

## Содержание

Введение .....	3
1. Методы изучения четвертичных отложений .....	3
2. Динамика ледников, оледенения в истории Земли, гипотезы о причинах оледенений .....	5
3. Климатические этапы кватернера.....	6
4. Геологические процессы ледниковых зон .....	7
5. Геологические процессы перигляциальных зон.....	8
6. Геологические процессы внеледниковых территорий и межледниковых эпох .....	9
7. Стратиграфия четвертичных отложений .....	9
8. Развитие флоры и фауны .....	10
9. Возникновение и развитие человека и его культур .....	11
10. Генетическая классификация четвертичных отложений.....	12
11. Элювиальные отложения.....	12
12. Гравитационные отложения .....	13
13. Селевые отложения .....	14
14. Аллювиальные отложения .....	14
15. Делювиальные и пролювиальные отложения.....	15
16. Озерные отложения.....	17
17. Болотные отложения .....	18
18. Подземноводные отложения .....	19
19. Ледниковые отложения областей древнего оледенения.....	20
20. Водно-ледниковые отложения областей древнего оледенения .....	21
21. Эоловые песчаные отложения.....	23
22. Лессовые отложения .....	24
Литература .....	27

## Введение

Геология четвертичных отложений – раздел исторической геологии, изучает самый короткий (1,8 млн. лет) период – четвертичный (*квартер*). *Особенность квартера* – резкое похолодание и развитие покровных ледников. *Объект науки* – верхний слой земной коры. *Цели науки*: изучить закономерности и историю природных процессов; дать прогноз природных процессов; изучить генезис отложений, размещение и запасы полезных ископаемых; дать заключение о возможности строительства. *Задачи науки*: изучить состав, залегание, распространение осадков, динамику климата, флоры и фауны, стратиграфию. *История науки*. В XVIII в. возник интерес к происхождению валунов, лежащих далеко от гор. Валуны называли *эратическими* (блуждающими). Три *гипотезы* их накопления. *Дилювиальная* (XVIII в.) – волнами Мирового потопа. *Дрифтовая* (XIX в.) – приход мелких холодных морей, из айсбергов вытаивали обломки. *Ледниковая* – ледники спускались с гор на равнины (Д.Геттон, 1795 г.). В 1829 г. Ж.Денуайе предложил *четвертичную систему*; синонимы: *квартер*, *антропоген*; послеледниковые – *голоцен*. Ледниковую *теорию* (XIX в.) независимо создали П. Кропоткин и О. Торелл. В 1881 г. утвержден четвертичный период, 1885 г. – голоцен. В 90-е годы XIX в. Д.Гейки и др. создали стратиграфическую схему квартера Северной Америки, в 1909 г. А.Пенк и Э.Брюкнер – Альп. В 1932 г. создан Международный союз по изучению квартера – INQUA. *Закономерности развития природы* в квартере. 1. *Глобальность*: природа изменялась на всей планете; в холодные этапы работали ледники и мерзлота, в теплые вода. 2. *Провинциальность*: разные процессы происходили на соседних территориях. 3. *Ритмичность*: чередовались ледниковья и межледниковья. 4. *Унаследованность*: в разное время, но при одинаковом климате природные процессы совпадали. *Особенности четвертичных осадков суши*: континентальные, большой мощности, быстро накопились, встречаются везде, пестрые по генезису и составу, формируют рельеф. *Хозяйственное значение*: содержат подземные воды, россыпи драгоценных камней и металлов, сырье строительное, топливное, биохимическое; определяют минеральный состав и водно-воздушные свойства почв, особенности строительства. Содержат новые осадки – *техногенные*.

### 1. Методы изучения четвертичных отложений

*Методы изучения возраста отложений.* Главный принцип климатический – выделяют слои холодных и теплых условий. Главные осадки для

стратиграфии – межледниковые (болотные, озерные, погребенные почвы). **Палеонтологические** методы – исследуют останки органики (*фоссилии*). Выделяют фаунистические и флористические *комплексы* – совокупность организмов конкретной территории в определенное время. *Палинологический* (*спорово-пыльцевой*) анализ главный: флора каждого межледниковья отличалась. **Палеопедологический** метод – изучение погребенных почв. **Палеомагнитный** метод – изучение ориентировки магнитных минералов для восстановления знаков намагниченности полюсов. Исследуют осадки озерные, аллювиальные, лессовые. *Инверсия* магнитная – смена знака полярности. *Магнитная эпоха* – долгое постоянство знака полярности. Магнитные эпохи: 1 – современная (Брюнес), 2 – предыдущая (Матуяма). Последняя инверсия произошла 780 тыс. лет назад: *граница Матуяма – Брюнес*. **Радиоизотопные** методы. *Радиоуглеродный* анализ – органогенные породы содержат изотоп  $^{14}\text{C}$ . Можно определить возраст до 50 тыс. лет назад. Изучают уголь, древесину, торф. **Изучение сезонно-слоистых осадков:** в озере зимой и летом накапливается по одному слою разного состава. **Петрографический и минералогический** анализы. *Закон:* вниз по разрезу квартера доля обломков устойчивых минералов и пород растёт. *Абразионная прочность* – способность противиться разрушению при переносе. *Миграционная способность* – наибольшее расстояние переноса обломка (лидируют прочные и легкие). *Метод руководящих валунов* позволяет установить области ледникового разрушения, траекторию ледниковых потоков.

**Методы изучения происхождения отложений. Гранулометрический** анализ – изучение размера обломков и степени сортировки. Выделяют породы грубообломочные, песчаные, пылеватые, глинистые. Анализы полевые (визуальный, ситовой) и лабораторные. Четвертичные осадки по уменьшению сортировки: озерные и озерно-ледниковые, лессовые, золотые песчаные, аллювиальные, флювиогляциальные, моренные. **Петрографический и минералогический** анализы. *Закон:* доля устойчивых обломков в флювиогляциальных отложениях выше, чем в моренных; в аллювиальных – выше, чем в флювиогляциальных. **Изучение формы обломков.** Крупные обломки мягких пород активно истираются первые 60–100 км пути, после 200 км форму не меняют. Песчинки меняют форму при переносе далее 700 км. На пляжах морей и озер *дисковидная* галька. В реке *эллипсоидная*. Перенесенные ледником валуны *утюгообразные*. Истертые ветром обломки *пирамидальные*. **Окраска** слоя зависит от минерального состава, размера обломков, влажности, цвета цемента. Белые пески кварцевые, желтые полевошпатовые, зеленые глауконитовые. Чем мельче обломки и выше влажность, тем осадок темнее. Цвет цемента: ржаво-бурый, черный – пустыня; красно-желтый, красный – джунгли; сизый – заболачивание. **Текстуры** – ориентация и

взаимное положение частиц осадка. *Слои* возникают при изменении условий накопления, друг от друга отличаются составом и цветом. Внутри слоев при пульсациях агента возникают *слойки*. Типы слоистости: *косая* – высокая скорость, слойки падают по направлению движения; *волнистая* – малые скорости; *горизонтальная* – стоячая вода; *массивная* – нет слоистости. *Длинные оси* галек вытянуты: на морских и озерных пляжах – параллельно берегу; в середине речных русел – по течению, возле берега – под углом; в донной морене – по движению ледника.

## 2. Динамика ледников, оледенения в истории Земли, гипотезы о причинах оледенений

*Ледник* – природное скопление движущегося льда суши. Образование ледника – фирнизация. *Фирнизация холодная*: медленная, снег уплотняется силой тяжести при отрицательных температурах. Лед низкой плотности, молочно-белый. *Фирнизация теплая*: быстрая, снег промокает, проседает, замерзает; лед плотный, зеленоватый. Две области ледника: *питания, стока*. Фазы развития ледника: роста (трансгрессии) – до 90% жизни покровного ледника; таяния (деградации, регрессии, дегляциации, абляции). При колебаниях климата таяние может смениться ростом.

*Динамика* ледников. Чем мощнее ледник, тем быстрее движется. Стремится ползти по ложбинам. Препятствия обходит, перетекает сверху, сдвигает. Чем теплее, тем больше воды под ледником и выше скорость. Чем больше содержит морены, тем ниже скорость. Движение по скальным породам быстрее, чем по рыхлым. Типы движения: *пластическое течение* (нижние слои) – главный тип, *глыбовое скольжение* (верхний слой), *по внутренним сколам* – трещинам, наклоненным навстречу течению. Типы таяния: *ареальный* (отдельными участками), *фронтальный* (равномерно).

*Оледенения в истории Земли*. Древнейшие морены – *тиллиты*. Четыре ледниковых этапа: начало раннего протерозоя (длился 150–300 млн. лет); поздний рифей и венд (длился 300 млн. лет); средний и поздний палеозой (длился 200 млн. лет); вторая половина кайнозоя (длится 30 млн. лет). Ритмов ледниковых этапов нет. От триаса до неогена оледенений нет. Похолодание кайнозоя началось в неогене в Антарктиде. 4,5 млн. лет назад первые льды в Ледовитом океане; 3,5 млн. лет – ледники Гренландии, Исландии. Впервые возникли тундра, лесотундра, тайга. В квартере – покровные ледники Северного полушария, их южные границы в среднем проходили по 57° с.ш.; льды занимали 30% суши и 40% океанов, мерзлота – 20% суши. Ледники захватили 60% Северной Америки и 25% Евразии. В Северной Аме-

рике центры оледенения: Кордильерский, Иннуитский, Лаврентийский, граница ледников по 38° с. ш. В Европе центры оледенения: Скандинавский, Кольский, Уральско-Новоземельский, граница ледников по 49° с. ш. В Западной Сибири центры оледенения: Уральско-Новоземельский, Быррангский, Путоранский, граница ледников по 60° с. ш. В Восточной Сибири и на Дальнем Востоке – изолированные горные ледники.

**Гипотезы о причинах оледенений.** Нет гипотез, объясняющих отсутствие ритмов ледниковых этапов одновременно с ритмичностью внутри них. *Колебаний солнечной активности:* приход солнечного тепла периодически колеблется на 2%; для перестройки климата хватит 0,1%. *Миланковича:* периодически меняется наклон земной оси – смещаются полярные круги, падает нагрев заполярья; периодична прецессия – ось Земли описывает конус, меняются даты равноденствий; периодически меняется расстояние Земля – Солнце; все это меняет солнечную постоянную на ±5%. *Смещения материков:* оледенение при их полярном размещении. *Горообразование:* рост высоты и площади суши – рост отражения солнечного тепла и охлаждение. *Изменений Мирового океана:* Антарктида разместилась на полюсе, возникли стоковые ветры и холодные течения Антарктическое и Западных ветров; в итоге оледенение Антарктиды. Возникли Малайский архипелаг, теплые течения Северо-Тихоокеанское и Аляскинское – начались снегопады в Северной Америке; возникли Панамский перешеек и теплое течение Северо-Атлантическое – начались снегопады в Евразии. *Инверсий магнитного поля:* изменения магнитного поля вызвали перестройку циркуляции атмосферы. *Загрязнения атмосферы вулканической пылью:* активный вулканизм альпийского горообразования – отражение солнечных лучей. *Изменения доли CO<sub>2</sub> в атмосфере:* CO<sub>2</sub> поглощается живыми организмами и захоранивается в горных породах – исчезает парниковый эффект – холод после этапов накопления углей или известняков. *Автоколебаний:* а) организмы поглощают CO<sub>2</sub> – исчезает парниковый эффект, возникают ледники, гибнут организмы – восстанавливаются содержание CO<sub>2</sub> и парниковый эффект, тают ледники. б) Ледник копит влагу – мелеет океан, растет площадь суши. Океан замерзает, не испаряет влагу – ледник тает.

### 3. Климатические этапы квартера

*Ледниковая (гляциальная) эпоха* – сильное глобальное похолодание, образование покровных ледников, перестройка природных зон, развитие климатической *гиперзональности:* расширение полярных и субполярных поясов, сжатие умеренных и субтропических. Пик суровости был в конце поозерского времени – *климатический минимум* квартера. *Стадия оледенения*

(стадиал) – глобальное похолодание, рост ледников, смещение природных зон к экватору. Внутри стадии – *осцилляция* – глобальное похолодание, небольшой рост ледников без подвижки природных зон. *Межстадиал* (*интерстадиал*) – глобальное потепление, сокращение ледников, подвижка природных зон к полюсам, климат суровее современного.

*Межледниковая* (*интергляциальная*) *эпоха* – глобальное потепление, нет покровных ледников на северных материках, климат не суровее современного, нормальная структура климатических и природных зон. Климатические фазы межледниковья: *предоптимум* – волнообразный рост тепла, влаги; *оптимум* – пик тепла, влаги; *постоптимум* – волнообразное похолодание, иссушение. Самое теплое межледниковье муравинское – *климатический оптимум* плейстоцена.

Климатические этапы *голоцена* названы по воздушным массам: *атлантические* этапы влажные, *бореальные* этапы сухие.

#### 4. Геологические процессы ледниковых зон

В ледниковых зонах главные агенты: ледники, их талые воды.

*Разрушительная* работа ледников – *экзарация* – наиболее активна в фазу роста на неровных склонах. Под ледником происходило *гляциокомпенсационное погружение* территории. Экзарация и *морозное выветривание* дробили породы, обломки вмержали в ледник и царапали подстилающие породы – возникали ледниковые шрамы, указывающие траекторию ледника. *Нивация* (вынос обломков) создала нивальную нишу – ровную площадку, окруженную крутыми склонами с трех сторон; рост нивальных ниш создал кары и ледниковые цирки. Экзарация горных долин создала троговые долины с широким скальным дном, крутыми склонами. Шлифовка скал образовала бараньи лбы – выступы с пологим и гладким проксимальным склоном (обращенным к леднику), крутым и шероховатым дистальным (удаленным от ледника); бараньи лбы на большой площади – курчавые скалы. На равнинах *размыв* тальми водами и *экзарация* создали долины размыва и выпаживания: в прочных известняках узкие долины с крутыми склонами, в песках – широкие, с пологими склонами. В областях пересеченного рельефа и тектонических разломов формировались *отторженцы* – блоки отложений, сорванные, перенесенные и отложенные ледником, а также *гляциодислокации* – складки, разрывы слоев.

*Транспортная* работа ледников происходила в фазу роста. Три типа подвижных морен: поверхностная, внутренняя, донная.

*Аккумулятивная работа шла постоянно, наиболее активно при остановках ледника, таянии. Формировались моренные отложения – смесь обломков разного размера. Донная (основная) морена – главный генетический тип, накапливалась под днищем ледника только при наступлении. Конечные морены – у края ледника при остановках. Боковые морены только в горах. Водно-ледниковые отложения накапливались под ледником, на поверхности, внутри тела, перед фронтом. При таянии возникали все ледниковые и водно-ледниковые осадки, кроме донной морены. У края ледника формировались насыпные конечные морены. В обломках преобладали местные. Перед ледовым фронтом накапливались зандры: уплощенные конусы выноса на ровной местности и плоские длинные узкие полосы в долинах. На дне ледниковых озер накапливались лимногляциальные ленточные глины (сезонно-ритмичные горизонтальные слои). Поверх донной морены оседали водно-ледниковые осадки времени таяния, при остановках ледника – пояса конечных морен. Мертвые льды таяли медленно, накапливали абляционную морену, осадки озов, камов. При осцилляциях ранее накопленные слои гляциодислоцировались – возникали конечные морены напора и выдавливания.*

Схематичный разрез ледникового комплекса: внизу лежат водно-ледниковые осадки времени наступления; выше – донная морена; выше – пояса конечных морен, между поясами – водно-ледниковые осадки времени таяния; за внешней границей морен – водно-ледниковые осадки.

## 5. Геологические процессы перигляциальных зон

У границ ледников формировалась перигляциальная зона: поверхностная мерзлота, холод, сухость, флора безлесная, бедная, холодо- и засухоустойчивая. Максимальную площадь перигляциальная зона заняла в поозерское время. Морозное выветривание – главный процесс, сопровождал остальные. Морозное трещинообразование – поверхностный грунт разрывался льдом. Морозобойные трещины заполнялись льдом и обломками, возникали морозобойные клинья. Морозное вспучивание слоев шло при замерзании линз подземных вод. Термокарст – таяние подземных льдов и проседание поверхности, образование блюдцеобразных котловин. Крип – медленное гравитационное сползание обломков по склону. Вода замерзала, выталкивала обломки перпендикулярно склону. При таянии обломки оседали ниже по склону. Солифлюкция – медленное течение рыхлых осадков поверхности склона. Летом склон оттаивал, осадки насыщались водой, оплывали до нескольких сантиметров в год, создали солифлюксий. Курумообразование – подземный лед выдавливал крупные обломки на поверхность. Курумы – каменные реки и поля. Криотурбации – динамические деформации слоев,

вызванные морозом в избыточно увлажненных грунтах, напоминают завихрения, загибы, кольца. В холоде, сухости реки мелели – накапливали грубый мощный *перигляциальный аллювий*. *Эоловые процессы* создавали песчаные дюны и гряды, алевритовые лессовые отложения. Если нет морены, то свидетель мерзлоты – лессовые породы.

## **6. Геологические процессы вледниковых территорий и межледниковых эпох**

На вледниковых территориях (близ экватора) климат и геологические процессы в плейстоцене не менялись. В ледниковые эпохи уровень океанов понижался на 100–120 м, площадь суши росла, океанов сокращалась. В *плювиальные этапы* росла влажность в тропиках – на территориях современных жарких пустынь формировались реки, озера.

В умеренных широтах в межледниковья шли процессы *почвообразования, биохимического выветривания, суффозии*. На склонах – *делювиальные процессы*. Поднимался уровень грунтовых вод – накапливались *источниковые* осадки, шло *торфонакопление*. В озерах накапливались *сапропели*: торфянистые во влажные этапы, карбонатные при иссушении. Поднимался уровень океанов, затапливался шельф. В предоптимум росла влажность, реки размывали и выносили перигляциальный аллювий, формировали надпойменные террасы. В постоптимум росла сухость, накапливался аллювий.

## **7. Стратиграфия четвертичных отложений**

Главный принцип стратиграфии квартера климатостратиграфический – выделяют горизонты, возникшие в разных климатических условиях. *Четвертичный период* – этап сильного похолодания, многократных изменений климатических поясов и природных зон.

Одну из первых стратиграфических схем квартера – *альпийскую* – создали немцы А. Пенк и Э. Брюкнер. Продолжительность квартера оценили в 1 млн лет. Ледниковые этапы называли по речным долинам: гюнц, миндель, рисс, вюрм. Позднее ученики добавили два оледенения раннего плейстоцена: бибер и дунай.

В РФ продолжительность квартера оценивают в 1,8 млн лет. *Разделы*: плейстоцен – осадки ледниковый и межледниковый, голоцен – послеледниковья. *Звено* – осадки нескольких ледниковый и межледниковый; в плейстоцене три звена, в голоцене одно. *Горизонт* – комплекс осадков одного оледенения или межледниковья (табл. 1).

Таблица 1

## Стратиграфическая схема четвертичных отложений Беларуси

Раздел	Звено	Индекс	Надгоризонт	Горизонт
Голоцен	Современное	QIVH		Голоценовый (тепл.)
Плейстоцен	Верхнее	QIIIprz		Поозерский (холод.)
		QIIIimg		Муравинский (тепл.)
	Среднее	QIIprg	Припятский	Сожский (холод.)
				Днепровский (холод.)
		QIIalk		Александрийский (тепл.)
		QIIbr		Березинский (холод.)
		QIIbl		Беловежский (тепл.)
		QIIprg		Наревский (холод.)
		QIIbs	Брестский	Ружанский (тепл.)
	Нижнее	QIgm	Гомельский	Варяжский (холод.)
				Рогачевский (тепл.)
				Жлобинский (холод.)
Ельнинский (тепл.)				
			Вселюбский (холод.)	

## 8. Развитие флоры и фауны

*Закономерности* изменения **флоры**. Последовательное видовое обеднение, сокращение числа теплолюбивых. Формировались три типа флор: перигляциальная, межледниковая, интерстадиальная. Перигляциальные флоры одинаковы, межледниковые разные.

*Перигляциальные флоры* однообразны, бедны, безлесны; по характерной куропаточьей траве (*Dryas*) называются дриасовыми. Растения холодостойкие, засухостойкие: карликовые ивы и березы, мхи, осоки.

*Межледниковые флоры* отличались друг от друга – основа стратиграфии квартера. Леса хвойно-широколиственные; богатый видовой состав; разнообразие трав; редкость аркто-альпийских видов.

*Интерстадиальные флоры* бедные: лесотундра, иногда хвойно-мелколиственные леса в долинах рек.

*Закономерности* изменения **фауны** млекопитающих: развились холодостойкие, питавшиеся жесткой травой (бизоны, мамонты); в оледенения развивалась фауна тундро-степей, в межледниковья лесная и степная; возникли региональные фаунистические комплексы; сибирские виды захватили Европу и Северную Америку.

## 9. Возникновение и развитие человека и его культур

Человек современный: царство животных, тип позвоночных, класс млекопитающих, отряд приматов, семейство гоминид, род *Ното*, вид *Ното сарпиенс сарпиенс*. Наука о происхождении и развитии человека – *антропология*. Проблемы: причины, времени и территории возникновения; механизма и этапов развития.

*Дриопитековые* обезьяны – неоген Старого Света, 16–9 млн. лет назад. *Австралопитековые* (южные обезьяны) прямоходящие, всеядные, 5,5–1 млн. лет назад. *Человек умелый* (*Ното habilis*) создал первые каменные орудия 2,65 млн. лет назад. *Человек прямоходящий* (*Ното erectus*, питекантроп, архантроп) Старый Свет, нижний и средний плейстоцен (1,65–0,2 млн. лет назад); пользовался огнем. *Человек разумный* (*Ното сарпиенс*) неандерталец и кроманьонец. *Неандерталец* (*Ното примигениус*, или *палеоантроп*) 300–30 тыс. лет назад. *Кроманьонец* (или *неоантроп*) более 40 тыс. лет назад (Восточная Африка); развитие искусства; деление на расы.

Наука о ископаемых культурах – *археология*, черпает информацию из *культурных слоев*. По материалу для орудий труда выделяют каменный, бронзовый, железный века. Их датировки в разных местах отличаются. *Закономерности* развития культур каменного века: усложнение технологии, уменьшение размера, совершенствование формы орудий.

**Палеолит:** 2,65 млн. – 11 тыс. лет назад (в Европе). *Ранний палеолит:* человек умелый и прямоходящий, грубая обработка галек; охота и собирательство, использование огня. *Средний палеолит:* неандертальцы, орудия изготавливали в два этапа. Вначале делали нуклеус – каменную заготовку определенной формы, затем от него откалывали пластины. Древнейшие нуклеусы – дисковидные. Добыча огня, копье с каменным наконечником. *Поздний палеолит* (40–12 тыс. лет назад): кроманьонцы, нуклеусы призматические, сверление камня. Первобытное искусство, оседлость.

**Мезолит:** 12–6 тыс. лет назад (в Европе). Карандашевидные нуклеусы, производство микролитов – острейших орудий толщиной менее 1 мм. Лук со стрелами; одомашнены животные. Земледелие около 12 тыс. лет назад в Юго-Западной Азии: пшеница, просо, ячмень. Заселение Нового Света.

**Неолит:** 6–4 тыс. лет назад (в Европе). Сельское хозяйство, подземная добыча и шлифовка камня, гончарное дело, ткачество, письменность – первые цивилизации.

**Бронзовый век:** 4 тыс. лет назад (в Европе). Бронза – сплав меди и олова (9:1). Орошаемое земледелие. В Африке южнее Сахары первый металл – железо.

**Железный век:** более 3 тыс. лет назад государство хеттов в Малой Азии, в Европе около 3 тыс. лет назад.

## 10. Генетическая классификация четвертичных отложений

Отложения квартера делят на три литолого-генетических формации: ледниковую, перигляциальную, термогенную. *Формация* – осадки разного генезиса, накопленные в однородных природных условиях. *Генетический тип* отложений – осадки, накопленные конкретным агентом в разных природных условиях. *Фация* – осадки определенной текстуры и состава, накопленные конкретным агентом в конкретных условиях. Фации отличаются из-за разной динамики агента. Осадки *ледниковой (гляциальной) формации* возникли в ледниковых зонах: моренные, водно-ледниковые; слагают 88% объема четвертичной толщи РБ. Осадки *перигляциальной формации* возникли в перигляциальных зонах: аллювиальные, лессовые, эоловые песчаные, водно-ледниковые; 7% объема четвертичной толщи РБ. Осадки *термогенной формации* возникли в межледниковья и голоцене: насыщенные органикой болотные, озерные, аллювиальные, почвы; 5% объема четвертичной толщи РБ.

## 11. Элювиальные отложения

*Выветривание* – совокупность процессов физико-химического и биохимического разрушения горных пород и минералов. Превращает неустойчивые ко внешним воздействиям горные породы в устойчивые, создает кору выветривания. *Элювий* – перемещенные продукты выветривания. Состав и мощность элювия зависят от климата, горных пород, времени. Особенности элювия: сохранение каркаса исходных пород (реликтовых структур и текстур); постепенный переход в изначальную породу.

*Перигляциальный элювий* – продукт морозного выветривания: вода замерзает, увеличивается в объеме на 10 %, расклинивает породу на остроугольные обломки, не меняя минеральный состав. Факторы: частота перехода температуры через 0 °С и водонасыщенность грунта. Бурая, желто-бурая окраска. Перигляциальный элювий поозерского возраста залегает на поверхности, выделяют две фации. *Фация покровных суглинков* – мощность до 1,5 м, текстура петельчатая – обусловлена криотурбациями. *Фация заполненных морозобойных трещин* – клинообразные тела в породах разного генезиса и состава. Состав суглинистый, супесчаный, текстура петельчатая, комковатая. Глубина клиньев до 5 м, ширина в устье до 1 м.

**Гипергенный элювий** – продукт *гипергенеза* – процессов биохимического выветривания, миграции элементов, метасоматоза, работы почвенных вод. Гипергенез радикально меняет минеральный состав пород. Схема гипергенных изменений: коренные скальные породы → крупнообломочные породы → мелкообломочные породы → глинистые минералы → минералы класса окислов. Гипергенез формирует почвы. Отличия почвенных горизонтов от материнской породы: обогащение органикой и окраска серых тонов; в гумусовом горизонте нет (или мало) карбонатов; мельче гранулометрический состав; обогащение глинистыми минералами, окислами железа и бурая окраска. *Фашии современных почв и погребенных почв*, названия – по генетическим типам почв: *фашия дерново-подзолистых почв*, *торфяно-болотных*, *пойменных* и проч. Фашии погребенных почв встречаются в голоценовых осадках склонов, редко в позерских лессовых.

**Хемогенный элювий** образуется при господстве химического выветривания, характерен засушливым областям Земли. Изменения температур и влажности, химические реакции ведут к миграциям вещества и минералообразованию, формированию уплотненных горизонтов конкретного состава. *Фашии хемогенного элювия*: *солончаков* (насыщены хлоридами кальция, магния, натрия, мирабилитом); *калькретов* или *каличе* (известковые); *силькретов* (кремнистые); *феррикретов* (железистые).

## 12. Гравитационные отложения

*Гравитационные* осадки накапливаются при смещении обломков силой тяжести – на склонах, у подножий путем оползания, скатывания, осыпания, обрушения обломков, течения водонасыщенных грунтов. По составу идентичны породам склона. Несортированы, слоистость не выражена.

**Обвальнй коллювий** (*дерупций*) – у подножий отвесных склонов абразионных берегов, карьеров. После обвала – отвесные или отрицательно наклоненные плоскости срыва. **Осыпной коллювий** (*десперсий*) – на крутых склонах карьеров, берегов рек, озер, оврагов.

**Оползневые отложения** (*деляпсий*). Условия оползня: склон крутизной 15–35°, на поверхности лежат рыхлые породы, под ними – вогнутый гладкий водоупор. При смачивании водоупора рыхлые породы скользят вниз единым массивом, иногда дислоцируя верхнюю часть водоупора. Оползень ударяет в ложе долины, выдавливает породы – создает бугор выпирания.

**Солифлюкционные отложения** (*солифлюксий*) – периодически промерзающие и оттаивающие водонасыщенные грунты медленно смещаются по склонам. Скорость растет с уменьшением размера обломков, ростом содер-

жания воды, ростом крутизны склона. Скорость от долей миллиметра в год до десятков метров в сутки. Преобладают суглинки, нередко грубые. Текстуры полосчатые, волнистые, петельчатые. Длинные оси крупных обломков параллельны склону. Мощность осадков до 1–2 м.

### 13. Селевые отложения

*Сели* – кратковременные, внезапные русловые горные потоки с высоким содержанием обломков, большой скоростью движения и разрушительной силой. Причины: ливни, быстрое таяние снега или ледника, прорыв водохранилища или ледникового озера. Необходимые условия: избыток воды, крутые днища и склоны горных долин, обилие обломков на поверхности. После сели дно и низ склонов долины лишены рыхлых пород. Три типа селей: водо-каменный, грязевой, грязе-каменный. Разновидность селей – *лахары* – потоки из смеси воды с вулканическими обломками. Плотность водо-каменных селей до  $1\ 500\ \text{кг/м}^3$ , грязевых – до  $2\ 000\ \text{кг/м}^3$ , грязе-каменных – до  $2\ 500\ \text{кг/м}^3$  и более. Траектория сели зависит от рельефа, но сильнее от вязкости и скорости – сель стремится к прямолинейному движению и может преодолевать препятствия. Фронт сели обогащен глыбами и круто вздымается над потоком. Сель движется пульсируя, волнами, вызванными заторами или приходом новых масс воды и обломков. Отличия селевых отложений от пролювия: обломки не сортированы и не окатаны, глыбы крупнее, нередко обогащены древесиной.

*Связные сели* вязкие и высокой плотности. Свободной воды нет – ее впитали глинистые частицы, весь материал движется как одно целое, и на выходе из долины сохраняет ширину и глубину потока. Остановившись, сель застывает мощным языком, с крутизной склонов до  $70^\circ$ . Обломки не сортированы, ориентированы хаотично.

*Несвязные сели* менее плотные, обогащены алевритами, глинами. Двигаются подобно водному потоку. Выходя из долины, несвязная сель растекается веером и формирует выпуклый конус выноса со склонами крутизной от 2 до  $12^\circ$ . Крупные обломки оседают в вершине, мелкие – на краях.

### 14. Аллювиальные отложения

*Аллювий* – отложения рек, наибольшие объемы накапливаются при разливах; слагает поймы и аккумулятивные террасы. Состав и текстуры зависят от гидродинамики и от размываемых пород. Крупные обломки окатаны. Длинные оси галек перпендикулярны течению при малой скорости, параллельны течению при максимальной скорости.

**Аллювий равнин** – мощность десятки метров. Господствуют разнозернистые пески, обогащенные алевритами и глинами. Главный минерал кварц. Три группы фаций. *Русловой аллювий* слагает дно реки, острова, косы, отмели. Накапливается при наибольших скоростях течения, состав грубый, слоистость косая, окраска светлая. *Закон*: обломки уменьшаются в каждом слое вверх по разрезу и от верховий реки к низовьям. *Стрежневая фация* – в зоне максимальных скоростей; состав грубый и непостоянный. *Фация прирусловой отмели* – однородные косослоистые пески. *Пойменный аллювий* лежит поверх руслового, отлагается при разливах. Сложен темно-серыми переполненными органикой песками илистыми или глинистыми; слоистость горизонтальная. *Прирусловая пойма* самая высокая, сложена русловыми фациями. *Центральная пойма* сложна по рельефу, лидирует по площади, сложена всеми фациями аллювия. *Притеррасная пойма* низкая, сложена самыми тонкими осадками: сортированными песками илистыми или глинистыми, торфами. *Старичный аллювий*: внизу разреза лежат косослоистые аллювиальные пески светлые. Выше – темные горизонтально-слоистые богатые органикой озерные алевриты и глины. Вверху – торф. В древних долинах высока доля старичных фаций, в молодых – пойменных. Во всех долинах главные фации – русловые.

**Аллювиальные отложения горных рек.** Характер работы горных рек быстро меняется во времени и пространстве – горный аллювий разнообразен по составу и условиям залегания. У горных рек огромная живая сила – накапливают преимущественно грубые обломки (гальки, валуны). Выделяют три группы фаций: русловую, пойменную, перемычек. *Русловой аллювий* господствует, преобладают хорошо окатанные валуны и галечки. Характерна косая слоистость, длинные оси галек направлены по течению, плоские галечки наклонены навстречу течению центром тяжести вниз. Типичны фации отмостки и самоотмостки. *Фация отмостки* сложена крупными гальками – мелкий материал вынесен. *Фация самоотмостки* сложена крупными обломками, но накапливается притоками, обвалами, осыпями. *Пойменный аллювий* накапливается при разливах в расширениях речной долины. Обломки мельче (гравий, песок); мощность мала; слоистость косая.

## 15. Делювиальные и пролювиальные отложения

**Делювий** – осадки, отложенные мелкими струйками воды на склонах крутизной более 2° при дождях и таянии снега. Мелкие блуждающие струйки на склоне создают *делли* – мелкие эрозионные борозды. В устьях деллей – конусы выноса – чехол делювия, мощность растет вниз по склону. Про-

цесс ускоряет распахка склона. Чем больше неровностей, тем активнее воды. Активность выше на южных и юго-западных склонах холмов (нагрев Солнцем). Состав делювия разный – зависит от пород склона, обычны пески алевритистые, глинистые. Закон: крупные обломки вверху склона, мелкие – у подножья; крупные в основании делювия, мелкие в верхних слоях. Поверхность шлейфа вогнутая. Слоистость или не выражена, или тонкая черепитчатая, параллельная склону. Встречаются слои и линзы погребенных почв: слои – при прекращении размыва, линзы – при активном размыве.

**Проловий оврагов** – осадки конусов выноса в устьях оврагов. Развитие оврагов наиболее характерно территориям распространения лессовых отложений. Причина роста оврага – уничтожение дернины. Состав пролювия зависит от пород склона. Закон строения: в вершине конуса крупные частицы, на краях мелкие. Слои выражены слабо, параллельны поверхности конуса.

**Проловий континентальных дельт** накапливается в “сухих” устьях постоянных горных рек. Обычно устья расположены у подножий гор, лишь устья крупнейших рек вынесены далеко в пустынные равнины – Мургаб в Туркмении. Континентальные дельты предгорий – пологонаклонные конусы радиусом до нескольких десятков километров, с превышением вершины над краем до нескольких сот метров. В плане дельты полукруглые или вытянутые. В составе преобладают обломки средней степени сортированности и окатанности. Слоистость выражена четко. Мощность отложений максимальна в вершине дельты, слои параллельны поверхности конуса. С удалением от вершины мощность пролювия и размер обломков сокращается, углы наклона слоев и поверхности конуса уменьшаются. В сухих дельтах от вершины к периферии выделяют три зоны.

**Вершинная зона** формируется в крупных мигрирующих руслах мощных потоков. Представлены *потоковые фации*, сложенные валунами и гальками. Осадки подобны русловому аллювию, отличаются большей мощностью, очень быстрым уменьшением обломков вниз по течению, слои лежат параллельно поверхности конуса. Слоистость косая, нередки маломощные линзы супесей – возникают в заиливающихся участках русел.

**Срединная зона** формируется ослабленными потоками небольших мигрирующих рукавов. Накапливаются *веерные фации*, сложенные обычно лессовидными алевритами. Полноводные потоки оставляют *фацию транзитных русловых ложбин*, представленную субгоризонтальными линзами гравийных песков. Небольшие ручьи, заканчивающиеся в срединной зоне, накапливают *фацию иссякающих вееров*, сложенную песками, алевритами, глинами. Если при половодьях дельта целиком покрывается водой, образуется сплошной маломощный плащ горизонтальнослоистых лессовидных пород. На затопленных участках между руслами накапливается *фация*

*межрусловых разливов* – горизонтальные слои алевритов и глин. В мелководных углублениях поверхности дельт горизонтальными слоями оседают глины *фации мелких временных застойных водоемов*.

*Краевая зона* образована *застойноводными фациями*, накапливающимися в половодья. Их поверхность почти плоская. Встречаются *фации концевых частей транзитных русловых ложбин*, созданные мелко- и среднезернистыми песками. Ниже по течению пески замещаются алевритами и глинами *фации расплывающихся потоков*. Глины часто формируют водонепроницаемые горизонты – идут процессы оглеения. На самом краю дельты иногда возникают небольшие мелководные озера – накапливаются горизонтальные слои мергелей и глин *фации озеровидных разливов*. Местами протекает заболачивание, в пустынях при высыхании бассейнов накапливаются соли – возникают *болотно-солончаковые фации*, сложенные оглеенными карбонатными загипсованными глинами и мергелями.

## 16. Озерные отложения

Размер обломков уменьшается от берега к центру, на глубоководье – тонкодисперсные органические и смешанные осадки. Текстура горизонтально-слоистая, ритмичная в сезонном климате. На месте отмершего озера возникает плоская равнина с террасами на краях.

**Отложения пресных озер** – обломочные и органические. Фации пляжная, прибрежная, глубоководная. *Пляжные фации* в озерах с низкими берегами. Сложены крупными обломками: гальки, пески. Гальки уплощены, длинные оси параллельны берегу, тяжелые края наклонены к центру озера. *Прибрежные фации* тоньше: горизонтальнослоистые мелкие пески и алевриты, раковины моллюсков. *Глубоководные фации* – тонкие горизонтальные слои глин. Много органики – темно-серые. *Сапропель* – жирный ил пресных озер, не менее 15 % органики. Горизонтальные слои мощностью до нескольких метров. Слои летние мощные темные, зимние тонкие светлые. Доля органики растет вверх по разрезу. Скорлупки диатомовых водорослей создают *кремнистые илы*. Реки и подземные воды приносят продукты выветривания – в литорали накапливаются *бобовые железные руды, мергели*.

**Отложения соленых озер** накапливаются в степях, полупустынях, пустынях. Из-за высокой солености мало растительности и животных – органика в отложениях почти не встречается. Господствуют осадки хемогенные, у берегов иногда встречаются обломочные. Соли поступают в озера разными путями: с приходом морских вод, ветровой деятельностью, растворением подземных солей, приносом подземными и поверхностными во-

дами. Насыщенную солями озерную воду называют рассолом или рапой. Осаждение солей называют садкой, озеро – *самосадочным*. Садка начинается с появления на поверхности рапы мелких кристаллов, которые быстро растут и тонут. Каждый вид соли кристаллизуется только из насыщенного раствора определенной температуры и состава. В засушливых степях оседают карбонаты, в полупустынях – сульфаты, в пустынях – галогениды. Три главных типа солеродных бассейнов: карбонатные, сульфатные и хлоридные. При изменениях климата возможен переход от накопления одних солей к другим. При прогрессирующем иссушении, вначале накапливаются карбонаты, затем сульфаты и хлориды. Если влажность климата растет, последовательность седиментации обратная. Разные соли выпадают в разные сезоны. Иногда изменение температуры или выпадение дождей замедляют или прекращают соленакопление. При этом ранее возникший слой соли частично растворяется. По числу слоев соли можно определять продолжительность жизни озера и восстанавливать смену климатических условий.

*Карбонатные озера* возникают на первом этапе за счет накопления *соды*  $\text{Na}_2(\text{CO}_3) \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ . Сода кристаллизуется зимой путем вымораживания, при температуре не теплее  $-5^\circ\text{C}$  и концентрации соли более 10%. В таких озерах низкая минерализация и щелочная реакция. Жарким летом озеро частично или полностью пересыхает, могут оседать *мирабилит* и *галит*. *Сульфатные озера*, с горькой водой, появляются на второй стадии – при отрицательных температурах и концентрации солей более 13,5 % оседает *мирабилит* (*глауберова соль*)  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ . Если раствор представлен рапой, кристаллизация может начаться даже при положительных температурах (ниже  $+17^\circ\text{C}$ ). Летом возникают слои *гипса*  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , *тенардита*  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  и других сульфатов. *Хлоридные озера* формируются на завершающей стадии. Соленый галит  $\text{NaCl}$  выпадает жарким летом – на месте пересохшего озера возникает солончак. Кроме галита, в хлоридных озерах летом оседает *гипс*, зимой – *гидрогалит*.

Наиболее распространены хлоридные озера, сульфатные встречаются реже, карбонатные известны в Казахстане, Венгрии, США, Мексике. Очень редки озера *калийные* – осаждается *сильвин*  $\text{KCl}$ . *Боратные озера* известны в Гималаях, Андах, Тибете, Прикаспии. В их питании участвуют подземные воды, в осадках преобладает *бура*  $\text{Na}_2(\text{B}_4\text{O}_7) \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ .

## 17. Болотные отложения

**Болото** – избыточно увлажняемый участок суши с гидрофильной растительностью. Факторы седиментации: климат, рельеф, геологическое строение, растительность. Болот на Земле 2 млн км<sup>2</sup>. Главное в работе болот –

накопление торфа. *Торф* – органогенная порода от желто-коричневого до черного цвета, состоящая из растительных останков, разлагавшихся при высокой влажности и дефиците воздуха. Торфообразование – гумификация микроорганизмами. *Закон*: вниз по разрезу растет процент гумуса (степень разложения торфа), торф уплотняется, окраска темнеет. Скорость прироста мощности торфа около 1 мм/год. *Структура* волокнистая при низкой (до 25%) степени разложения, аморфная при высокой (более 50%). Содержание влаги в невысушенном торфе до 95 %, зольность до 4% в верховых торфяниках и до 50% в низинных. *Текстура* пористая, массивная. Пористость от первых % при высокой степени разложения до 80% при низкой.

*Торфа низинные* – питание грунтовыми водами, богаты минеральными солями – зольность торфа до 50%. *Торфа верховые* при застое атмосферных осадков. Дождевые воды бедны минеральными солями – развиваются мхи, типичны сфагновые. Зольность до 4%. *Торфа переходные* – питание атмосферными и грунтовыми водами. Мощность небольшая, зольность до 8%.

В низинных торфяниках иногда встречаются линзы песчано-глинистых и хемогенных осадков: белесого *известняка*  $\text{CaCO}_3$ ; светло-серого *сидерита*  $\text{FeCO}_3$ , бурого *лимонита*  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ . Нередок изумрудно-синий *вивианит*  $(\text{Fe}_3\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ .

## 18. Подземноводные отложения

*Подземноводные отложения* формируются в пещерах, или на земной поверхности – близ выходов подземных вод. Чаще всего представлены известняками, накапливающимися по следующей схеме. Атмосферная вода богата углекислым газом, поэтому имеет кислую реакцию. Просачиваясь сквозь грунты, вода растворяет карбонаты и обогащается бикарбонатом кальция:  $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ . Выходя на поверхность, вода отдает часть углекислоты, и бикарбонат переходит в карбонат кальция. Кальцит кристаллизуется и оседает. Подземноводные осадки делят на источникные и пещерные. *Источникные отложения* накапливаются на земной поверхности, у выходов подземных вод. Обычно представлены *травертином* – хемогенным пористым и легким известковым туфом. Травертины формируются в сухом климате – кальцит осаждается из вышедших на поверхность гидрокарбонатных вод. В травертинах встречаются органические остатки, отпечатки растений, животных. Местами травертины образуют крупные по площади и мощности скопления в форме террас (Йеллоустонский национальный парк; на западе Турции – Помуккале). Нередко встречаются рыхлые мучнистые породы карбонатного

или железистого состава. **Пещерные отложения** делят на две группы фаций: натечную и обломочную. *Натечные* хемогенные образования возникают на сводах, стенах и днищах карстовых пещер: сталактиты, сталагмиты, желваки и др. Минеральный состав натечков зависит от карстующихся пород: галоидных, сульфатных, карбонатных. Встречаются натечки из кальцита, арагонита, малахита, лимонита, фосфорита и др. Наиболее развит карбонатный карст, поэтому преобладают натечки из кальцита ( $\text{CaCO}_3$ ). *Обломочные* фации представлены на дне пещер: разного состава обвальные, подземные аллювиальные и озерные накопления.

## 19. Ледниковые отложения областей древнего оледенения

*Моренные отложения* – гетерогенный материал, захваченный, перенесенный и накопленный ледником. Накапливаются при таянии, столкновении с препятствием, перенасыщении ложа обломками. Главный тип осадков ледников. Вещественный состав: грубые валунные песчано-глинистые смеси; литологически близки подстилающим доледниковым; в древних моренах обломки кристаллических пород, в молодых – осадочных; с удалением от ледниковых центров падает доля принесенного материала и растет значение местного. Молодые морены бурые, красно-коричневые, древние сизо- и зеленовато-серые. Названия фаций совпадают с текстурами. Текстуры: преобладают динамические (слоистые), реже – массивная. Гляциодислокации говорят о столкновении с препятствием или выдавливании пластичных пород. Ледниковые отторженцы типичны для глыбового движения.

**Основная морена (донная)** формируется только при наступлении ледника – перенасыщенная обломками подошва ледника останавливается, сверху движется ледник, обломки переуплотняются. В рельефе – равнины волнистые, мелкохолмистые. Каждый ледник – один горизонт донной морены. Высокая плотность, большая доля алевритов, глин. Длинные оси галек вытянуты по ходу ледника. Текстуры ориентированные: а) плитчатая – субгоризонтальные плитки мощностью 5–10 см, при невысокой одинаковой скорости всех слоев ледника; б) сланцеватая – слойки до 1,5 см, при быстром течении тонких слоев ледника; в) складчатая – при слиянии ледниковых языков, или выдавливании подстилающих пород; г) массивная – при медленном течении ледника; д) надвигово-чешуйчатая – моноκлиально лежащие чешуи, наклоненные к леднику, при движении льда по внутренним сколам. Характерны текстуры захвата – языки пород, затянутых из-под ложа. Текстуры внедрения – антиκлиальные складки пород ложа внутри морены.

**Конечная (краевая) морена** – у края ледника при остановках. Рельеф

крупнохолмистый, грядово-холмистый. Конечно-моренные гряды – дуги, выпуклые в дистальном направлении. Проксимальные склоны крутые, дистальные пологие. Ширина конечно-моренных поясов до 50–60 км. Крупнейшие массивы приурочены к выступам кристаллического фундамента или уступам доледникового рельефа. Маркируют край ледника – можно установить границу распространения ледника, количество длительных остановок тающего ледника. Нередко вместе с краевой мореной встречаются озовые и камовые накопления. а) *Насыпные* конечные морены – обломки, сгруженные с фронта ледника при существенной роли талых вод. Песчаные, песчано-гравийно-галечные, сильно завалунены, глины сравнительно немного. Слоистые. Отличие от флювиогляциальных – больший объем грубых обломков. б) *Морены напора* – при бульдозерной работе активного ледника дислокации осадков любого генезиса – текстуры складчатые, чешуйчатые, осложненные надвигами, сбросами, отторженцами, внедрениями подстилающих пород. Непостоянный состав. в) *Морены выдавливания* – выжимание пластичных отложений из-под фронта ледника. Куэстообразные валы, проксимальный склон крутой, дистальный и пологий.

*Абляционная морена* – при таянии мертвых льдов на моренные и водно-ледниковые накопления оседали внутренняя и поверхностная движимые морены. Сравнительно рыхлые, маломощные (1–3 м), разрозненные плащи песков глинистых, повышена доля крупных угловатых обломков. Текстура массивная.

## 20. Водно-ледниковые отложения областей древнего оледенения

*Водно-ледниковые* отложения – талые воды переотлагают морену, максимум при таянии ледника. Генетические типы: флювиогляциальный (потоково-ледниковый), лимногляциальный (озерно-ледниковый). По месту образования: внутрiledниковые (зафронтальные) и приледниковые (предфронтальные). Вещественный состав совпадает с мореной, отличия: выше сортировка, меньше неустойчивых пород, обломки окатанные. Флювиогляциальные: зафронтальные – галька, гравий, песок, предфронтальные – песок. Текстура слоистая: косая у флювиогляциальных, горизонтальная у лимногляциальных.

*Флювиогляциальные зафронтальные*: озовые и флювиокамовые. Сходны по составу и текстурам – отличаются геоморфологически. Тяготеют к конечным моренам. В современных ледниках аналогов нет. Талые воды заполняли обломками проталины ледника, при дегляциации накопления оседали на поверхность, нарушались сбросами, характерными краями разрезов.

На поверхности часто покрываю абляционной морены. *Озовые отложения*: валы извилистые, длинные и узкие, склоны до 30° и более. Гребень узкий, неровный. Типичны радиальные озы – вытянуты по ходу ледника; маргинальные озы параллельны ледовому фронту, редки. В составе преобладает сортированный грубый материал (от валунов до крупного песка). В проксимальной части обломки крупные, в дистальной мельче. Горизонтальные слои и линзы, у дистального края – косые слои. Внутри линз косая слоистость, дистально наклоненная. *Флювиокамовые отложения*: или одиночные куполовидные холмы превышением 10–40 м, или камовые поля. Крутизна склонов до 30° и более. Вещественный состав и текстуры близки озам.

***Флювиогляциальные предфронтальные***: зандровые, долинных зандров. *Зандровые отложения* формируются с дистальной стороны конечных морен. Являются конусами выноса потоков талых вод. На равнинах конусы сливаются и образуют шлейфы – зандровые поля, вытянутые вдоль ледникового фронта. Поверхность шлейфов пологоволнистая, наклоненная в дистальном направлении. Ширина достигает десятков километров. Состав зандров – разнозернистые пески. В приледниковой части обломки крупнее, вплоть до гравия и гальки. Здесь наибольшие мощность отложений (до 30 м и более) и высота поверхности. На краях зандров лежат тонкие пески, пески алевритистые и глинистые; мощность меньше и высота поверхности ниже. Слоистость отложений косая, наклоненная в дистальном направлении. Нередка горизонтальная слоистость. Мощность слоев уменьшается в дистальном направлении. *Долинные зандры* возникали в субмеридианально вытянутых долинах, уходящих от ледника. Потоки концентрировались в ложбинах и заполняли их обломками. Материал крупнее, чем в зандрах – гравийно-песчаные смеси. Текстура косослоистая. Ниже по долине зандры сменяются перигляциальным аллювием.

***Озерно-ледниковые (лимногляциальные)*** отложения накапливались в пресных озерах с берегами из ледника. Такие озера формировались в разные фазы развития ледника и на разных территориях: на поверхности и в пустотах ледника, в подпруженных ледником речных долинах, котловинах моренного рельефа и ложбинах ледникового размыва и выпахивания. Лимногляциальные отложения делят на зафронтальные и предфронтальные. Осадки высоко сортированы, горизонтально слоисты.

***Зафронтальные лимногляциальные*** отложения представлены лимнокамами. Отложения лимнокамов первоначально накапливались в озерах внутри или на поверхности ледника. При таянии ледника, горизонтально-слоистые осадки проецировались на поверхность, формируя крутосклонные холмы – лимнокамы. Их превышения до 20–40 м. Образуют камовые массивы, реже – отдельные холмы, приурочены к поясам конечных морен. В

составе лимнокамов преобладают сортированные алевриты и пески, нередко линзы глин. Текстура горизонтальнослоистая, осложненная сбросами.

**Предфронтальные лимногляциальные** отложения – осадки приледниковых озер. Они создавались тальми водами между краем ледника и поднятиями рельефа. Крупнейшие объемы формировались при деградации последнего ледника. Образуют вытянутые линзы длиной до нескольких километров, изредка площадью в тысячи квадратных километров. Типичные отложения – *ленточные глины*. Летом талые воды и ветры приносили в озеро обломки. Крупные оседали сразу и формировали летний слой: сравнительно мощный, песчано-алевритовый, светлый. Зимой озеро покрывалось льдом, привнос обломков прекращался – оседали мельчайшие частицы, ранее пребывавшие во взвеси, и возникал слой более тонкий, глинистый, темный. За год накапливалась одна пара слоев (лент) – можно определить продолжительность существования приледникового озера. Можно рассчитать скорость деградации ледника: выбирают два разреза, один – у дистального края озерной толщи, другой – у проксимального. Определяют число пар слоев в каждом разрезе и расстояние между разрезами. Разделив расстояние на разность возрастов, получают среднюю скорость дегляциации. Мощность осадков растет от берегов озера к центру (до 50 м и более). От берегов к центру мощность глинистых лент растет, алевритово-песчаных – уменьшается. Средняя мощность одной ленты от 0,1 до 7 см. В гранулометрическом составе господствуют фракции мельче 0,1 мм. На берегах крупных приледниковых озер формировались абразионные террасы, накапливалась пляжная фация – крупные, хорошо окатанные гальки, их длинные оси вытянуты параллельно берегу. Ленточные глины коричневые или бурые, реже серые. С поверхности до глубины 1,5–2 м изменены процессами гипергенеза: цвет сизо-серый, границы лент не различимы, содержат карбонатные стяжения причудливой формы диаметром от 0,5 до 20 см.

## **21. Эоловые песчаные отложения**

*Эоловые процессы* активны при большой скорости ветра, мелкодисперсном составе поверхностных рыхлых горных пород, сухом климате, слабом развитии или отсутствии растительности. Современные эоловые пески встречаются примерно на четверти площади суши: в жарких пустынях и полупустынях, на песчаных берегах морей, рек и озер. Широко распространены эоловые пески перигляциальных областей плейстоцена. Песчаные накопления представлены кучевыми песками, барханами, дюнами и проч. Их мощность до 100 м и более. Распространены близ исходных пород: песков

аллювиальных, озерных, морских, водноледниковых. Песчинки переносятся путем перекачивания или *сальтации* (движения прыжками). Сортировка эоловых песков, сравнительно с пляжными, выше – на 90–99 % состоят из мелких зерен (до 0,25 мм). В минеральном составе господствует кварц. При ветровом переносе песчинки истираются: зерна кварца окатаны и отшлифованы, зерна полевых шпатов и пластинчатых минералов приобретают таблитчатую форму, их поверхность исштрихована. В дюнах пески белесые. В барханах пески желтовато-бурые или красноватые – песчинки покрыты железистой пленкой пустынного загара. Об эоловых процессах свидетельствуют *ветрогранники* – гальки призматической формы с отшлифованными плоскими гранями, разделенными острыми прямолинейными ребрами. Эоловым пескам типична слоистость косая перекрестная – из-за смены направления ветра. Углы падения слоев на пологом наветренном склоне не превышают 12°, на крутом подветренном склоне до 33°.

Выделяют две фации эоловых песков: барханную и дюнную.

*Барханы* возникают в жарких равнинных пустынях при постоянном направлении ветра. В плане форма бархана – полумесяц, «рога» которого вытянуты по ветру. Высота барханов достигает 30–40 м, наветренный склон пологий (не более 12°), подветренный крутой (до 33°). Соединяясь краями, они создают барханные цепи, вытянутые перпендикулярно направлению ветра. Нередки в пустынях *песчаные гряды* – они вытянуты по направлению ветра, высота их от нескольких метров до десятков метров, а в Сахаре даже 300 м. Процессы образования грядовых песков не выяснены.

*Дюны* образуются на берегах морей, крупных озер и рек – при близком залегании подземных вод и влажном воздухе. Дюны разнообразны по форме, чаще встречаются параболические дюны: «рога» параболы направлены в сторону, откуда дует ветер. Крутизна пологих наветренных склонов дюн до 15°, крутых подветренных – до 40°.

Поверхность песчаных насыпей могут осложнять *знаки ряби*, подобные крошечным дюнам. Скорость движения ветровых насыпей составляет 1–2 метра в год, иногда до десятков метров в год.

В Беларуси эоловые пески занимают 1,5 % площади и обычно представлены дюнами. Они приурочены к пескам аллювиальным и водно-ледниковым: встречаются на надпойменных террасах речных долин Полесья и близ озерно-ледниковых отложений Поозерья.

## 22. Лессовые отложения

*Лессовые отложения* – скопления алевролита палево-желтого цвета. Минеральный состав полевошпатово-кварцевый, с высокой долей карбонатов.

Отличительные признаки лессовых пород: макропористость, столбчатые призматические отдельности, способность удерживать в обрывах вертикальную стенку, просадочность. Текстуры массивные или слоистые. Лессовые отложения занимают около 13 млн км<sup>2</sup> – свыше 9 % площади суши, встречаются на всех материках, кроме Антарктиды (крупнейшие площади в Евразии, Северной Америке, Южной Америке). Распространены в умеренных и субтропических поясах. Залегают на разных генетических типах пород и рельефа, накрывая их плащом; встречаются на высотах до 500 м во влажном климате Европы и до 4 000 м в сухом климате Азии. Лессовые отложения объединяют лессы и лессовидные породы.

*Лесс* (типичный лесс) – горная порода алевритового состава, карбонатная, палевая, неслоистая, с видимыми невооруженным глазом порами (преимущественно вертикальными), покровно залегающая на разных элементах рельефа, не содержащая прослоев песков и галечников. Гранулометрически в лессах господствует алеврит – фракция 0,01–0,05 мм занимает 30–50 %. Главный породообразующий минерал – кварц. Пористость лессов составляет 40–50 % от объема породы.

*Лессовидные породы* – отложения, напоминающие лесс, но не имеющие полного набора его признаков.

Лессовые отложения встречаются за пределами границ распространения поозерского ледника. Закономерность географии лессовых отложений: близ границ поозерского ледника залегают лессовидные породы, южнее – типичные лессы. Предельной мощности (до 300 м) лессы достигают на Лессовом плато. В лессах часто встречаются разновозрастные горизонты погребенных почв, возникшие в межледниковья. Лессы накопились в ледниковые этапы, в условиях господства мерзлотных процессов перигляциальной зоны. Самый верхний лессовый горизонт поозерского возраста. Сегодня в умеренных и субтропических широтах лессовые отложения не формируются.

Высокий интерес к лессовым накоплениям объясняется тем, что они широко распространены в густонаселенных регионах, на них формируются самые плодородные почвы, в том числе – черноземы. Существуют десятки гипотез образования лессовых накоплений.

*Эоловая гипотеза* предложена Ф. Рихтгофеном: исходные алевритовые зерна созданы выветриванием в горах, в жарких и ледяных пустынях, в перигляциальной зоне и на поверхности ледников. Ветер поднимал мелкие обломки, переносил и отлагал их, сортируя по размеру. Рядом с областью дефляции накапливались песчаные фракции, на некотором удалении – песчано-алевритовые, на значительном расстоянии – алевритовые. Алевритовые частицы выпадали из воздуха с атмосферными осадками, что обуслов-

ливают покровное залегание лессовых пород. Часть лессовых пород в последующем переотложились водой, образовав лессовидные породы.

*Водные гипотезы:* алеврит переносился и накапливался водой: накопление молодыми реками, не имеющими постоянных русел (П.А. Кропоткин); половодьями потоков талых ледниковых вод (В.В. Докучаев); делювиально-пролювиальными процессами; приледниковыми озерами. Достоинство водной гипотезы – объяснение слоистости лессовидных пород, наличия в них раковин пресноводных моллюсков.

*Почвенно-элювиальные гипотезы:* породы приобретают лессовые свойства путем почвообразования (В.В. Докучаев, Л.С. Берг).

*Полигенетическая гипотеза* (К.И. Лукашев): лессы формировались в два этапа под действием разных факторов. Первый этап – накопление осадка (алеваит накапливали и ветры, и текучие воды, и озера и др.), второй этап – гипергенные изменения осадка.

## Литература

1. *Величко А. А.* Природный процесс в плейстоцене. М.: Наука, 1973.
2. *Величко А. А.* Структура термических изменений палеоклиматов мезо-кайнозоя по материалам изучения Восточной Европы // Климаты Земли в геологическом прошлом. М.: Наука, 1987. С. 5–44.
3. *Виноградов Ю. Б.* Этюды о селевых потоках. Л.: Гидрометеиздат, 1980.
4. Геологический словарь: в 2 т. М.: Недра, 1973. 2 т.
5. Геология антропогена Белоруссии / Э. А. Левков [и др.]. Минск: Наука и техника, 1973.
6. Геология Беларуси. А. С. Махнач [и др.]. Минск: Институт геологических наук НАН Беларуси, 2001.
7. *Горецкий Г. И.* Генетические типы и разновидности отложений перигляциальной формации // Материалы про генезису и литологии четвертичных отложений. Минск: изд-во АН БССР, 1961. С. 107–125.
8. *Горецкий Г. И.* Аллювиальная летопись великого Пра-Днепра. М.: Наука, 1970.
9. *Долгушин Л. Д., Осипова Г. В.* Ледники. М.: Мысль, 1989.
10. Зимы нашей планеты / Пер. с англ. Л. Р. Серебрянного; под ред. Б. Джона. М.: Мир, 1982.
11. *Иванова М. Ф.* Общая геология с основами исторической геологии: учебник для географ. спец. вузов. 4-е изд., перераб и доп.; М.: Выс. шк., 1980.
12. *Калесник С. В.* Очерки гляциологии. М.: Географгиз, 1963.
13. *Кизельватер Д. С., Раскатов Г. И., Рыжова А. А.* Геоморфология и четвертичная геология. (Геоморфология и генетические типы отложений). М.: Недра, 1981.
14. *Кригер Н. И.* О происхождении лесса. // Современный и четвертичный континентальный литогенез. М.: Наука, 1966. С. 105–120.
15. Курс общей геологии / В. И. Серпухов [и др.]. Л.: Недра, 1976.
16. Геология четвертичных отложений: пособие / Ю. В. Кухарчик. – Минск: БГУ, 2011.
17. *Лукашев К. И.* Геология четвертичного периода. Минск.: Выш. шк., 1971.
18. *Матвеев А. В.* История формирования рельефа Белоруссии. Минск: Наука і тэхніка, 1990.
19. *Матвеев А. В.* Ледниковая формация антропогена Белоруссии. Минск: Наука и техника, 1976.
20. *Матвеев А. В., Гурский Б. Н., Левицкая Р. И.* Рельеф Белоруссии. Минск: Университетское, 1988.
21. *Матюшин Г. Н.* Археологический словарь. М.: Просвещение, 1996.
22. Методическое руководство по изучению и геологической съемке четвертичных отложений. Л.: Недра, 1987.
23. Основы геологии Беларуси / под общ. ред. А. С. Махнач [и др.]. Минск.: Ин-т геол. наук НАН Беларуси, 2004.
24. *Попов А. И., Розенбаум Г. Э., Тумель Н. В.* Криолитология. М.: Изд-во МГУ, 1985.
25. *Санько А. Ф., Ярцев В. И., Дубман А. Ф.* Генетические типы и фации четвертичных отложений Беларуси. Минск: Право и экономика, 2012.
26. *Серебрянный Л. Р.* Древнее оледенение и жизнь. М.: Наука, 1980. (Человек и окружающая среда).
27. *Тимофеев Д. А., Маккавеев А. Н.* Терминология гляциальной геоморфологии. М.: Наука, 1986.
28. *Хромовских В. С.* Каменный дракон. М.: Мысль, 1984.

29. *Хэллем Э.* Великие геологические споры / пер. с англ. З. В. Кабановой; под ред. Ю. Г. Леонова. М.: Мир, 1985.
30. Четвертичный период (ледниковый период – антропогенный период): в 3 т. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1965–1967. Т. 1. Территория СССР / К. К. Марков, Г. И. Лазуков, В. А. Николаев. 1965; Т. 2. Территория СССР / К. К. Марков, Г. И. Лазуков, В. А. Николаев. 1965; Т. 3. Материки и океаны / К. К. Марков, А. А. Величко. 1967.
31. *Чумаков Н. М.* Оледенения в геологической истории // Климаты Земли в геологическом прошлом. М.: Наука, 1987. С. 44 – 69.
32. *Щербакова Е. М.* Геология и палеогеография плейстоцена СССР: курс лекций : в 2 ч. 2-е изд., испр. и доп. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. Ч. 1: Европейская часть СССР. Кавказ; Ч. 2: Азиатская часть СССР.
33. Энциклопедия природы Беларуси: у 5 т. / Минск: БелСЭ, 1983–1986. 5 т.
34. *Якушова А. Ф., Хаин В. Е., Славин В. И.* Общая геология. М.: Изд-во МГУ, 1988.

