

ВЛАГООБОРОТ В АТМОСФЕРЕ

Вода в атмосфере.

Влажность воздуха.

Атмосферные осадки.

Влагооборот, или круговорот воды на Земле

- ***Влагооборот*** — непрерывный процесс перемещения воды под действием солнечной радиации и силы тяжести.
- Процесс этот не замкнут, поэтому правильнее говорить «влагооборот», а не «круговорот воды».
- Благодаря влагообороту в атмосфере возникают облака, на землю выпадают осадки.
- Выделяют ***малый, большой*** и ***внутриматериковый*** влагооборот.

Малый влагооборот

- Наблюдается над океаном
- Здесь взаимодействуют атмосфера, гидросфера, в процессе участвует живое вещество.
- Благодаря испарению в атмосферу поступает водяной пар, образуются облака и осадки выпадают на океан.

Большой влагооборот

- Взаимодействуют атмосфера, литосфера, гидросфера и живое вещество.
- Испарение и транспирация с поверхности океана и с суши обеспечивают поступление водяного пара в атмосферу.
- Облака, попадая в потоки общей циркуляции атмосферы, переносятся на значительные расстояния и осадки могут выпасть в любой точке на поверхности Земли.

Внутриматериковый влагооборот

- Характерен для областей внутреннего стока.
- Основные звенья влагооборота в атмосфере: испарение, образование облаков, выпадение осадков.

Водный баланс Земли

- Глобальный влагооборот Земли находит свое выражение в **водном балансе** Земли.
- За год количество испарившейся на всей Земле воды равно выпавшим осадкам, в годовой влагооборот вовлечено 525,1 тыс. км³ воды.
- В течение года с каждого квадратного километра Земли в среднем испаряется 1030 мм воды (М.И.Львович, 1986).

Испарение

- Водяной пар поступает в атмосферу в результате испарения с поверхности суши и океана и транспирации растений.
- Испарение воды происходит при любой температуре, но с повышением температуры скорость испарения возрастает.
- Испарение и транспирация составляют ***суммарное испарение***.

- **Испарение** — процесс перехода воды из жидкого состояния в газообразное.
- Одновременно идет обратный процесс — водяной пар переходит в жидкость, испарение идет тогда, когда первый процесс преобладает.
- В процессе испарения молекулы воды преодолевают силы молекулярного притяжения и вылетают в воздух. Следствием этого является понижение температуры жидкости.
- Для испарения 1 г воды при температуре 0 °С требуется энергия в 2495 Дж, а 1 г льда — 2830 Дж.
- На Земле на испарение воды затрачивается огромное количество теплоты: $12 \cdot 10^{23}$ Дж/год, или 25 % всей солнечной энергии, достигающей поверхности Земли.

Интенсивность испарения

- определяется количеством воды в граммах, испаряющимся с 1 см^2 поверхности в 1 с.
- Скорость испарения увеличивается с **ростом температуры, дефицита влажности, скорости ветра** и с **уменьшением давления**.
- Зависимость испарения от комплекса метеорологических условий выражается *формулой Дальтона*

$$W = a (E - e) / p,$$

где W — скорость испарения, $\text{г}/(\text{см}^2 \cdot \text{с})$; a — коэффициент, зависящий от скорости ветра; $(E - e)$ — дефицит влажности*; p — давление.

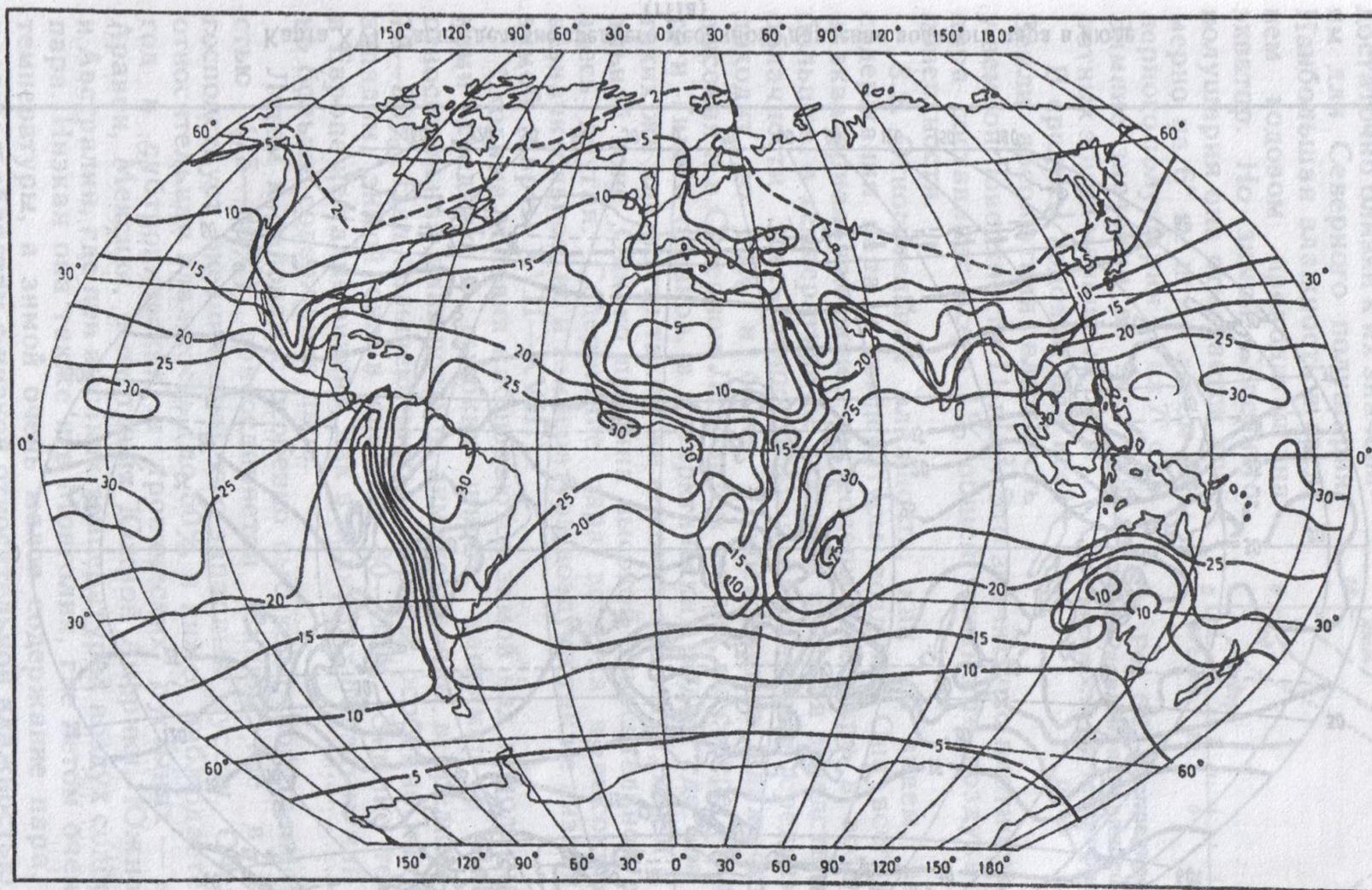
Дефицит влажности (D)

- — разность между максимальной влажностью и абсолютной, г/м^3 , или между упругостью насыщения и фактической упругостью водяного пара, гПа :

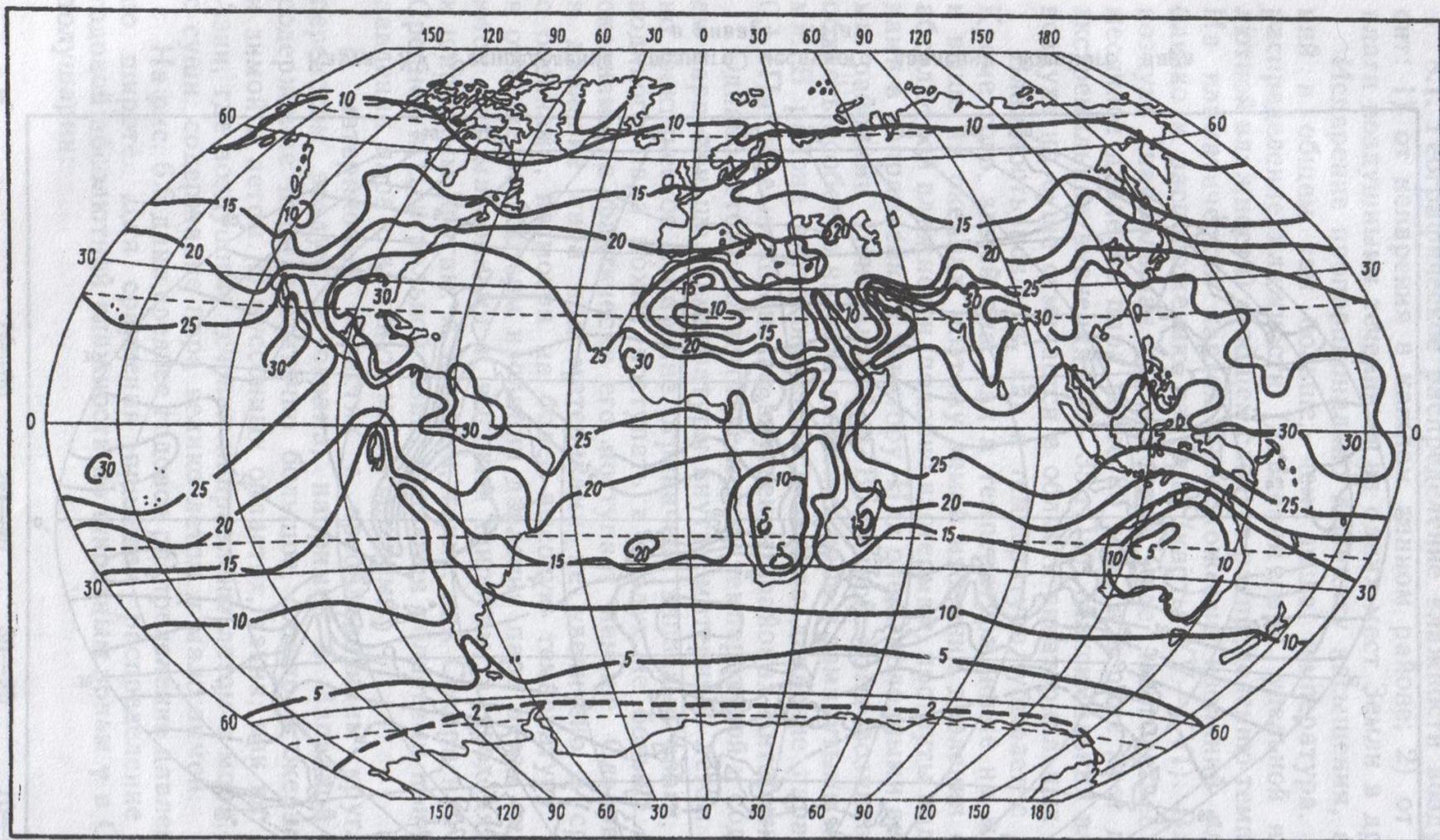
$$D = A - a, \quad D = E - e,$$

Влажность воздуха

- — **содержание водяного пара в воздухе**; влагосодержание — содержание воды в трех агрегатных состояниях.
- Влажность воздуха определяется следующими показателями:
- **Абсолютная влажность воздуха (a)** — реальное количество водяного пара в 1 м^3 воздуха, г/м^3 . В единицах давления ей соответствует фактическая упругость водяного пара (e), гПа . Значения a и e близки, при температуре $16,4 \text{ }^\circ\text{C}$ совпадают. С увеличением температуры абсолютная влажность увеличивается, так как теплый воздух может содержать больше водяных паров.
- **Максимальная влажность (A)** — предельное содержание водяных паров при данной температуре, г/м^3 . В единицах давления ей соответствует упругость насыщения (E), гПа . При увеличении температуры максимальная влажность как расчетная теоретическая растет быстрее, чем абсолютная влажность:
- **Относительная влажность** — отношение абсолютной влажности к максимальной, выраженное в процентах, или отношение фактической упругости водяного пара к упругости насыщения.



Карта XV. Распределение среднего месячного давления водяного пара в январе (гПа)



Карта XVI. Распределение среднего месячного давления водяного пара в июле (гПа)

Скорость испарения

- с поверхности морей и океанов немного меньше по сравнению со скоростью испарения с поверхности пресноводных водоемов, так как испарение идет не из чистой воды, а из раствора.
- Особой сложностью отличается испарение с суши. **Плотная почва** с тонкими капиллярами **испаряет больше** влаги, чем рыхлая. Следовательно, глинистые почвы испаряют больше влаги, чем песчаные. Почвы **темные теряют** влаги **больше**, чем светлые.

- На вершинах холмов, где скорость ветра больше, испарение идет быстрее.
- Растительный покров предохраняет почву от нагревания солнечными лучами, увеличивает влажность воздуха, что заметно снижает испарение.
- Однако сами растения испаряют много влаги. На кронах задерживается до 30 % осадков, которые затем испаряются. Корни растений подают влагу из почвы к листьям, обеспечивая большую транспирацию. Следовательно, **суммарное испарение с поверхности, покрытой растительностью, больше.**

- ***Суточный ход*** испарения параллелен суточному ходу температур. Наибольшее испарение наблюдается в середине дня, минимум — в ночные часы.
- ***В годовом ходе*** испарения максимум приходится на лето, минимум наблюдается зимой.

Величина испарения распределяется зонально по поверхности Земли

- **Максимальное** испарение наблюдается в тропических широтах над океанами — 3000 мм/год, на **суше** величина испарения в тропических пустынях резко **сокращается** до 100 мм/год.
- На экваторе на **суше и океане** величина испарения примерно **одинакова** — 1500 — 2000 мм/год.
- В лесной зоне умеренных широт испарение составляет 600 мм/год, в пустынях уменьшается до 100 мм/год.
- **Минимальное** испарение характерно для полярных широт — 100 мм/год

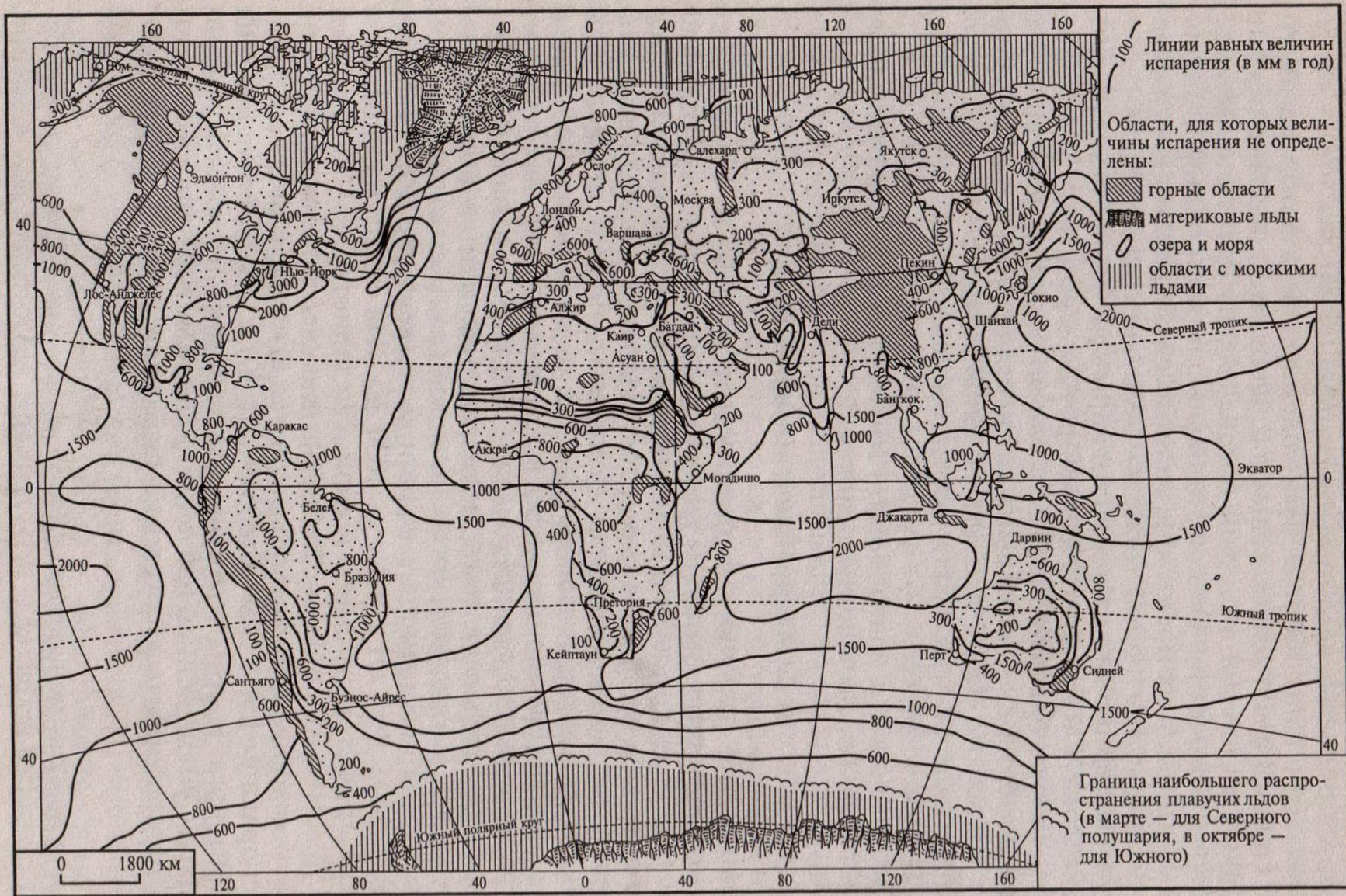


Рис. 6.1. Распределение величин испарения за год

Испаряемость

- — максимально возможное испарение при неограниченных запасах воды.
- Испарение и испаряемость совпадают над океанами, над сушей испарение всегда меньше испаряемости.

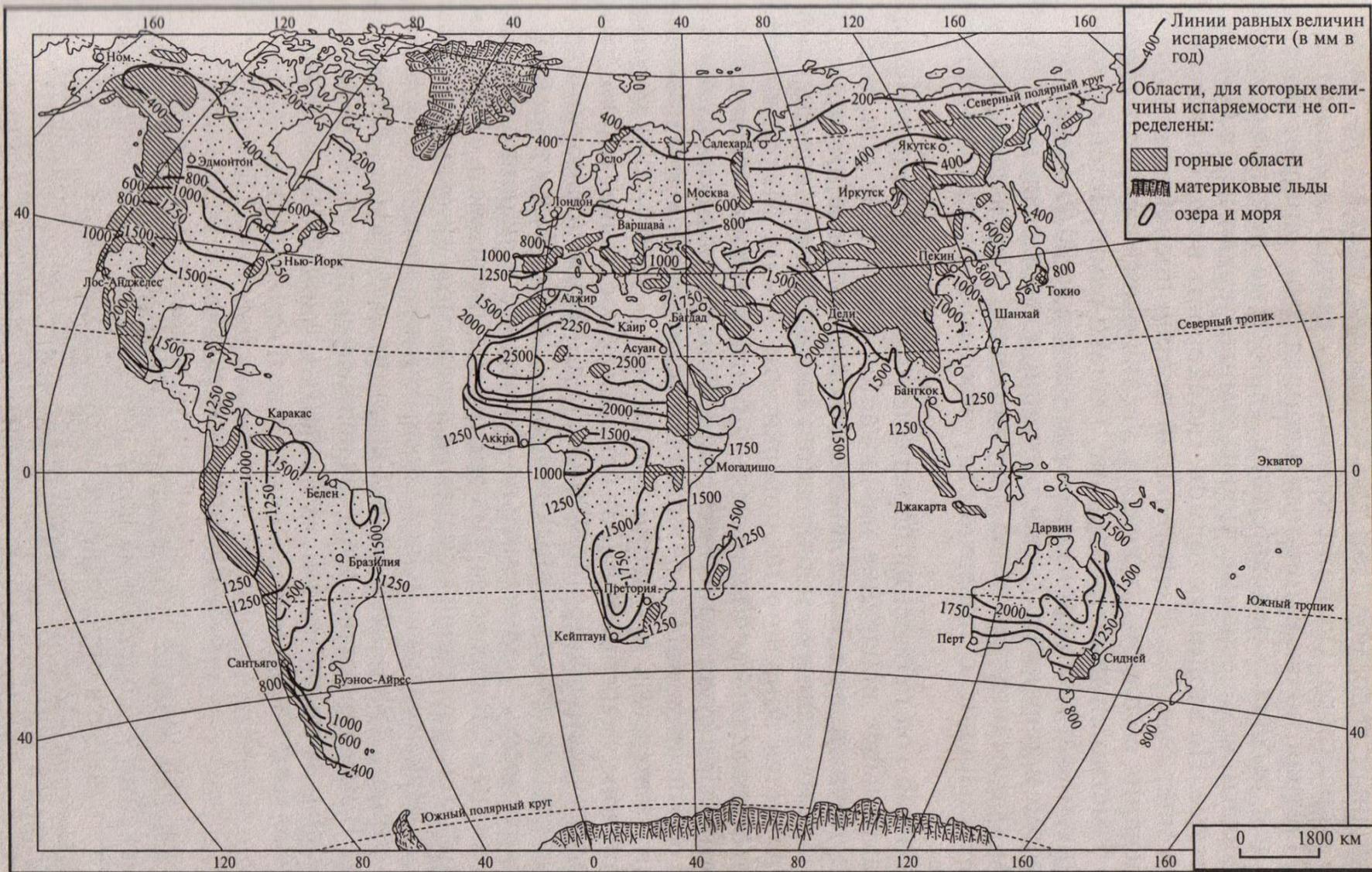


Рис. 6.2. Распределение величин испаряемости за год

- **Максимальная** испаряемость характерна для суши тропических широт: 2500 — 3000 мм в Северном полушарии, 2000 мм в Южном.
- В экваториальных широтах испаряемость равна 1500 мм/год,
- в умеренных широтах — 450 — 600 мм/год,
- в полярных широтах — менее 200 мм/год.

Точка росы

- — температура, при которой воздух становится насыщенным при данном содержании водяного пара и неизменном давлении.
- При достижении температуры точки росы в воздухе начинается конденсация водяных паров.

Суточные колебания абсолютной влажности

- В природных условиях наблюдается **два типа суточного хода** абсолютной влажности.
- **Первый тип** характерен для **океанов**: в этом типе максимум абсолютной влажности наблюдается в середине дня, минимум — перед восходом Солнца.
- **Второй тип** формируется **над сушей**. Здесь выделяется два максимума: в 9—10 ч и 20 — 21 ч. Первый максимум обусловлен быстрым испарением в связи с нагревом поверхности, второй — ослаблением конвекции при продолжающемся испарении.
- В середине дня абсолютная влажность понижается, так как в результате конвекции влажный воздух поднимается вверх, а на его место приходит более сухой. Общее понижение абсолютной влажности наблюдается ночью.

Суточные и годовые колебания относительной влажности

- В суточном ходе относительной влажности наблюдаются один максимум перед восходом Солнца и один минимум в 15—16 ч.

Годовой ход абсолютной и относительной влажности

- Годовой ход абсолютной и относительной влажности имеет ***простой режим***.
Максимум в годовом ходе абсолютной влажности приходится на **лето**, **минимум** – на **зимние месяцы**.

КОНДЕНСАЦИЯ В АТМОСФЕРЕ

- *Конденсация* — переход воды из газообразного в жидкое состояние.
- При конденсации в атмосфере образуются мельчайшие капли диаметром порядка нескольких микрометров.
- Более крупные капли образуются путем слияния мелких капель или в результате таяния ледяных кристаллов.

- Конденсация начинается, если воздух достигает насыщения, а это чаще всего происходит в атмосфере при понижении температуры.
- Водяной пар с понижением температуры до точки росы достигает состояния насыщения. При дальнейшем понижении температуры избыток водяного пара сверх того, что нужно для насыщения, переходит в жидкое состояние.

- Охлаждение воздуха чаще всего происходит адиабатически вследствие его расширения без отдачи тепла в окружающую среду. Такое расширение происходит преимущественно при подъеме воздуха.
- Известно, что пока воздух не насыщен, он охлаждается адиабатически на 1°C на каждые 100 м подъема. Таким образом, для воздуха, не очень далекого от насыщения, вполне достаточно подняться вверх на несколько сотен метров, в крайнем случае на одну-две тысячи метров, чтобы в нем началась конденсация.

Механизмы подъема воздуха

- В турбулентных движениях воздух поднимается в виде неупорядоченных вихрей.
- Подъем больших количеств воздуха происходит на атмосферных фронтах, в результате чего возникают облачные системы, покрывающие площади в сотни тысяч квадратных километров.
- Подъем воздуха происходит также в гребнях атмосферных волн, вследствие чего также могут возникать облака на тех высотах, где существует волновое движение.
- В зависимости от **механизма подъема** воздуха образуются и различные **формы облаков**.

Образование туманов

- При формировании туманов главной причиной охлаждения воздуха является уже не адиабатический подъем, а отдача тепла из воздуха земной поверхности.

Сублимация

- **Сублимация** — образование кристаллов, переход водяного пара в твердое состояние.
- Этот процесс происходит при очень низких температурах — ниже -40°C .
- Твердые осадки, выпадающие из облаков, обычно имеют хорошо выраженное кристаллическое строение; всем известны сложные формы снежинок — шестилучевые звездочки с многочисленными разветвлениями.
- Кристаллы возникают и на земной поверхности при отрицательных температурах (иней, изморозь и др.).