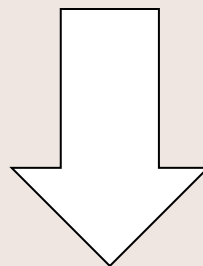




**Концепция  
пространственной  
геохимической организации объектов  
(концепция геохимических полей и  
геохимических границ)**

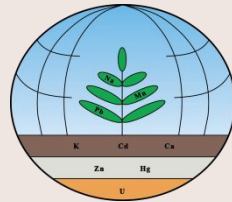


- **Ландшафт** – это сложная геосистема, состоящая из многих пересекающихся и накладывающихся друг на друга геохимических полей в его отдельных компонентах и подсистемах.



**ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКОЕ ПОЛЕ**

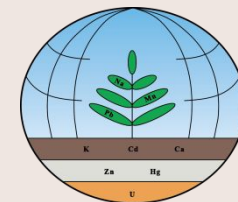
# Геохимические границы



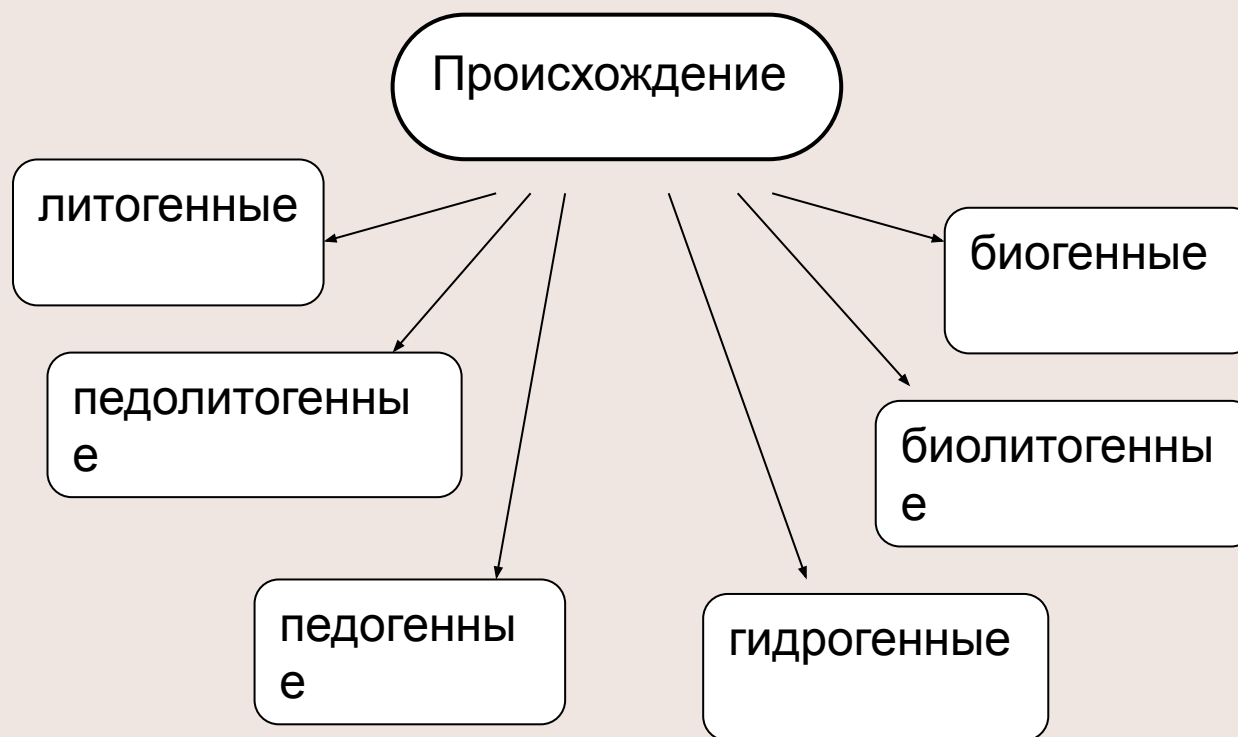
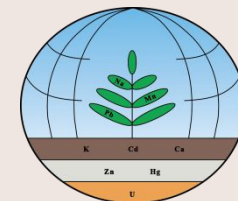
- **Геохимический барьер** – участки земной коры, в которых на коротком расстоянии происходит резкое уменьшение интенсивности миграции химических элементов и, как следствие, их концентрация (А.И.Перельман, 1961)



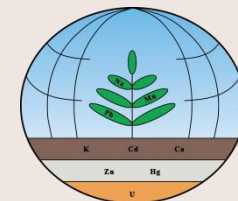
# Геохимические барьеры



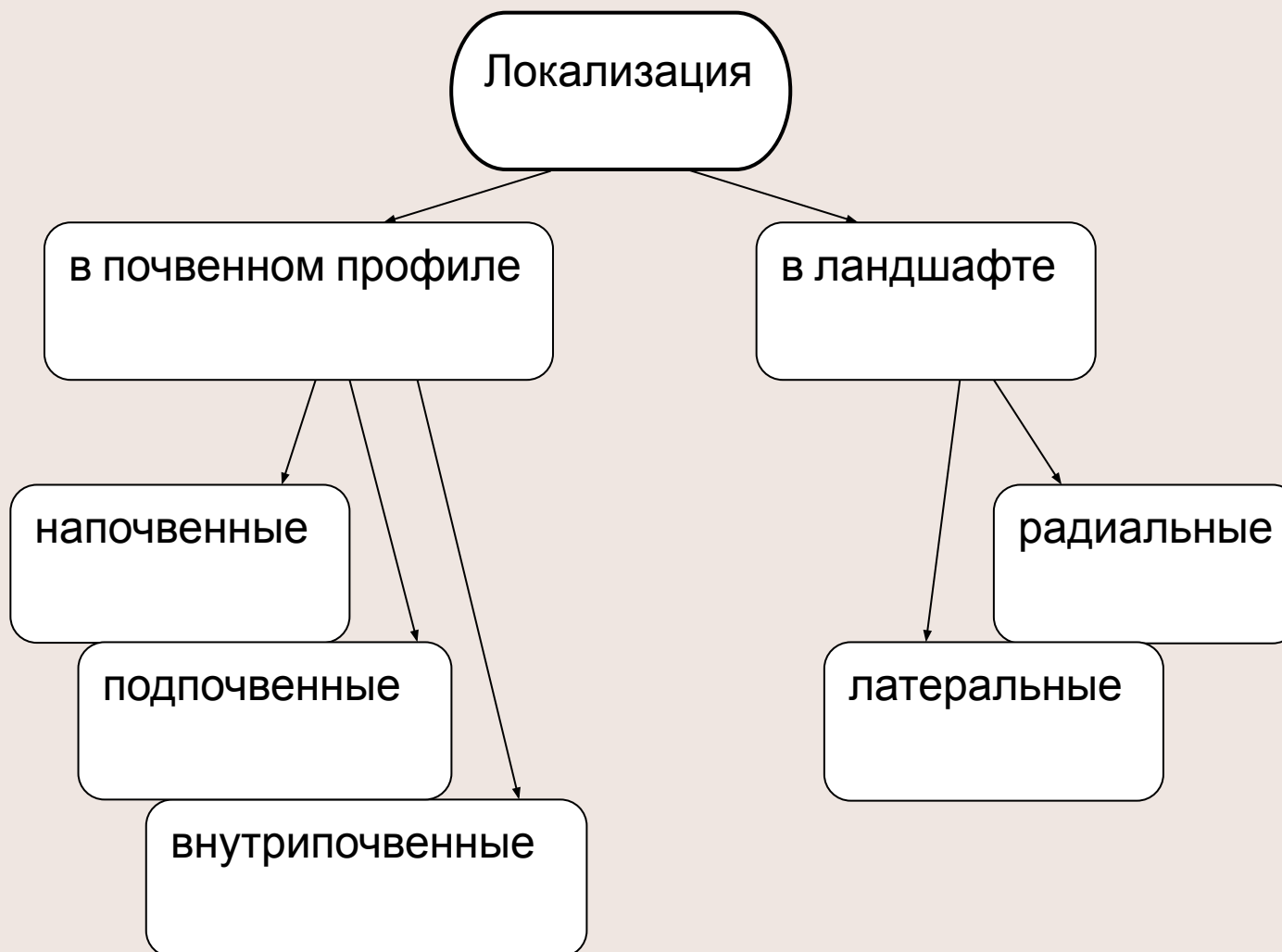
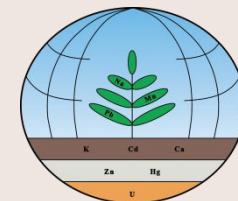
# Геохимические барьеры



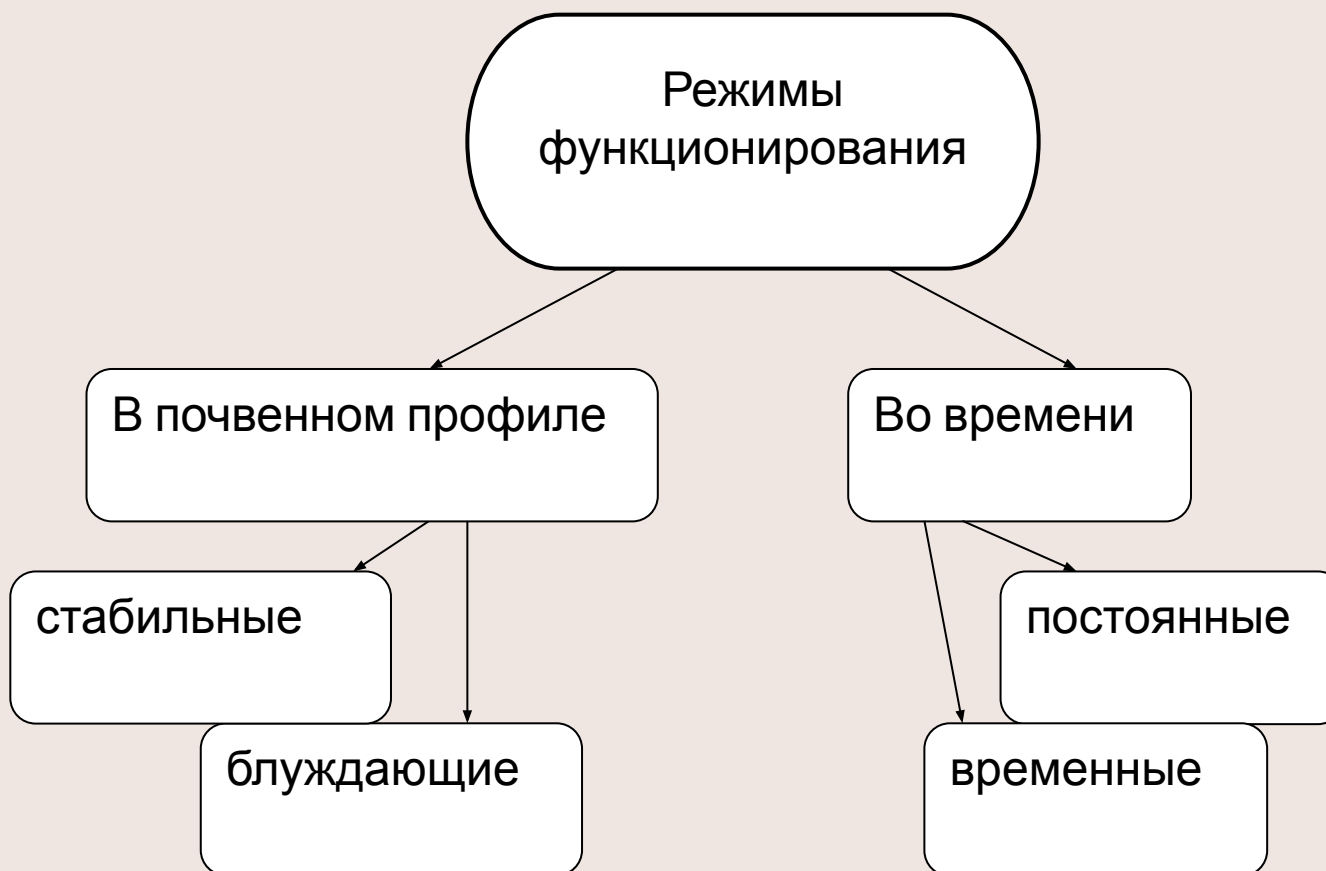
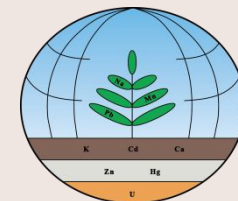
# Геохимические барьеры



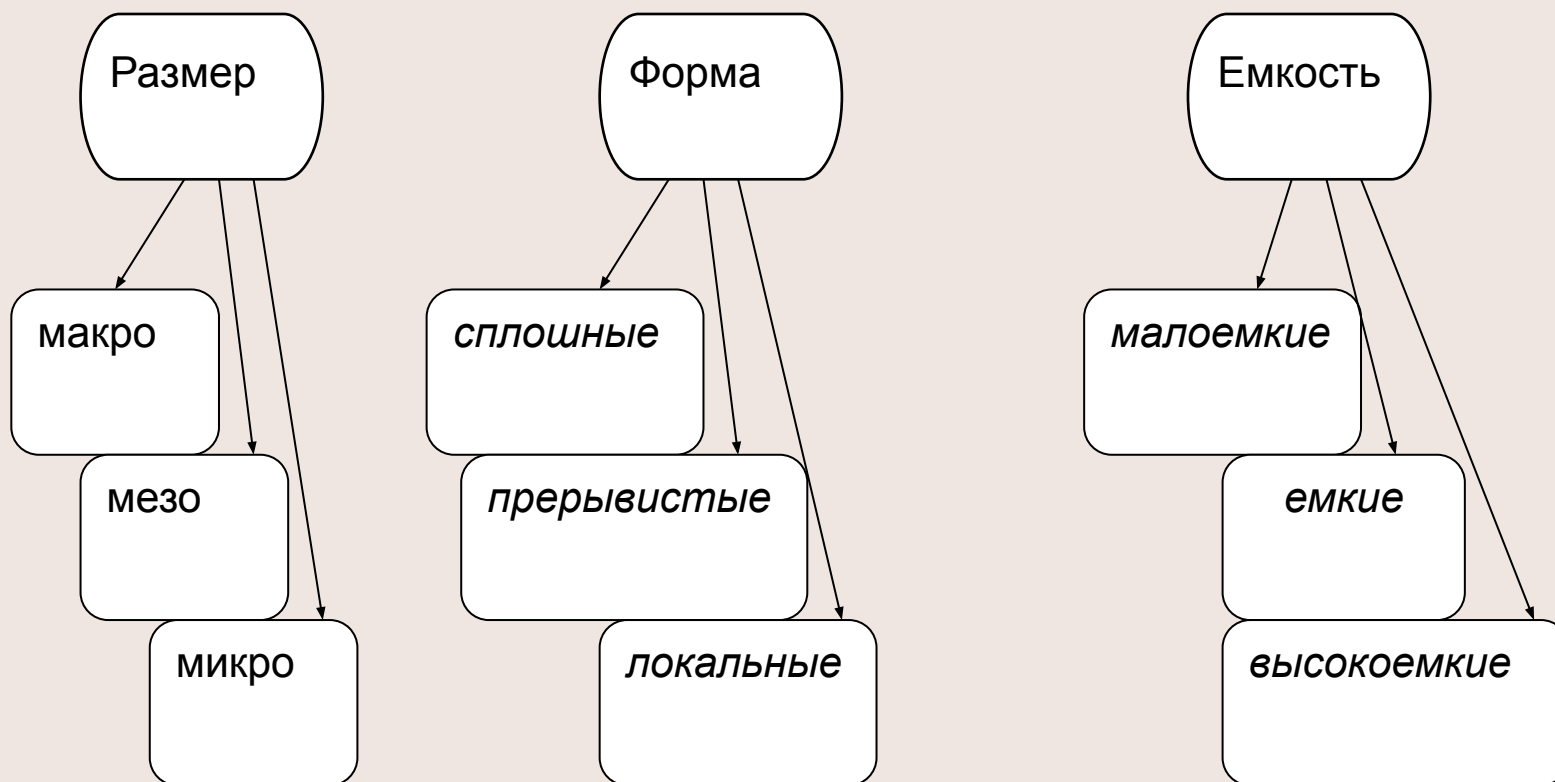
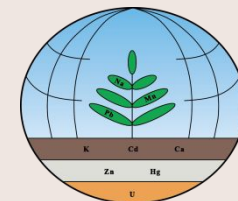
# Геохимические барьеры



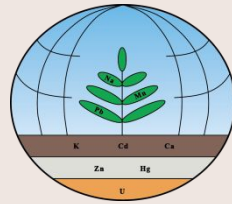
# Геохимические барьеры



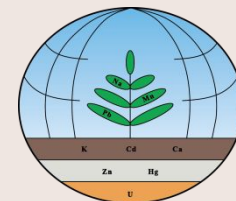
# Геохимические барьеры



# Следствия:



- Геохимические аномалии формируются на геохимических барьерах.
- Геохимические барьеры формируются на границах сопряженных ландшафтов или подсистем ландшафта.
- На более контрастных геохимических границах формируются более емкие геохимические барьеры.



# Принцип квантованности типов ландшафтов

Критерии разграничения биогеохимических полей

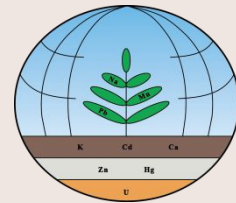
(А.И.Перельман)

**Типы ландшафтов**, выделяемые по соотношению биомассы и ежегодной продукции, четко ограничены друг от друга, т. е. «квантованы».

$$K = \lg \Pi / \lg Б$$



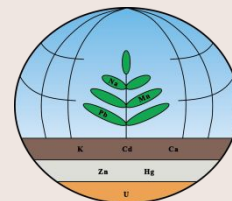
# Принцип устойчивости геохимических параметров миграции



- Генетически однотипным ландшафтам свойственны сходные миграционные макроструктуры (Ф.И. Козловский).



# Концепция ландшафтно-геохимических потоков и процессов

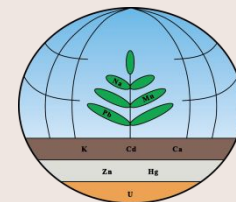


# Концепции ландшафтно-геохимических процессов и потоков

- **Элементарные почвообразовательные процессы**  
*С.С. Неуструев – И.П.Герасимов – М.А.Глазовская*
- **Эпигенетические геохимические процессы**  
*А.И.Перельман*
- **Элементарные ландшафтные процессы**  
*Ф.И.Козловский*
- **Ландшафтно-геохимические процессы**  
*М.А.Глазовская*

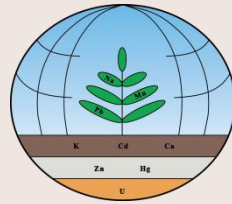
# Элементарные почвообразовательные процессы

<p>Метаморфизм органических остатков, накопление органического вещества</p>	<p>Метаморфизм минеральной массы</p>	<p>Накопление в почвах минеральных соединений</p>	<p>Элювиально-иллювиальное перераспределение минеральных и органических В-В</p>	<p>Турбационное перераспределение почвенных масс</p>
<p><b>Торф</b> <b>Подстилка</b> <b>Гумус</b></p>	<p><b>Сапролитизация</b> <b>Кислотный гидролиз</b> <b>Щелочной гидролиз</b> <b>Окисление</b> <b>Сегрегация</b> <b>Гидратация и дегидратация соединений Fe и Mn</b> <b>Оглеение</b></p>	<p><b>Субаэральное обызвесткование</b> <b>Соленакпление</b> <b>Гидрогенное ожелезнение</b> <b>Окремнение</b> <b>Засоление</b></p>	<p><b>Рассоление</b> <b>Выщелачивание карбонатов</b> <b>Лессиваж</b> <b>Осолонцевание</b> <b>Альфегумусовый процесс</b></p>	<p><b>Криотурбации</b> <b>Педотурбации</b> <b>Зоогенные турбации</b></p>



- **Эпигенетические геохимические процессы** – вторичные (наложенные) геохимические процессы изменения пород, не преопределенные предшествующими гипергенными процессами (сингенезом, диагенезом и др.) (А.И. Перельман, 1968).

# Эпигенетические геохимические процессы



- Сульфидогенез
- Глеегенез
- Ожелезнение
- Гумусонакопление
- Изменение щелочно-кислотных условий
- Галогенез

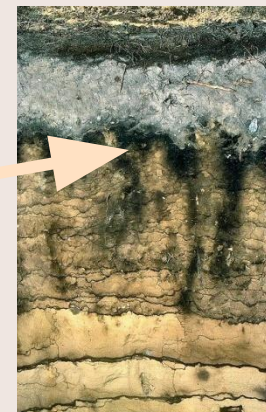
# ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

## Миграционно-аккумулятивные



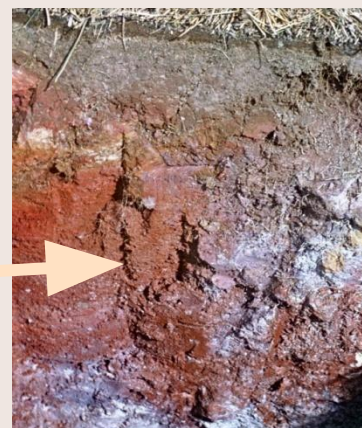
**Гуматогенез**

**Хелатогенез**



**Кальцитогенез**

**Оксидогенез**



# ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

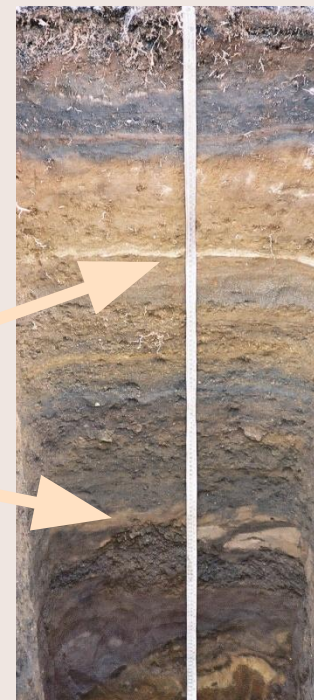
Миграционно-аккумулятивные

**Детритогенез**

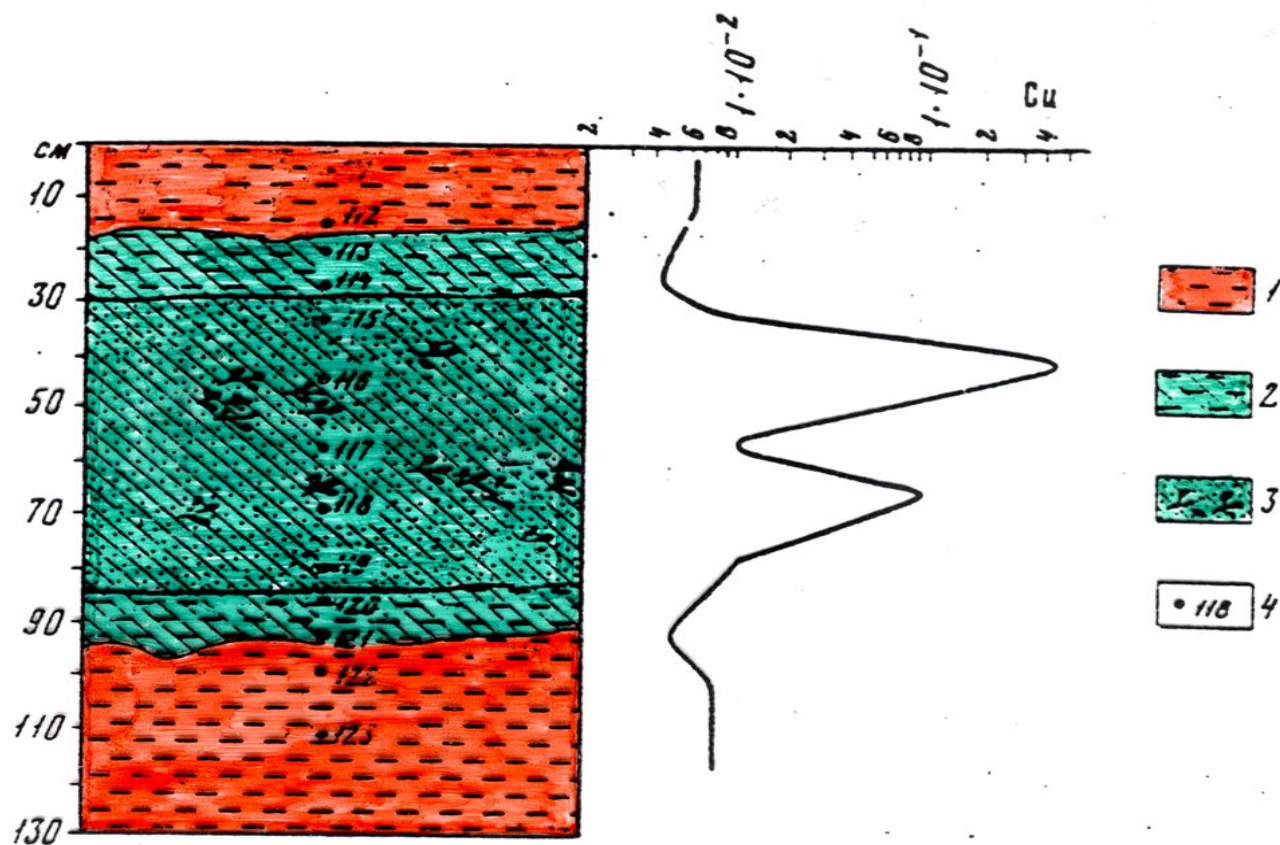
**Глеегенез**

**Пеплопады**

**Галогенез**







## Эпигенетическое оглеение и распределение меди

в верхне-пермских красноцветных отложениях Приуралья

1-бурые глинистые алевролиты, 2-зеленовато-серые и голубовато-серые

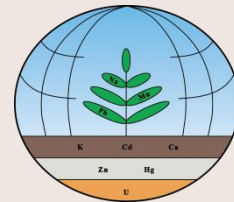
(оглеенные), глинистые алевролиты, 3-голубовато-серые (оглеенные)

песчаники с растительными остатками и малахитом, 4-точки отбора

# Основные геохимические типы эпигенетических процессов (А.И. Перельман, 1968)

<i>Ряды по составу водных мигрантов</i>	<i>Ряды по составу воздушных мигрантов</i>			
	<b>ОКИСЛИТЕЛЬНЫЙ</b>		<b>ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЙ</b>	
	<b>O<sub>2</sub></b>		<b>CO<sub>2</sub>(CH<sub>4</sub>)</b>	<b>H<sub>2</sub>S</b>
	В породах, содержащих восстановители	В породах, не содержащих восстановителей	Восстанови- тельный без сероводорода (глеевый)	Восстанови- тельный сероводород- ный (сульфидный)
<b>H<sup>+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b> (Fe <sup>2+</sup> , Zn <sup>2+</sup> , Cu <sup>2+</sup> )	<u>Сернокислый</u>	-----	<u>Сернокислое</u> <u>оглеение</u>	<u>Сернокислый</u> <u>сульфидный</u>
<b>H<sup>+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>,</b> органические кислоты	<u>Окисление</u> <u>кислыми</u> <u>водами</u>	<u>Кислый</u>	<u>Бескарбонат-</u> <u>ный глеевый</u>	<u>Кислый</u> <u>сульфидный</u>
<b>Ca<sup>2+</sup>,</b> <b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>,</b> <b>Mg<sup>2+</sup></b>	<u>Окисление</u> <u>нейтральными</u> <u>водами</u>	<u>Нейтральный</u> <u>карбонатно-</u> <u>кальциевый</u>	<u>Карбонат-</u> <u>ный</u>	<u>Нейтральный</u> <u>карбонатный</u> <u>сульфидный</u>

# Ландшафтно-геохимические процессы



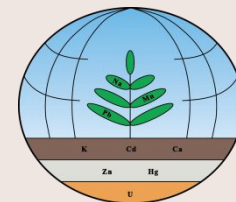
- **Гидрогенез** (по А.Е.Ферсману) – совокупность геохимических процессов в зоне гипергенеза, связанных с проникновением воды в литосферу и сопровождающихся растворением, переносом и выпадением из растворов различных вадозных минералов.
- **Биогенез** (по А.Е.Ферсману) – совокупность геохимических процессов, обусловленных созданием и разложением органического вещества в ландшафтах, биогенной миграцией и аккумуляцией химических элементов, приводящих к формированию биогеохимических барьеров.

# Ландшафтно-геохимические процессы

<i>Процессы</i>	<i>Ландшафты</i>		
	Субаэральные	Супераквальные	Аквальные
<b>Автотрофный биогенез</b>	Мезоморфные и ксероморфные биоценозы	Гигроморфные и гидроморфные биоценозы	Водные планктонные и бентосные биоценозы
<b>Детритогенез</b>	Подстилки, войлоки		Сапропели
	Сухоторфянистые горизонты	Влагонасыщенные торфянистые горизонты, торфяники	
<b>Алюмо-силикатогенез</b>	Каолитиновые, каолинит-серицитовые древние коры выветривания, метосоматические замещения первичных алюмосиликатов вторичными		
<b>Опалогенез</b>	Кремниевые фитоциты, присыпки аморфного кремнезема в почвах и рыхлых отложениях, кремниевые аккырши в песках, реликтовые и современные силкриты		Диатомовые илы, диатомиты
<b>Кальцитогенез</b>	Известковые «бородки», белоглазки, псевдомицелий	Луговой мергель, журавчики дутики, калкриты	Обызвесткованные илы, известковые биолиты (раковины моллюсков)
<b>Галогенез</b>	Гипсовые и реликтовые солевые горизонты	Солевые корки на поверхности почв, гипсовые и солевые горизонты и рассеянные новообразования в почвах и породах	Рапа, соленые илы, пропласты солей в донных отложениях

# Ландшафтно-геохимические процессы

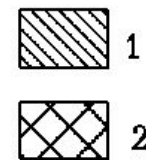
<i>Процессы</i>	<i>Ландшафты</i>		
	Субаэральные	Супераквальные	Аквальные
<b>Сульфидогенез</b>	Не проявляется	Черные гидротроилитовые горизонты	Гидротроилитовые илы, ново-образования пирита, марказита
<b>Глеегенез</b>	Зеленовато-сизые, оливковые пятна и горизонты с новообразованиями ферроферригидрита, сидерита и вивианита. Отбеленные глеевозлюбивальные горизонты в почвах, коре выветривания, рыхлых отложениях		Оглеенные илы со скоплениями сидерита, вивианита
<b>Оксидогенез</b>	Железомарганцевые пленки загара, маловодные окристаллизованные оксиды железа и марганца в древней ферсиаллитной коре выветривания, диффузные и конкреционные новообразования в почвах	Горизонты обохривания, ожелезнения, сцементированные ортзанды, ортштейны (железомарганцевые хардпены)	Озерные железомарганцевые руды
<b>Хелатогенез</b>	Алюмо-железисто-гумусовые горизонты в почвах, органожелезисто-марганцевые		Озерные органожелезисто-марганцевые руды
	Конкреции, роренштейны	Органожелезисто-марганцевые хардпены	
<b>Гуматогенез</b>	Гумусовые горизонты в современных субаэральнх и супераквальных почвах, погребенные гумусовые горизонты и рассеянный гумас в рыхлых отложениях		Содержащие гумус донные отложения



- **Гуматогенез** (по М.А.Глазовской) – образование и накопление в ландшафтах наименее подвижных, устойчивых органоминеральных производных гумусовых веществ – гуматов кальция, насыщенных кальцием комплексных гетерополярных соединений и насыщенных кальцием адсорбированных комплексов. Гуматогенез – геохимический процесс, свойственный ландшафтам кальциевого класса водной миграции.
- **Хелатогенез** (по М.А.Глазовской) – образование и накопление в ландшафтах ненасыщенных комплексных алюмо- и железогумусовых кислот, их солей и адсорбированных комплексов. Хелатогенез характерен для ландшафтов кислого и кислого глеевого классов водной миграции.

# Распространение ландшафтно-геохимических процессов в различных природных зонах (ландшафты – 1 – субэральные, 2-супераквальные)

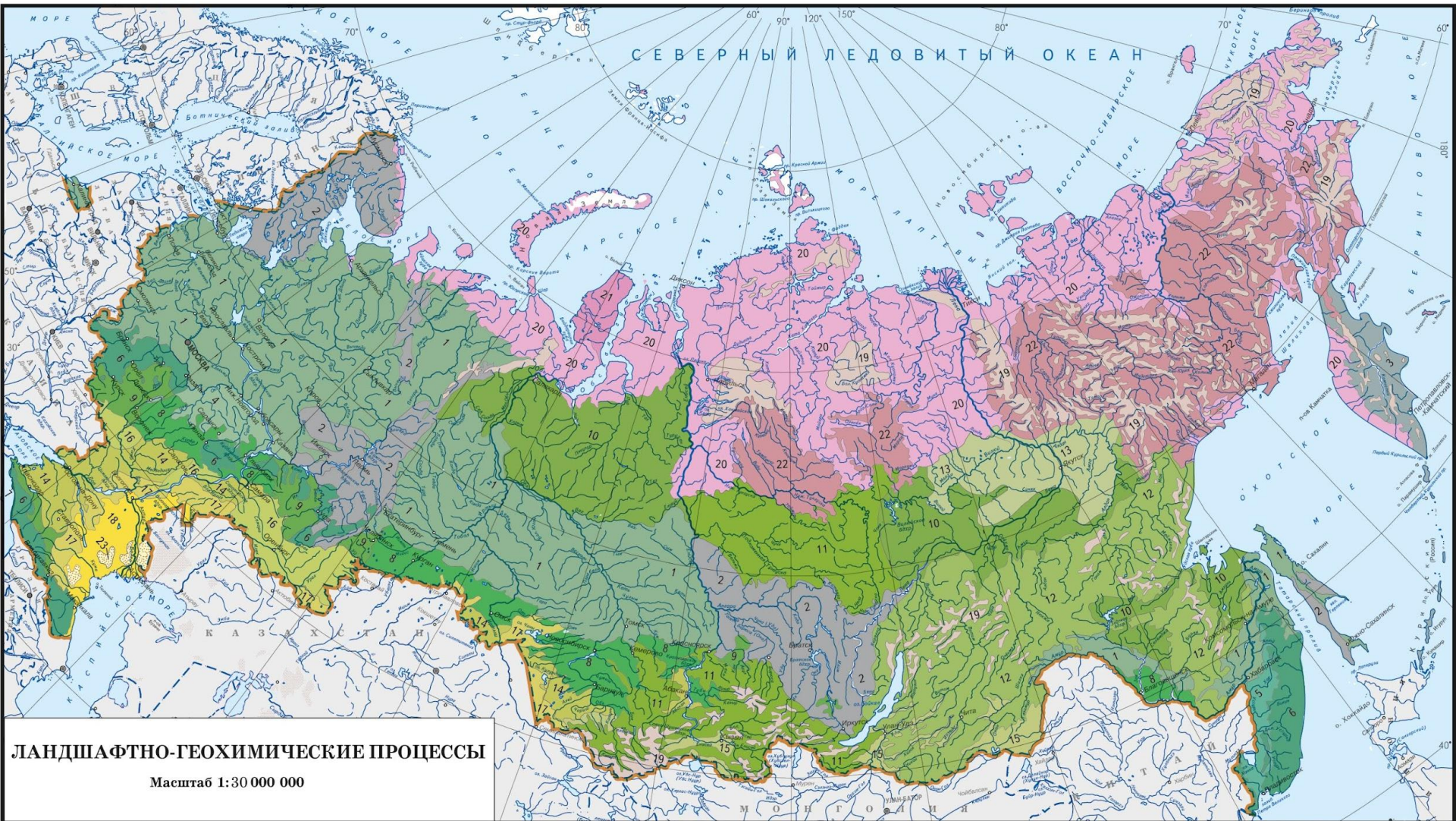
Равнинные ландшафтные зоны и подзоны	Процессы выщелачивания						Процессы аккумуляции														
	Хеловиаль-ного	Глехеловиального	Углекислот-ного	Углекислот-ного глеевого	Щелочного	Щелочного глеевого	Детрито-генез		Хелато-генез		Оксидо-генез		Опало-генез		Гумато-генез		Кальцито-генез		Гало-генез		
							1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
Арктические пустыни и тундры																					
Тундры																					
Лесотундры																					
Северотаежные леса																					
Среднетаежные леса																					
Южнотаежные леса																					
Широколиственные и мелкоколиственные леса																					
Луговые степи																					
Разнотравно-дерновиннозлаковые степи																					
Сухие степи																					
Полупустыни																					
Пустыни эфемероидно-полынные и солянковые																					
Пустыни песчаные саксаулово-кустарничковые																					



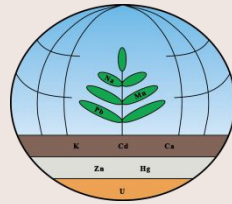




# Ландшафтно-геохимические процессы



# Ф.И.Козловский

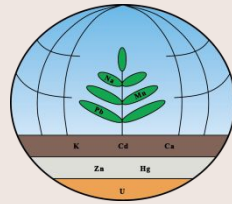


- Элементарные ландшафтные процессы
- Ландшафтно-геохимические потоки (внешний и внутренний)
- Элементарные ячейки ландшафта
- Миграционная структура геохимического ландшафта и ее соотношение с генетической однородностью ландшафта
- Структурно-функциональная и математическая модель миграционных ландшафтно-геохимических процессов
- Принцип максимального миграционного взаимодействия Ф.И.Козловского

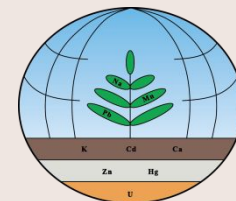


# Эволюционно-геохимическая концепция

# Закон прогрессивного развития верхней оболочки нашей планеты

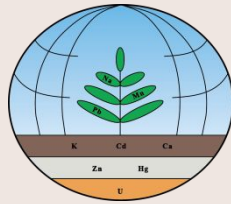


- Прогрессивное развитие верхней оболочки нашей планеты осуществляется через систему последовательных геохимических циклов – тектономагматических и биосферных (А.И.Перельман)



- Правило цикличности формирования коры выветривания Б.Б.Полынова
- Эпигенетическая концепция А.И.Перельмана.
- Критерий эпигенетического минералого-геохимического диссонанса.
- Концепция стадияльной гетерохронности и принцип стадияльного фазового диссонанса почвенного покрова.
- Принцип историко-геохимической эмерджентности или правило суммирования малых геохимических доз.

# Принцип геохимического актуализма



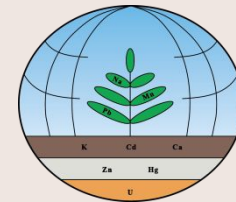
- **Актуализм** – метод познания геологического прошлого.

## **Ландшафтно-палеогеохимические реконструкции:**

1. Суть геохимических реакций и минералообразования *качественно* не изменялась в истории Земли, испытывая лишь количественные трансформации.
2. С момента выхода жизни на сушу биогеохимические процессы *качественно* не изменялись.



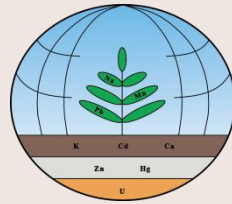
# Концепция эколого-геохимической устойчивости



- **Эколого-геохимическая устойчивость** – это способность почв (природных систем) нейтрализовать отрицательные эффекты воздействия техногенных веществ или потенциал сохранения данной природной системой режима функционирования (М.А.Глазовская).

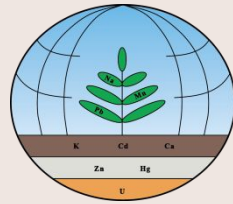


# Правило загрязненности природных биокосных систем (правило загрязненности Глазовской)

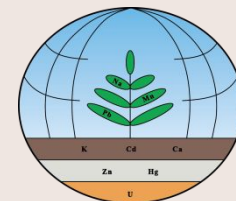


- Показателем нормального функционирования ландшафта является его биологическая продуктивность и качество создаваемой биологической продукции: уровень продуктивности не должен понижаться, в биомассе не должны накапливаться элементы в количествах, нарушающих жизненные функции организмов, в почвенной биоте должен сохраняться полезный генофонд.

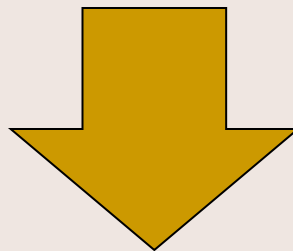
# Принцип соответствия Глазовской



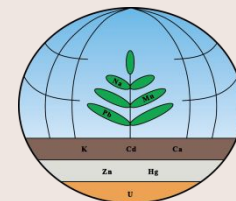
- Устойчивость природных систем по отношению к техногенным воздействиям определяется их характером, свойствами природных систем (геохимической структурой, функционированием) и типом ответных реакций последних на техногенные воздействия.



- Принцип геохимической совместимости Солнцевой
- Правило стадийного диссонанса техногенно обусловленного развития ландшафтов



**Ландшафтно-геохимические, почвенно-геохимические, биогеохимические серии, ряды и сукцессии**



- **Технобиogeомы** – ландшафтно-геохимические системы, которые объединяются по сходному уровню устойчивости к однотипным техногенным воздействиям (М.А. Глазовская)