



А. П. ГАЛЬЦОВ

# ЩЕПЛО «ВЛАГА в природе



ИЗДАТЕЛЬСТВО

**ЗНАНИЕ**

ГЕОЛОГИЯ И ГЕОГРАФИЯ

1961

СЕРИЯ XII

13

ВСЕСОЮЗНОЕ ОБЩЕСТВО  
ПО РАСПРОСТРАНЕНИЮ ПОЛИТИЧЕСКИХ И НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ

---

Доктор географических наук  
А. П. ГАЛЬЦОВ

# ТЕПЛО И ВЛАГА В ПРИРОДЕ

Москва

1961

---

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»

Тепловой и водный режим земной поверхности играет большую роль в природных процессах, определяя весь облик окружающей нас природы. Изучение его должно составить научную основу для рационального использования и охраны природных ресурсов и для преобразования природы. Обо всех этих вопросах рассказывается в этой брошюре.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение. . . . .	3
Круговорот энергии на земном шаре . . . . .	4
Солнце — источник жизни на Земле . . . . .	4
Природа солнечного света . . . . .	4
Солнечное освещение земной поверхности . . . . .	5
Радиационный баланс земной поверхности . . . . .	10
Тепловой баланс земной поверхности . . . . .	13
Круговорот воды в природе . . . . .	17
Испарение влаги с океанов . . . . .	17
Образование и выпадение осадков . . . . .	19
Вода на суше. Водный баланс . . . . .	22
Перераспределение влаги на поверхности суши. Вод- ный баланс почвы . . . . .	25
Зоны природы . . . . .	26
Тепло, влага и растения . . . . .	26
Тепло, влага и почва . . . . .	30
Единство природы . . . . .	31
Природные зоны тропического пояса . . . . .	31
Природные зоны внетропического пояса . . . . .	34
Заключение . . . . .	36

Автор  
Александр Петрович Гальцов

Редактор Н. П. Смирнова  
Техн. редактор Л. Е. Атрощенко  
Корректор Э. А. Шехтман  
Обложка художника А. Г. Ординарцева

Сдано в набор 26/VI 1961 г. Подписано к печати 7/VII 1961 г. Изд. № 174.  
Формат бум. 60×92<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бум. л. 1,25. Печ. л. 2,5. Уч.-изд. л. 2,37.  
А 01333. Цена 8 коп. Тираж 17 000. Заказ 1946.

Типография изд-ва «Знание», Москва, Центр, Новая пл., д 3/4.

---

---

## ВВЕДЕНИЕ

**В** огромном разнообразии природных условий на пространствах земного шара уже давно была подмечена одна характерная черта: природа всегда сохраняет удивительное внутреннее единство. Если меняется какое-нибудь одно природное звено, например растительность, то меняются и другие звенья — климат, почвы, воды (реки, озера, болота). И наоборот, при сходстве каких-то элементов природы в самых отдаленных друг от друга частях земного шара мы обязательно найдем сходство и в других элементах. Наши степи и северо-американские прерии на черноземных почвах, приполярные заболоченные тундры, влажные экваториальные леса на красноземных почвах, безводные пустыни и другие природные комплексы закономерно повторяются на разных материках.

Конечно, можно согласиться с тем, что подмеченная особенность природных явлений действительно любопытна, но какое она может иметь практическое значение? Ведь от первоначальных природных условий в наиболее населенных областях мира уже почти ничего не осталось, все изменено и преобразовано человеком. Где те украинские степи, о которых писал Гоголь в «Тарасе Бульбе»? Они уже давно все распаханы!

Поучительность закономерного единства природы заключается в том, что оно отражает тесную внутреннюю связь между совсем различными и внешне даже несопоставимыми элементами природы, например почвами и режимом рек. Эта связь говорит нам, что вторжение в царство природы, нарушение какого-либо одного ее звена может привести к цепи совершенно неожиданных, а иногда катастрофических изменений других природных звеньев.

В наше время человек все глубже и глубже вторгается в царство природы, все больше подчиняет его себе. Возникают новые, все более мощные технические средства для воздей-

вия на природу, для ее преобразования на пользу человека. Но одновременно возрастает и опасность тех ошибок, которые могут быть допущены в применении этих средств. Чтобы правильно охранять богатства природы, чтобы извлекать из них наибольшую пользу, чтобы преобразовывать и улучшать природу, нужно знать, в чем суть этих связей между разнообразными явлениями, что лежит в их основе.

В этой книжке рассказывается о существовании важнейшей проблемы современной географической науки — проблемы теплового и водного режима земной поверхности как основы единства природного комплекса и главного рычага рационального использования и преобразования природы.

## **КРУГОВОРОТ ЭНЕРГИИ НА ЗЕМНОМ ШАРЕ**

**Солнце — источник жизни на Земле.** Вся жизнь на земном шаре существует только за счет энергии, получаемой от Солнца. Солнечное нагревание обеспечивает такую температуру, при которой жизнь становится возможной. Только за счет поглощения энергии солнечных лучей растения превращают неорганические вещества в органические растительные ткани. Эта растительная масса служит пищей животным. Поглощенная растениями солнечная энергия испытывает новые превращения — за счет этой энергии животные двигаются, живут, размножаются, их тело сохраняет постоянную высокую температуру. Человек поддерживает свою жизненную энергию тоже за счет энергии солнечных лучей, содержащейся в его растительной и животной пище.

Почти все виды используемых человеком машин также работают на энергии солнца. Когда в топке парового котла горят дрова, то паровая машина использует накопленную деревьями энергию солнца. Каменный уголь и нефть — это переработанные временем ископаемые остатки доисторической растительности; следовательно, тепловозы и автомашины движутся за счет использования ископаемых складов солнечной энергии.

Если вода, вращая гидротурбину и генератор, дает электрический ток, то это тоже один из видов превращения солнечной энергии. Ведь именно солнечное нагревание испарило воду с океана, подняло ее вверх и перенесло в виде водяного пара и облаков на сушу, где эта вода вылилась дождем и потекла в реках обратно к океану под влиянием силы тяжести.

**Природа солнечного света.** Каждое тело излучает энергию в виде электромагнитных волн различной длины. К числу наиболее длинных электромагнитных волн относятся известные всем волны радиосвязи (длиной от десятых долей до нескольких тысяч метров), к числу наиболее коротких — волны рентгеновских лучей. Волны солнечного излучения имеют промежуточную длину — от десятых долей до нескольких целых

микрон (тысячных долей миллиметра). Чем выше температура излучающего тела, тем больше энергии оно излучает и тем короче волны его излучения. Температура раскаленной добела поверхности Солнца достигает  $6000^{\circ}$ , и немного менее половины общей энергии его излучения передается волнами видимого света всех цветов, от самых коротких — фиолетового цвета до самых длинных — красного.

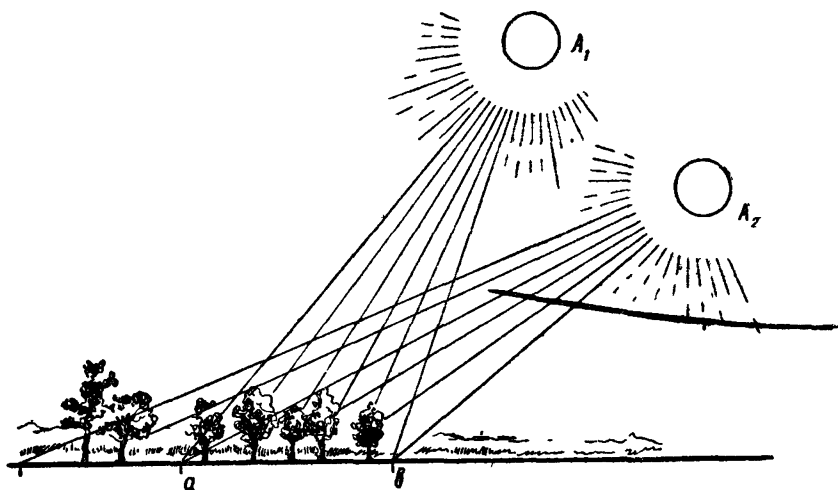


Рис. 1. Нагревание земной поверхности солнечными лучами.

Невидимые ультрафиолетовые лучи имеют еще более короткие волны, чем фиолетовые; они приносят к земной поверхности всего около одного процента солнечной энергии, но имеют исключительное значение для всего живого. Энергия ультрафиолетовых лучей поглощается растениями в процессе усвоения углекислоты из воздуха, они убивают вредные бактерии, создают загар на коже человека.

Невидимые длинноволновые инфракрасные лучи приносят больше половины солнечной энергии.

Атмосфера — воздушная оболочка Земли, почти полностью прозрачна для солнечных лучей: она пропускает до земной поверхности три четверти энергии этих лучей. Только одна четверть не доходит до Земли, отражаясь от верхней поверхности облаков, рассеиваясь и поглощаясь воздухом.

**Солнечное освещение земной поверхности.** Когда солнце находится на самом горизонте, то его лучи скользят по земной поверхности, не освещая и не нагревая ее. С подъемом солнца один и тот же участок земной поверхности начинает получать все больше солнечных лучей; в случае  $A_1$  участок  $ab$  получает шесть лучей (так на рисунке 1 условно обозначен поток солнечных лучей), а в случае  $A_2$  — только четы-

ре луча из шести. Поэтому с восходом солнца приток энергии к каждому участку земной поверхности возрастает. В полдень, когда солнце стоит наиболее высоко, этот приток особенно велик, затем начинает ослабевать и после захода солнца полностью прекращается. Этому суточному ритму освещения и нагревания подчинена жизнь растений, животных, человека и многие другие природные явления.

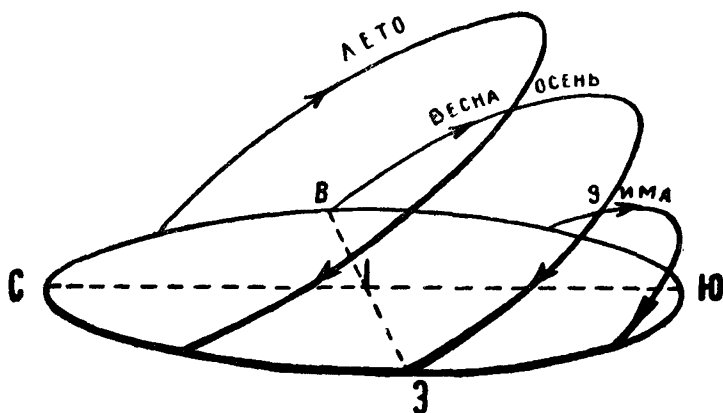


Рис. 2 Путь солнца по небосводу в средних широтах в разные сезоны.

Продолжительность дня и путь солнца по небосводу меняется в течение года. Это и является причиной смены сезонов. Зимой день короток и солнце не поднимается высоко над горизонтом даже в полдень; в результате земная поверхность получает за день гораздо меньше солнечной энергии, чем летом, когда день велик и солнце описывает высокую дугу над горизонтом (рис. 2). Сезонный ритм солнечного нагревания земной поверхности не менее важен для всей природы, чем суточный ритм.

На разных географических широтах и суточный, и сезонный ритмы имеют совсем различный характер. Смена сезонов в северном и южном полушариях прямо противоположна; когда у нас зима, в южном полушарии царит лето, и наоборот, во время нашего лета там зима. Только два раза в году наступает равноденствие, когда на всем земном шаре день равен ночи — и день, и ночь продолжаются точно по 12 часов. Это бывает два раза в году — в дни равноденствия: 21 марта — весеннее равноденствие северного полушария и осеннее — южного, и 23 сентября — осеннее равноденствие северного полушария и весеннее южного. В эти дни на экваторе солнце в полдень стоит прямо над головой. На обоих полюсах солнце в течение суток движется вдоль горизонта, не поднимаясь над ним, и его лучи скользят по земной поверхности. На всех широтах

между экватором и полюсом солнце описывает различные дуги по небосводу. Угол наибольшего подъема солнца в полдень на каждой широте определить очень легко, так как сумма этого угла и географической широты местности равны  $90^\circ$ . Так, на экваторе (широта  $0^\circ$ ) солнце в полдень поднимается до  $90^\circ$ , на полюсе ( $90^\circ$ ) — до  $0^\circ$ , на широте  $60^\circ$  — до  $30^\circ$ , а на широте  $30^\circ$  — до  $60^\circ$ .

В зависимости от высоты подъема солнца над горизонтом местности, близкие к экватору, в день равноденствия получают гораздо больше тепла, чем местности, более удаленные от него. На полюсах в этот день горизонтальная земная поверхность вообще не получает тепла от прямых солнечных лучей.

Но равенство дня и ночи наблюдается только два дня в году — в остальное время дни или длиннее ночей, или короче их. Если бы воображаемая линия, проходящая через полюсы и называемая земной осью, была направлена строго перпендикулярно к плоскости орбиты, по которой Земля обращается вокруг Солнца, то равноденствие продолжалось бы круглый год, и никакой смены сезонов не наблюдалось бы. Но земная ось наклонена к плоскости орбиты под углом  $66,5^\circ$  (рис. 3), и поэтому при движении вдоль орбиты земной шар оказывается повернутым навстречу солнечным лучам то северным полушарием (с 21 марта по 23 сентября), то южным (с 23 сентября до 21 марта).

22 июня называется днем летнего солнцестояния северного полушария или зимнего солнцестояния — южного. В этот день северное полушарие наиболее сильно освещено солнцем и вся полярная область за полярным кругом ( $66,5^\circ$  с. ш.) оказывается круглые сутки в свете солнечных лучей — здесь царит полярный день. На самом северном полюсе солнце над горизонтом на постоянной высоте  $23,5^\circ$ . Южнее полярного круга солнце скрывается ночью за северную часть горизонта; с уменьшением широты длина ночи возрастает, точка восхода солнца перемещается к востоку, а захода — к западу, и одновременно увеличивается полуденная высота солнца. На северном тропике ( $23,5^\circ$  с. ш.) в полдень солнце стоит прямо над головой ( $90^\circ$ ), но ночь еще короче дня. К экватору полуденная высота солнца убывает до  $66,5^\circ$ , но ночь, как и весь год, равна дню. В южном полушарии день короче ночи, за южным полярным кругом солнце не показывается из-за горизонта, и в южной полярной области царит полярная ночь.

22 июня все местности северного полушария к северу от тропика получают самое большое за год количество солнечного тепла. Южное полушарие, наоборот, получает в этот день наименьшее количество тепла.

22 декабря, в день зимнего солнцестояния для северного полушария и летнего — для южного, мы наблюдаем обратную картину: наиболее освещенным оказывается южное полу-



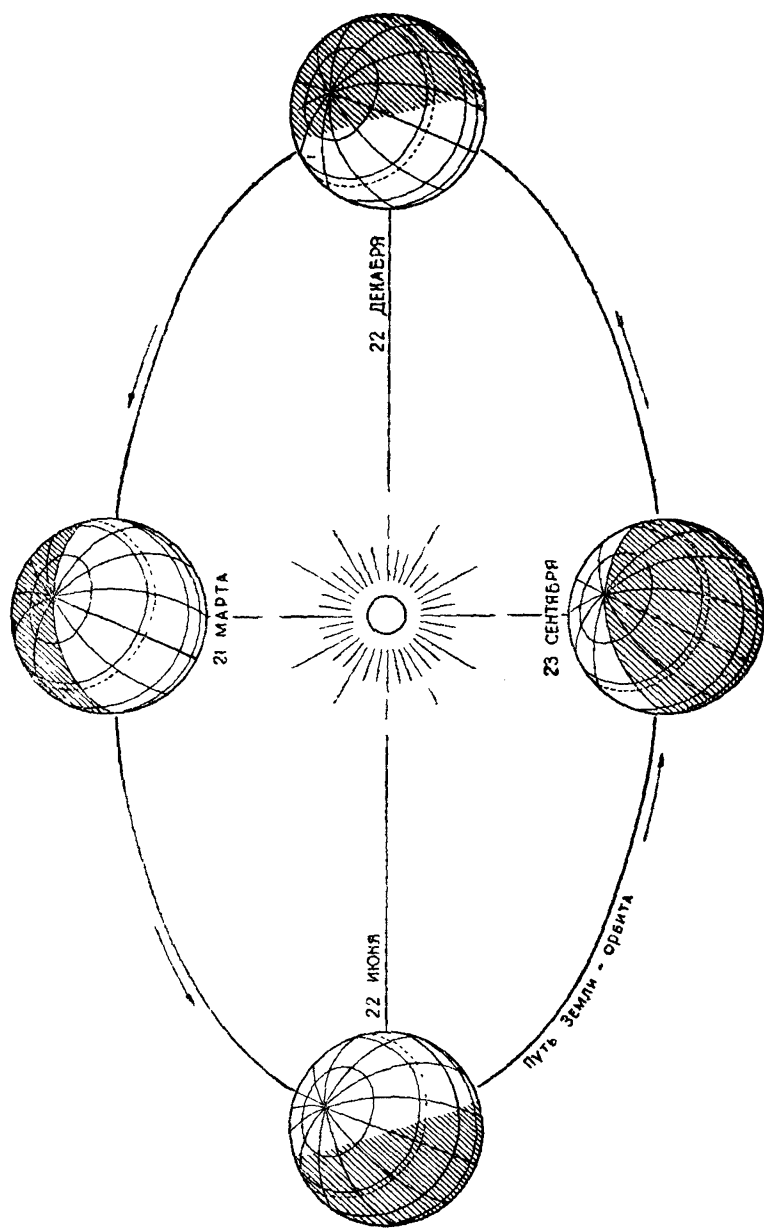


Рис. 3. Освещение Земли Солнцем в разные сезоны.

шарие и наиболее затененным — северное. В этот день полуденная высота солнца достигает  $90^\circ$  на южном тропике ( $23,5^\circ$  ю. ш.).

Следовательно, на экваторе солнце в полдень оказывается в зените только два раза в году — в дни равноденствия, но в остальные дни года поднимается не ниже чем до  $66,5^\circ$ . На северном и южном тропиках оно один раз в год в полдень достигает зенита и даже зимой имеет сравнительно большую полуденную высоту.

Зимой в каждом полушарии количество получаемого солнечного тепла убывает от экватора к полюсу наиболее быстро, так как в этом направлении уменьшается как полуденная высота солнца, так и продолжительность дня. Начиная с полярного круга от нескольких дней до нескольких месяцев царит полярная ночь.

Летом продолжительность дня, наоборот, возрастает к полюсам, а за полярным кругом солнце вообще не заходит в течение периода от нескольких дней до нескольких месяцев. От экватора до тропика полуденная высота солнца возрастает и хотя дальше к полюсу высота убывает, но не всегда это приводит к уменьшению количества тепла. В день летнего солнцестояния количество получаемого тепла даже возрастает от тропика к полюсу. В целом за все лето до полюса доходит 93% тепла, получаемого экватором, до широты  $50^\circ$  — такое же количество, как и до экватора, а широта  $20^\circ$  получает даже больше тепла, чем экватор.

Несмотря на такое довольно равномерное летнее распределение солнечной энергии по широтам, годовое количество тепла быстро уменьшается от тропиков к полюсам: ведь за полярным кругом летний полярный день не может возместить полное отсутствие притока тепла зимой во время полярной ночи. Это неравномерное распределение солнечного тепла по широтам служит основной причиной, порождающей воздушные и океанические течения, изменения погоды и разнообразие климатов земного шара.

Но приток солнечного тепла к земной поверхности может быть неодинаковым не только на разных широтах, но и на разных склонах одного и того же холма. Например, если полуденная высота солнца равна  $30^\circ$  и под этим углом его лучи падают на равнину, то на южный склон холма с уклоном в  $5^\circ$  они падают под углом  $35^\circ$ , а на северный склон такой же крутизны — под углом всего  $25^\circ$ . Южный склон получает в полдень столько же солнечного тепла, сколько равнина, расположенная на  $5^\circ$  южнее или примерно на 550 км ближе к экватору, наоборот, северный склон оказывается в полдень как бы перенесенным на  $5^\circ$  широты ближе к полюсу. С давних времен это было хорошо известно землевладельцам, использовавшим южные склоны холмов под наиболее теплолюбивые культуры.

**Радиационный баланс земной поверхности.** Рассмотрим, что происходит с той солнечной энергией, которая достигает земной поверхности. Эта энергия приходит не только с прямыми солнечными лучами: если небо закрыто облаками, то солнечные лучи частично отражаются от верхней поверхности облаков обратно в мировое пространство, частично поглощаются облаками, частично же проникают к Земле в виде рассеянного света, идущего из всех частей небосвода.

Вся энергия прямых и рассеянных солнечных лучей, поступающая на земную поверхность, испытывает различные виды превращений.

Некоторая часть лучей отражается от земной поверхности. Как известно из физики, разные поверхности отражают свет различно. Например, от поверхности зеркала отражается очень большая доля падающих на него световых лучей, причем зеркало не меняет состава лучей и отбрасывает их в одном определенном направлении. Всем нам приходилось наблюдать, что примерно таким же образом отражаются косые лучи солнца от гладкой поверхности воды. Однако при высоком положении солнца дело обстоит иначе: отвесные или почти отвесные лучи проникают глубоко в воду и уже не возвращаются оттуда, вода нам кажется темной.

Более шероховатые поверхности отражают свет иначе, чем зеркало и вода, рассеивая свет во всех направлениях. Наиболее сильно отражает лучи всех цветов белая поверхность, наиболее интенсивно поглощает их черная. Цветные поверхности отражают лучи своего цвета, поглощая остальные.

По-разному отражают свет также различные участки земной поверхности. Наиболее резко проявляется это различие между участками, покрытыми и непокрытыми снегом. Свежевыпавший снег отражает 80—90% всего падающего на него солнечного света, в то время как отражающая способность всех других поверхностей (лес, трава, открытая почва, водная поверхность и др.) колеблется от 6 до 30%. Выпадение снега и установление снежного покрова зависит от тепловых условий и, следовательно, само по себе находится в очень сложной зависимости от притока солнечного тепла. Однако, как только осенью снег покрывает землю, он начинает оказывать сильное влияние на дальнейшее охлаждение воздуха. Легко можно себе представить, какое громадное количество тепла отражается зимой от заснеженных просторов умеренных широт и во время полярного дня от покрытых снегом льдов Арктики и Антарктиды. Недаром возникло так много проектов искусственного изменения климата путем растопления плавучих льдов Арктики.

Оставшаяся (неотраженная) часть солнечных лучей поглощается земной (или водной) поверхностью, и их лучистая энергия превращается в тепловую, нагревая верхние слои почвы или воды; подобный процесс мы непосредственно ощущаем на

нашей коже, когда греемся на солнце. Однако на этом преобразование лучистой энергии не заканчивается.

Земная поверхность, как и всякое другое тело, излучает энергию в соответствии со своей температурой. Нагревание Земли солнечными лучами приводит к усилению ее собственного излучения и часть полученного тепла тратится на это излучение. Длина волн земного излучения гораздо больше, чем длина волн излучения раскаленного добела солнца, а для инфракрасных лучей атмосфера оказывается непрозрачной — она их поглощает. Поглощая земное излучение, атмосфера нагревается и усиливает собственное длинноволновое излучение, направленное как вниз к земле, так и вверх в мировое пространство. Таким образом атмосфера возвращает часть тепла, полученного от земной поверхности, и служит как бы одеялом, предохраняющим землю от слишком быстрого охлаждения.

В результате всех этих поглощений, излучений и передач лучистой энергии на долю земной поверхности остается небольшое количество энергии, которое называется остаточной радиацией (радиация — излучение) или радиационным балансом.

Радиационный баланс, как и баланс в бухгалтерии, складывается из нескольких статей прихода и расхода. Они нам теперь уже известны и мы их можем перечислить. Статей прихода три: 1) приток прямых солнечных лучей; 2) приток солнечных лучей, рассеянных воздухом и облаками; 3) встречное излучение атмосферы в сторону земной поверхности. Статей расхода две: 1) отражение солнечных лучей от земной поверхности и 2) собственное излучение земной поверхности (рис. 4).

Если сумма всех статей прихода больше статей расхода, то радиационный баланс земной поверхности положителен. Это значит, что земная поверхность получает тепло и нагревается. Если же статьи прихода в сумме меньше статей расхода, то земная поверхность отдает накопленное тепло и охлаждается.

Ночью на всех широтах и во все сезоны радиационный баланс отрицательный: ведь отсутствует основная его приходная статья — приток солнечных лучей. Днем до полудня радиационный баланс обычно положительный: в это время земная поверхность, охлажденная за ночь, излучает еще сравнительно мало тепла, а приток солнечной энергии с увеличением высоты солнца непрерывно усиливается. Однако зимой в высоких широтах даже в это время дня радиационный баланс может быть отрицательным. После полудня высота солнца уменьшается, и приток тепла сокращается быстрее, чем излучение нагретой земной поверхности: поэтому радиационный баланс отрицательный.

Если подсчитать радиационный баланс за сутки, то результат может быть как положительным, так и отрицательным.

Иногда накопление тепла за первую половину дня может быть больше его расхода за остальную часть суток, суточный баланс положительный и тогда либо происходит накопление тепла в поверхностных слоях земли или воды, либо это тепло тратится

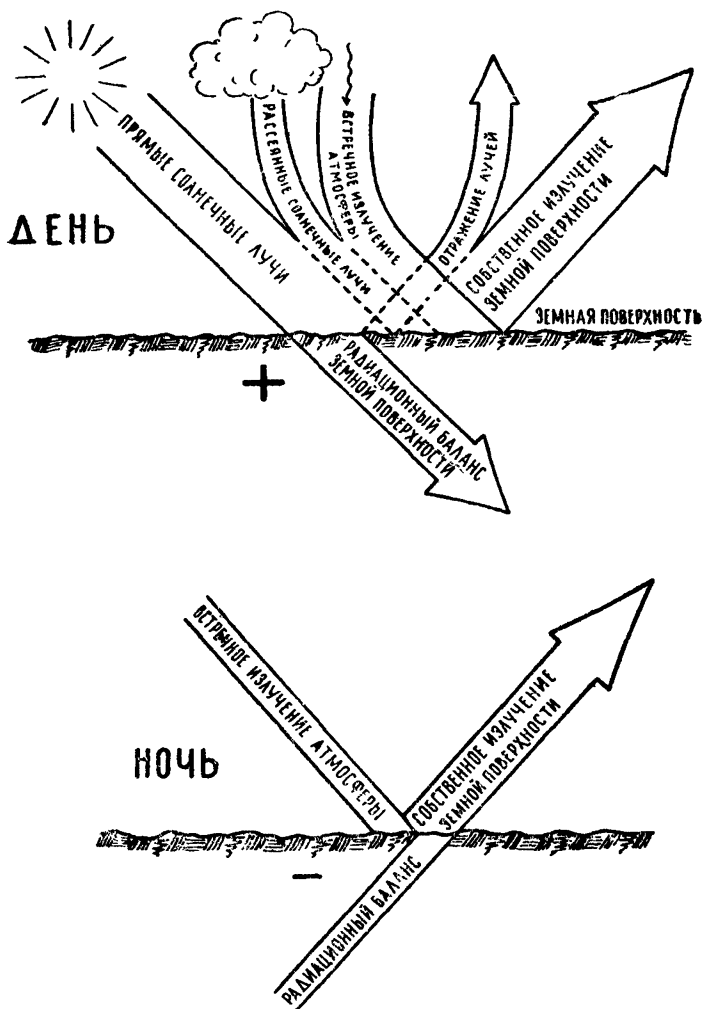


Рис. 4. Радиационный баланс земной поверхности.

на какие-нибудь другие природные процессы (испарение влаги, нагревание воздуха). В другом случае, когда расход за сутки больше прихода и баланс отрицательный, происходит непрерывное охлаждение поверхностных слоев почвы или воды, если убыль тепла не пополняется за счет других процессов.

Во всех географических широтах приблизительно выше 35—40° в середине лета суточный радиационный баланс положительный, в середине зимы — отрицательный, причем продолжительность периода с отрицательным радиационным балансом возрастает к полюсам. В более низких широтах весь год приток тепла за сутки превосходит его расход на излучение.

В целом за год во всех областях земного шара (за исключением высокогорных) радиационный баланс земной поверхности положительный. Но, несмотря на это, температура земли из года в год остается приблизительно постоянной. Это значит, что образующийся излишек тепла непрерывно на что-то расходуется. Здесь мы уже сталкиваемся с понятием теплового баланса земной поверхности.

**Тепловой баланс земной поверхности.** Радиационный баланс или, точнее, остаточная радиация представляет основную статью прихода теплового баланса. Статьями же расхода является использование тепла на поддержание процессов, имеющих важнейшее значение для основных природных явлений на поверхности земного шара.

Какие же это процессы?

В первую очередь нужно указать на то, что часть тепла, получаемого поверхностными слоями почвы или воды, распространяется в глубину и, следовательно, расходуется на нагревание более глубоких слоев. Однако не совсем точно будет называть эту статью теплового баланса расходом. Например, если мы подсчитаем баланс за дневные часы, то это чистый расход: тепло уходит куда-то вглубь. Но ночью при охлаждении земной поверхности это тепло вновь поступает снизу и оказывается статьей прихода. В целом за сутки теплообмен с нижними слоями дает обычно небольшое накопление или небольшую убыль тепла в поверхностных слоях почвы или воды по сравнению с большими потоками энергии, приходящими к земной поверхности и уходящими от нее. За лето может накопиться уже существенный запас тепла, а за зиму образоваться значительный его недостаток.

Различные физические свойства нагреваемого или охлаждаемого слоя могут создать очень большую разницу в температуре между разными участками земной поверхности, особенно между сушей и водой. Вода, как известно, обладает очень большой теплоемкостью, и, чтобы нагреть ее на 1°, нужно затратить приблизительно вдвое больше тепла, чем на нагревание одинакового объема какой-либо почвы. Значит, уже только за счет этой разницы в теплоемкости при одном и том же радиационном балансе суша должна нагреваться или охлаждаться вдвое быстрее, чем водная поверхность.

Но разница не только в теплоемкости. Почва обладает сравнительно малой теплопроводностью, тепло проникает в нее

медленно, отчего самые поверхностные слои сильно перегреваются, в то время как в глубине почва еще долго остается холодной. Вода нагревается солнечными лучами совсем иначе. Солнечные лучи пронизывают воду на значительную глубину и поглощаются не только поверхностью, но и сразу всем толстым водным слоем. Кроме того, частицы воды находятся в движении, постоянно перемешиваются, и поэтому тепло распространяется на еще большую глубину.

Получаемое от солнца тепло, распределенное на большую толщину воды, к тому же обладающей большой теплоемкостью, сможет повысить ее температуру только на очень немногие градусы. Зато при отрицательном радиационном балансе охлаждение водной поверхности происходит медленно: к ней все время поступает из глубин накопленное тепло.

На суше и нагревание и охлаждение захватывают только тонкий слой почвы, к тому же обладающей малой теплоемкостью, и поэтому температура ее поверхности колеблется гораздо резче. Мы можем непосредственно наблюдать, как поверхность песчаного пляжа нагревается в полдень до температуры  $40\text{--}50^\circ$ , а ночью охлаждается до  $10^\circ$  и ниже. Температура же воды вблизи берегов колеблется за сутки в пределах всего лишь нескольких градусов, а в открытом океане — всего на десятые доли градуса. Поэтому вода днем оказывается холоднее, а вечером и ночью гораздо теплее, чем суша.

Между разными участками суши также могут возникнуть контрасты температуры из-за неодинаковых теплоемкости и теплопроводности верхнего слоя, но эти различия гораздо менее резки, чем между водой и сушей.

Соприкасающиеся с поверхностью суши или воды частицы воздуха или нагреваются или охлаждаются, в зависимости от того, что теплее — воздух или эта поверхность. Воздух обладает очень малой теплопроводностью, поэтому двойные рамы на окнах с прослойкой воздуха между ними хорошо предохраняют наши квартиры от потерь тепла зимой. На это относится только к неподвижному воздуху; в атмосфере же, где воздух находится в движении, непрерывно образуются мелкие вихри. Не успели одни частицы воздуха принять температуру поверхности земли, как они уже уносятся одним из таких вихрей, смешиваются с воздухом в более высоком слое и отдают ему полученное тепло. Мы называем эти мелкие завихрения турбулентностью атмосферы, а возникающий под их влиянием перенос тепла из одних слоев атмосферы в другие — турбулентным теплообменом.

Обычно в тех случаях, когда радиационный баланс земной поверхности положительный, т. е. образуется излишек тепла, земная поверхность теплее воздуха и турбулентная передача тепла происходит вверх — от земной поверхности в атмосферу. При отрицательном радиационном балансе поток тепла на-

правлен вниз и пополняет убыль тепла в верхних слоях почвы или воды.

Турбулентный поток тепла снизу вверх в общем больше, чем обратный поток тепла из атмосферы; этого можно было ожидать исходя из того, что именно земная поверхность получает основную долю солнечного тепла. Вместе с тем в течение суток на всех широтах больше часов с отрицательным, чем с положительным радиационным балансом, а зимой в умеренных и тем более в полярных широтах баланс отрицательный в течение круглых суток и все это время поток тепла направлен вниз. Значит, в те короткие периоды, когда земная поверхность теплее воздуха и турбулентный поток направлен вверх, этот поток должен быть значительно сильнее, чем наблюдающийся более часто, но более слабый нисходящий поток. Это и понятно: когда земная поверхность теплее атмосферы, то и нижние слои воздуха оказываются теплее, легче верхних и легко всплывают вверх, как пробка в воде. Наоборот, при охлаждающем действии земной поверхности возникающим завихрениям гораздо труднее поднять воздушные частицы из нижних холодных и более плотных слоев в верхние, более теплые — частицы эти будут «тонуть».

Каждый испытывал на себе охлаждающее действие испарения влаги с поверхности после купания. Мы ощущаем охлаждение потому, что на испарение затрачивается большое количество тепла, отнимаемого у нашего тела. Для испарения какого-либо количества воды нужно в 6 раз больше тепла, чем для нагревания этой воды от 0 до 100°.

Такое же охлаждающее действие оказывает испарение с поверхности воды, с увлажненной почвы, с листьев растений. Поэтому на испарение влаги затрачивается значительная доля получаемого земной поверхностью тепла.

Испарение — один из важнейших процессов в развитии растительности и в общем круговороте влаги в природе. Мы еще вернемся к этому процессу, рассмотрим его сущность и те условия, от которых зависит его усиление или ослабление. Здесь мы только отметим, что испарение требует затраты энергии и может происходить либо за счет притока тепла к земной поверхности, либо за счет охлаждения этой поверхности.

Воды океанов находятся в непрерывном движении, и огромные их массы переносятся морскими течениями из одних областей земного шара в другие. Эти течения несут с собой или полученные в низких широтах излишки солнечного тепла, или недостаток тепла, порожденный его усиленным расходом в полярных широтах. Поэтому, когда мы хотим выяснить все источники поступления тепла или пути его расходования на поверхности океана, мы должны учитывать также приток тепла или холода с морскими течениями.

Согласно одному из основных законов физики — закону



сохранения энергии, вся энергия, полученная земной поверхностью в виде ее положительного радиационного баланса в результате отражения, поглощения и излучения лучистой энергии, должна распределяться без остатка между тремя статья-

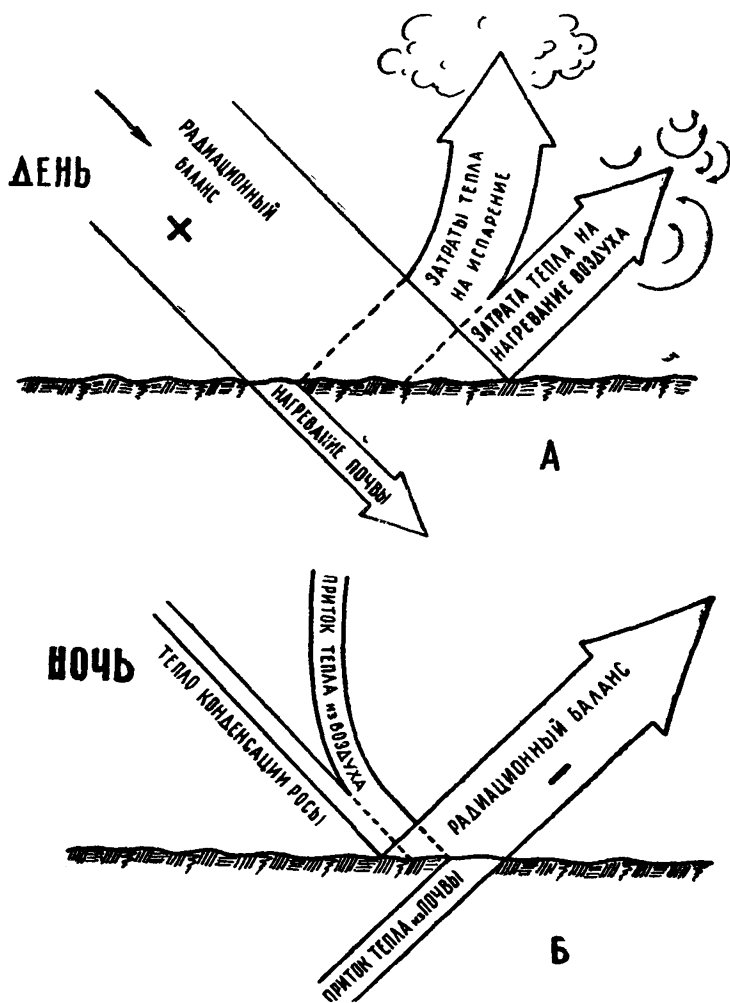


Рис. 5 Тепловой баланс земной поверхности.

ми расхода: 1) на нагревание почвы или воды, 2) на испарение влаги и 3) на турбулентный теплообмен и нагревание воздуха (рис. 5,а).

При отрицательном радиационном балансе энергия, очевидно, должна притекать к земной поверхности, чтобы пополнить убыль тепла, и мы имеем сходные три статьи прихода: 1) при-

ток тепла из более глубоких слоев почвы или воды, 2) приток тепла (очень небольшой) от конденсации влаги на земной поверхности (образование росы) и 3) приток тепла из воздуха за счет турбулентного теплообмена (рис. 5, б).

На океанах к этим трем статьям расхода или прихода тепла мы должны добавить еще одну — расход тепла на нагревание холодных течений или приток тепла с теплым течением.

При одном и том же радиационном балансе любое изменение каждой из трех статей расхода должно вызвать изменение других. Если увеличивается испарение, то должно соответственно уменьшиться нагревание воздуха и так далее; ведь сумма всех их должна в этом случае оставаться одинаковой. Поэтому понятно, что расход тепла на испарение имеет своим пределом радиационный баланс — больше этой величины энергии обычно ниоткуда поступить не может. В этом проявляются две важные закономерности: во-первых, только та часть солнечной энергии, которая поглощается земной поверхностью, используется далее для развития различных природных процессов; во-вторых, из-за общности источника энергии все процессы оказываются связанными друг с другом, и, изменяя один из них, мы изменяем и другие.

## КРУГОВОРОТ ВОДЫ В ПРИРОДЕ

**Испарение влаги с океанов.** От солнца исходит вся энергия, которая необходима для поддержания основных природных процессов, но для большинства из них и особенно для развития жизни, кроме этой энергии, нужна вода. 71% земной поверхности покрыт океанами, и для всей суши они служат источниками снабжения водой.

Первое превращение, которое испытывает вода, — это ее испарение с поверхности океана. При испарении вода переходит из жидкого состояния в газообразное, в невидимый водяной пар, который всегда содержится в атмосфере.

Для того чтобы лучше понять сущность очень важного процесса испарения, вспомним молекулярное строение твердых, жидких и газообразных веществ. Молекулы твердого тела связаны наибольшими силами взаимного притяжения, почти не перемещаются друг относительно друга, и поэтому твердое тело сохраняет свою постоянную форму. В жидкости эти силы притяжения значительно слабее, молекулы находятся в непрерывном движении и жидкость под действием силы тяжести растекается, не сохраняя собственной формы. Молекулы газа движутся уже совершенно независимо друг от друга, и газ стремится непрерывно расширяться.

Скорости движения отдельных молекул жидкости различны, но чем больше средняя скорость движения молекул жидко-

сти, тем выше ощущаемая нами или измеряемая термометром температура этой жидкости. Нагревая жидкость, мы увеличиваем скорость движения молекул.

Процесс испарения с открытой поверхности жидкости происходит следующим образом: наиболее быстро движущиеся молекулы, приближаясь к поверхности, по инерции «вылетают» через поверхность в открытое пространство, так как силы сцепления оказываются недостаточными для удержания этих особо «быстрых» молекул. Так постепенно наиболее быстрые молекулы покидают жидкость, и средняя скорость движения молекул жидкости уменьшается. Мы это ощущаем как понижение температуры жидкости и говорим, что жидкость затратила какую-то часть своего тепла на испарение. Со снижением средней скорости движения молекул, естественно, уменьшается и испарение, так как остается все меньше молекул, скорость которых достаточна для преодоления сил сцепления. Чтобы поддерживать интенсивность испарения и температуру жидкости на одинаковом уровне, нужно непрерывно эту жидкость нагревать; в естественных условиях на океанах эту роль выполняют солнечные лучи.

Однако скорость испарения зависит не только от свойств самой жидкости и ее температуры, но и от состояния открытого пространства над жидкостью. В этом пространстве имеются свободные газовые молекулы данного вещества, над водой — молекулы водяного пара; при своих беспорядочных движениях часть этих молекул «влетает» в жидкость и удерживается ею. Следовательно, рассчитывая испарение, нужно не только учитывать отрывающиеся от жидкости молекулы, но и принимать во внимание, сколько молекул за это же время вернулось обратно. Возможно такое положение, при котором число улетающих и число возвращающихся молекул оказывается равным. В этом случае жидкость фактически не испаряется.

Всякое пространство имеет вполне определенную «емкость» для молекул данного газа и не может вместить больше их некоторого предельного числа. Если мы попытаемся испарить в такое «насыщенное» пространство дополнительное число молекул, то соответственное число молекул перейдет обратно в жидкость, осев либо на поверхности жидкости, либо в виде капелек на поверхностях окружающих предметов, либо на плавающих в воздухе мельчайших твердых частичках (так называемых ядрах конденсации). Оказывается, что этот предел насыщения увеличивается с ростом температуры газа, т. е. с ростом скорости молекул. Это и понятно, так как медленно движущиеся молекулы скорее могут быть удержаны силами сцепления.

Применяя только что рассмотренное к океану и атмосфере, мы можем сказать, что испарение с океана будет тем сильнее, чем больше поверхность океана нагревается солнечными луча-

ми и чем более далек прилегающий к воде слой воздуха от состояния насыщения водяным паром. Мы уже знаем, что в атмосфере царит турбулентность: нижние слои воздуха непрерывно перемешиваются с верхними. Поэтому прилегающие к воде слои воздуха непрерывно обновляются, на смену насыщенного воздуха поступает ненасыщенный, и устанавливается постоянный турбулентный поток водяного пара от поверхности океана вверх в атмосферу. Господствующие во всей толще атмосферы горизонтальные воздушные течения переносят этот водяной пар на огромные расстояния, в том числе и на материки. В результате атмосфера в среднем до высоты 10—12 км всегда содержит водяной пар. Содержание водяного пара в атмосфере убывает с высотой, и более половины его общего количества сосредоточено в слое до высоты 2 км.

Основные поставщики влаги в атмосферу — это экваториально-тропические части океанов. Ведь именно здесь солнце наиболее сильно нагревает воду, а высокая температура воздуха обеспечивает большую «емкость» атмосферы для поглощения испаряющейся с океана влаги. В умеренных и тем более в полярных широтах океан может выделить в атмосферу значительно меньше влаги, так как из-за недостатка солнечного тепла на испарение здесь часто тратится тепло самого океана, переносимое течениями, а холодный воздух, особенно в нижних его слоях, часто бывает полностью насыщен водяным паром.

Таков первый этап превращения влаги — испарение ее с поверхности океана.

**Образование и выпадение осадков.** Водяной пар, как мы уже видели, переносится воздушными течениями на огромные расстояния от того места, где он впервые испарился с поверхности океана и поступил в атмосферу. Обратно на земную поверхность эта влага возвращается в виде осадков — дождя и снега, выпадающих как на океан, так и на сушу.

То количество воды, которое выпадает в виде дождя или снега на сушу, измеряется специальными приборами — дождемерами на рассеянных по всем материкам и островам метеорологических станциях. Эти измерения дают толщину того слоя воды, который образовался бы на земной поверхности в результате выпадения осадков. Толщина такого слоя воды называется суммой осадков. Количество осадков измеряется ежедневно, затем складывается и подсчитывается сумма осадков за месяц и за год. На основе этих месячных и годовых сумм подсчитываются средние суммы осадков за многолетний период наблюдений. Как и следовало ожидать, количество осадков во всех местностях земного шара меняется во времени — от года к году, от месяца к месяцу и, уж конечно, от дня ко дню, но в разных местах эта изменчивость может быть больше или меньше. Иногда обильные осадки порождают ка-

гастрофические наводнения, а отсутствие дождей приводит к губительным засухам.

Если нанести величины средних многолетних сумм осадков, подсчитанные на разных метеорологических станциях, на географическую карту, то получается очень пестрая картина: часто даже в соседних местностях количество осадков оказывается крайне различным, а по всему земному шару количество осадков меняется в очень широких пределах. Например, на метеорологической станции Черрапунджи, расположенной в Индии в предгорьях Гималаев, за год выпадает в среднем слой воды толщиной в 12 м — такая толща воды могла бы покрыть 3—4-этажный дом! И наряду с этим в пустыне Сахаре имеются местности, где осадков вообще не выпадает по нескольку лет и средняя годовая сумма осадков составляет всего несколько миллиметров.

Чем же объясняется такая неравномерность в распределении осадков? Чтобы ответить на этот вопрос, нам нужно познакомиться с теми условиями, которые содействуют или препятствуют образованию и выпадению осадков.

Для выпадения осадков необходимо прежде всего, чтобы какая-то часть содержащегося в атмосфере водяного пара перешла обратно из газообразной формы в жидкую, т. е. сконденсировалась. Продукты такой конденсации мы видим на небе в виде облаков — скоплений мельчайших жидких капель или ледяных частиц. Водяной пар в атмосфере конденсируется в основном за счет охлаждения воздуха. Когда воздух охлаждается, то предельное количество водяного пара, необходимое для его насыщения, уменьшается. Например, в приземном слое воздуха при температуре  $10^{\circ}$  для насыщения нужно 9,5 г водяного пара на 1 куб. м воздуха, а при  $0^{\circ}$  — только 5 г. Если воздух содержал 8 г водяного пара, то при  $10^{\circ}$  он был ненасыщенным, а при его охлаждении до  $0^{\circ}$  он уже не может содержать более 5 г и 3 г должно выделиться в виде облачных капель.

Воздух может охлаждаться по многим причинам, но то его охлаждение, которое приводит к образованию облаков и осадков, связано главным образом с подъемом воздуха в более высокие слои атмосферы. При подъеме воздуха давление вышележащих слоев атмосферы становится меньше, поднимающийся объем воздуха расширяется, а расширение любого газа связано с его охлаждением.

Сложная система воздушных течений, переносящих тепло и влагу из одних районов земного шара в другие, называется общей циркуляцией атмосферы. Эти течения образуют два вида крупных движущихся вихрей — циклоны и антициклоны. В циклонах воздух вращается в направлении против вращения часовой стрелки (в южном полушарии — наоборот), в нижних слоях стекается к центру и поднимается в верхние слои, поэтому циклоны сопровождаются облачной погодой и выпадением

нием осадков. В антициклонах воздух вращается в противоположном направлении, внизу растекается и опускается из верхних слоев. При этом преобладает ясная погода и осадков почти не выпадает.

Циркуляция атмосферы носит беспорядочный характер, особенно в умеренных и полярных широтах, циклоны и антициклоны зарождаются, исчезают, сменяя друг друга. Именно это и определяет наблюдаемую нами изменчивость погоды и резкие колебания количества выпадающих осадков. Бывает, что циклоны следуют один за другим, и в течение продолжительного времени, иногда целого сезона, в данной местности преобладает пасмурная погода, льют дожди и лишь изредка выглядывает солнце. А на другой год в этот же сезон господствуют антициклоны и стоит засуха.

Однако если проследить за циркуляцией атмосферы и погодой в течение многолетнего периода, то среди этого кажущегося беспорядка можно подметить некоторые закономерности повторяющихся явления: оказывается, что в одних областях земного шара в определенные сезоны года преобладают циклоны, а в других областях или в тех же областях, но в другие сезоны — антициклоны. Так, в частности, летом циклоны чаще бывают над материками, антициклоны — над океанами, а зимой наоборот. Вдоль тропиков в обоих полушариях в широтах 20—30° в течение круглого года преобладают антициклоны.

Но преобладание циклонов или антициклонов еще далеко не полностью объясняет все наблюдаемые различия в количестве осадков. Прежде всего, подъем воздуха может быть связан не только с циклонами, но и с сильным солнечным нагреванием земной поверхности. В этом случае нижние слои атмосферы перегреваются, расширяются, становятся легче расположенных наверху более холодных масс воздуха и всплывают вверх отдельными «пузырями» или струями. При таком подъеме, называемом конвекцией, массы воздуха охлаждаются и в них начинается конденсация водяного пара. Так возникают наши летние кучевые облака, иногда перерастающие в грозовые тучи с ливнем и градом. Этот процесс образования осадков все-таки развивается сильнее в циклонах, чем в антициклонах, но чаще всего наблюдается в экваториально-тропических широтах, где солнечное нагревание особенно интенсивно.

Огромное влияние на подъем воздуха в циклонах или при конвекции оказывают горы и даже сравнительно небольшие возвышенности. Воздушный поток, натекающий на склон горы, испытывает вынужденный подъем, поэтому на наветренных склонах усиливаются как обложные циклонические осадки, так и конвективные. Над противоположными подветренными склонами переваливающий через горы воздушный поток вынужден опускаться, восходящие движения воздуха здесь «гасятся»,

подавляются, осадки или ослабевают, или совсем прекращаются. Кроме того, циклоны задерживаются в своем движении горами, выпадение циклонических осадков на предгорные равнины и на наветренные склоны затягивается и с этой стороны гор накапливаются большие суммы осадков, чем за горами, где циклоны перемещаются уже со своими нормальными скоростями.

Подъем воздуха — это необходимое условие для выпадения осадков. Однако при одинаковом преобладании циклонов или одинаковом развитии конвекции даже на равнине вдали от гор может выпасть различное количество осадков. При высокой температуре воздух может содержать большое количество водяного пара; подъем такого воздуха даст гораздо больше осадков, чем воздуха с низкой температурой и малым влагосодержанием.

Итак, мы видим, что главными причинами неравномерного распределения осадков по земному шару, а также изменений их количества по сезонам года являются: 1) неодинаковая повторяемость циклонов и антициклонов; 2) неодинаковый рельеф земной поверхности и в особенности различное расположение горных хребтов относительно преобладающих воздушных течений и путей перемещения циклонов; 3) неодинаковая температура и влагосодержание атмосфер.

Если сравнить различные широтные пояса земного шара, то в среднем наибольшее количество осадков выпадает в экваториальном поясе — около 1500—2000 мм в год. Здесь атмосфера содержит наибольшее количество влаги и сильное солнечное нагревание благоприятствует конвекции. К тропикам, 20—30° широты, количество осадков уменьшается в среднем до 800—900 мм, а местами оно достигает ничтожных величин. Здесь атмосфера не холоднее, чем у экватора, но в течение круглого года устойчиво преобладают антициклоны. Дальше к умеренным широтам суммы осадков растут (в среднем до 1000—1200 мм), несмотря на понижение температуры. Это объясняется увеличением числа циклонов. От широт 40—50° к полюсам суммы осадков уменьшаются до 100—200 мм. В этом сказывается как понижение температуры, так и возрастание числа антициклонов к полюсам.

**Вода на суше. Водный баланс.** Круглый год вблизи полюсов и зимой в умеренных широтах выпадающий на сушу или на плавающие льды снег накапливается в виде снежного покрова. Зимние ветры переносят этот снег вдоль земной поверхности, в одних местах надувая сугробы, в других сдувая почти целиком весь снежный покров. Всю зиму у нас идет накопление этих запасов влаги, и только весной, с началом снеготаяния начинаются дальнейшие превращения снега. Журчащими ручейками стекает талая вода в овраги, из оврагов — во вздувшиеся весенним половодьем речки и, влившись в круп-

ные реки, устремляется обратно в море, завершая полный цикл своего круговорота.

Не вся талая вода избирает такой наиболее прямой путь: большая часть этой воды впитывается в почву. Впитавшаяся в почву вода тоже разделяется: некоторая ее часть опускается глубоко вниз, пока не достигнет водоупорного слоя грунта, здесь она накапливается и образует подземные потоки, движущиеся в сторону наклона водоупорного слоя. Эти грунтовые воды питают колодцы, под крутыми склонами выходят на поверхность в виде родников и в засушливых областях служат основным летним источником пополнения рек. Другая часть впитавшейся воды остается в почве и образует весенние запасы почвенной влаги, очень важные для летнего развития всей растительности, особенно в засушливых местах. Эти запасы в течение весны и лета постепенно расходуются на испарение влаги поверхностью почвы и растениями, пополняясь за счет летних дождей.

Влага, выпадающая в виде дождей, испытывает менее сложные превращения, чем снег: она сразу частью устремляется по склонам в ручьи и реки, частью идет на пополнение подземного стока и частью задерживается в верхних слоях почвы, расходуясь затем на испарение.

Представим себе бассейн крупной реки, т. е. географическую область, охватывающую все притоки этой реки до самых их истоков. Вся вода, стекающая со всей этой территории поверхностным, русловым и подземным стоком, должна обязательно рано или поздно пройти через устье главной реки. Измеряя скорость течения воды на каком-то сечении в этом устье, зная ширину реки и распределение глубин по этому сечению, можно легко рассчитать количество воды, проходящей за единицу времени. Такие наблюдения проводятся на всех крупных реках гидрологическими станциями. Определенные величины называются расходом этой реки. Если взять средний годовой расход реки за многолетний период и общее среднее годовое количество осадков по всей территории бассейна в целом, то можно составить так называемый годовой водный баланс бассейна.

Если подсчитать среднее количество осадков, выпадающих на всю сушу земного шара за год, то они составят слой воды толщиной 700 мм. Из этого количества 250 мм стекает в океан, а 450 мм испаряется.

Как мы уже знаем, испарение зависит от солнечного нагревания или, точнее, от радиационного баланса земной поверхности, поэтому оно должно быть наиболее сильным у экватора и уменьшаться к полюсам. Но среднее количество осадков, как мы знаем, изменяется между экватором и полюсами иным образом.

У экватора осадков выпадает так много, что даже при



обильном солнечном нагревании успевает испариться в среднем только около половины поступающей влаги; остальная ее часть образует такие могучие экваториальные реки, как, например, Амазонка и Ориноко в Южной Америке, Конго — в Африке. В тропиках и субтропиках радиационный баланс земной поверхности несколько меньше, но и осадков выпадает гораздо меньше, местами ничтожно мало. Поступающего солнечного тепла здесь в среднем больше, а местами во много раз больше того количества тепла, которое необходимо затратить на испарение всех осадков. Палящие лучи солнца быстро высушивают влагу после редких дождей, раскаляют землю, и затем это тепло расходуется на нагревание воздуха. Так поддерживается существование двух почти непрерывных поясов тропических пустынь, опоясывающих земной шар через все континенты в обоих полушариях. К этому поясу относятся Сахара, пустыни Аравии, пустыни вдоль реки Инд в Индии, пустыня Колорадо в Северной Америке — в северном полушарии и пустыни Южной Африки, Австралии, узкая полоса пустыни Атакама вдоль западного побережья Южной Америки — в южном полушарии. Реки в зоне пустынь не образуются, и здесь имеются только «транзитные» реки, возникшие в другой зоне и лишь протекающие через пустыню. К таким рекам принадлежит Нил, берущий начало недалеко от экватора, пересекающий пустыню и питающий оросительную систему Египта. Экваториальная зона — это зона избыточного увлажнения в том смысле, что осадков здесь больше, чем солнце может высушить. В этом же смысле тропические пустыни — это зона остро недостаточного увлажнения. Между этими двумя зонами в каждом полушарии лежит субэкваториальная зона с переходными условиями увлажнения; здесь с приближением полуденной высоты солнца к зениту и смещением в эти широты так называемого термического экватора начинается влажный сезон с обильными тропическими ливнями. С уменьшением высоты солнца влажный сезон сменяется сухим, причем между экватором и тропиками в году наблюдается два влажных и два сухих сезона. С приближением к пустыням влажные сезоны сокращаются, сухие удлиняются, и речная сеть становится все более редкой.

От тропиков и субтропиков к умеренным широтам ослабление солнечного нагревания сопровождается ростом осадков. Это приводит к переходу от недостаточного к избыточному увлажнению, густота речной сети вновь возрастает. Однако в сравнении с экваториальной зоной избыточное увлажнение умеренных широт уже иное — здесь гораздо меньше и солнечного тепла, и воды.

К полюсам уменьшается количество и солнечного тепла и осадков, но относительная степень переувлажнения становится еще больше. Здесь мы видим заболоченные тундры.

**Перераспределение влаги на поверхности суши. Водный баланс почвы.** Когда мы говорим о водном балансе какой-нибудь территории, о соотношении осадков, стока и испарения на этой территории в целом, то это вовсе не значит, что на каждом ее участке будет одно и то же распределение влаги и одинаковая степень увлажнения почвы. В действительности условия увлажнения могут резко меняться от участка к участку: часто болота бывают расположены рядом с местами, где ощущается недостаток почвенной влаги. Когда говорят о крупных географических зонах недостаточного или избыточного увлажнения, то имеют в виду не повсеместные условия увлажнения, а преобладающие или средние для данной зоны условия.

Имеется очень много причин, создающих эту пестроту увлажнения. Главной из них является рельеф земной поверхности. Дождевая или талая снеговая вода стекает по склонам и устремляется с возвышенностей в низины. На ровной гладкой местности такой сток протекает медленно, вода застаивается, при слабом испарении и малой водопроницаемости грунта здесь образуются озера и болота. Противоположная картина наблюдается на возвышенностях с крутыми склонами, с которых вода быстро стекает, и вообще на местности с сильно расчлененным рельефом. Затрудненный отток воды, ее приток с окружающих возвышенностей или соединение этих условий приводят к скоплению поверхностных вод в озерах, к росту запасов влаги в почве и к подъему уровня подземных вод. Рельеф, как мы уже знаем, оказывает влияние также и на самый процесс образования и выпадения осадков.

Другая причина, определяющая пестрое распределение запасов влаги в почве, — это различная водопроницаемость почвы и подстилающих ее коренных пород. Мелкие распыленные частицы грунта, как, например, глины, при увлажнении слипаются и не пропускают воду. Наоборот, в песок с его гораздо более крупными зернами вода впитывается чрезвычайно быстро. Чем быстрее впитывается вода, тем, при прочих равных условиях, меньше стекает ее по склонам. Одно и то же количество поступающей на поверхность воды может создавать различные запасы влаги в почве, различное ее распределение по слоям и различный уровень подземных вод.

В умеренном поясе пестрота весеннего и летнего увлажнения почвы может зависеть еще и от перераспределения снега зимой. Ветер сдувает снег с открытых мест и с возвышенностей в низины и в овраги, надувает сугробы у опушек леса и у кустарников, оставляя нетронутым снежный покров в лесу, в защищенных от ветра местах, на участках с густой и высокой сухой травой. Весной, когда снег тает, из-за его неравномерного распределения разные участки почвы получают различное количество талой воды. Но дело не только в разной мощности

снежного покрова: процесс снеготаяния протекает по-разному, в зависимости также и от неодинакового освещения солнечными лучами. На южных склонах, получающих больше солнечной энергии, снег быстро тает, образуя много талой воды, которая не успевает впитаться в почву и стекает. В тени деревьев, в глубоких оврагах снег сохраняется дольше и больше отдает влаги в почву, чем на открытых, ровных местах.

Все эти условия переплетаются друг с другом, создавая сложные сочетания рельефа, водопроницаемости почв, степени защищенности от ветра, степени освещенности солнцем и многих других особенностей местоположения разных участков земной поверхности. Разнообразие увлажненности представляет результат совместного действия всех этих причин.

### **ЗОНЫ ПРИРОДЫ**

**Тепло, влага и растения.** Рост и развитие растений невозможны без воды. Все питательные соли поступают из почвы в растение в водном растворе, только в этом растворе протекают химические процессы усвоения солей растением, и для нормального выполнения своих функций ткани растения должны быть насыщены водой. В листьях, в молочных верхушках корней и стеблей содержание воды доходит до 90—95% веса. Высыхание растений приводит к нарушению всех жизненных функций и почти всегда кончается их гибелью.

Питание растений происходит не только за счет минеральных солей из почвы, но также путем поглощения углекислоты из воздуха в процессе так называемого фотосинтеза. Фотосинтез протекает под воздействием ультрафиолетовых солнечных лучей, энергия которых поглощается листьями растений и тратится на переработку углекислоты в органические вещества.

В листьях имеются мелкие отверстия — устьица; через них из воздуха проникает углекислота, и растение может регулировать свой контакт с атмосферой, открывая и закрывая устьица. Фотосинтез, как все другие жизненные функции растения, может протекать нормально тоже только при полной водонасыщенности тканей растения.

Для нормального питания и развития растений, помимо воды в его тканях, необходим также и определенный режим тепла. При слишком низкой температуре растения переходят в состояние покоя, как, например, у нас в средней полосе зимой, а если внезапные заморозки застают растение неожиданно, в процессе его полной жизнедеятельности, то они наносят ему повреждения. Перегрев растения приводит также либо к повреждениям, либо к прекращению питания и развития. При этом нужно помнить, что температура самого растения обычно сильно отличается от температуры окружающего воздуха, иногда на десяток и более градусов, и регулируется собственным тепловым балансом растения.

Таким образом, для нормального развития растений необходимо, чтобы его ткани всегда были насыщены водой, чтобы листья его освещались солнцем и чтобы его тепловой режим поддерживался в определенных пределах, различных для разных видов растений. У многих многолетних растений теплых стран процесс питания, развития плодов и семян, обновления листьев и наращивания общей растительной массы происходит непрерывно. У других многолетних растений, в том числе у всех многолетних растений умеренного пояса, жизнедеятельность ограничена определенной частью года, так называемым вегетационным периодом; вегетационные периоды чередуются с периодами покоя. Наконец, у однолетних растений полный цикл их развития завершается за один вегетационный период. В течение вегетационного периода растения пропускают через себя такое количество воды, которое по весу в сотни раз превосходит количество выраженного сухого вещества.

Основное противоречие в жизни растения заключается в том, что днем оно должно держать свои листья освещенными солнцем, а устьица открытыми для фотосинтеза. Открытые устьица дают возможность испаряться воде, насыщающей лист, а падающие на лист солнечные лучи не только освещают, но и нагревают его, доставляя энергию для испарения. Насыщенные водой листья большинства растений испаряют влагу столь же интенсивно, как и открытая водная поверхность, и тратят на это испарение большую часть своего радиационного баланса. Но это испарение все же не совсем пустой расход полезной влаги, оно часто предохраняет листья от перегрева и ожога солнечными лучами.

Чтобы поддерживать водонасыщенность листьев, нужно непрерывно пополнять потери воды на испарение; эту работу выполняет корневая система растения. Корни «высасывают» влагу из почвы и ветвятся в почве во всех направлениях в поисках воды. Если сложить вместе длину всех отростков корней, то общая длина корней даже у небольших растений измеряется сотнями метров, а у более крупных — километрами. Чем меньше влаги в почве, чем труднее ее добывать, тем больше развивается корневая система. Например, пустынное растение верблюжья колючка может расти в почти совершенно безводных песках, черпая своей огромной корневой системой скудные запасы влаги с большой глубины и с большой площади. Засухоустойчивые пустынные растения тратят немного влаги и могут выживать в самых суровых безводных условиях, но растут они медленно и образуют очень редкий растительный покров.

Приток воды в растение из почвы всегда должен быть равен ее расходу на испарение с поверхности листьев. Испарение с насыщенных водой листьев, как и с водной поверхности, возрастает с усилением солнечного нагревания, турбулентности воздуха и с удалением водяного пара в нижних слоях воздуха

от состояния насыщения. Усиление расхода воды листьями и хотя бы небольшое уменьшение их водонасыщенности сразу сказывается в росте сосущей силы корней. При больших запасах влаги в почве приток воды возрастает, растение сохраняет свою насыщенность водой, устьица остаются открытыми и процесс питания происходит еще более активно. Если же запасы воды в почве ограничены и растение еще не развило достаточно мощную систему корней, то корневая система не может справиться с пополнением сильно возросшего расхода воды на испарение. И тогда остается только два пути. В одном случае растение начинает расходовать собственную влагу, водонасыщенность и упругость его листьев падает, они вянут и в конце концов могут полностью засохнуть. В другом случае растение закрывает устьица на листьях и может иногда почти полностью прекратить свое испарение. В этом случае оно не засохнет, но будет обречено на углеродное голодание: в него перестанет поступать углекислота. Кроме того, без охлаждающего действия испарения возникает опасность перегрева и ожога растений солнечными лучами.

Таким образом, пока запасы влаги в почве достаточно велики и растение не испытывает затруднений в снабжении водой, усиление притока солнечного света и тепла идет только на пользу большинству растений, питание их протекает интенсивно, и они быстрее наращивают свою массу. Но мы знаем, что в большинстве мест земного шара погода и количество осадков сильно колеблется от дня ко дню и от года к году. Поэтому даже в тех местах, которые в среднем имеют достаточное увлажнение, в отдельные годы и в отдельные периоды осадки оказываются настолько скудными, что не могут пополнить непрерывного расхода влаги из почвы на водопотребление растений и на непосредственное испарение с поверхности почвы. Конечно, еще более часто такие периоды возникают в зонах недостаточного увлажнения. При этом, как правило, они совпадают с ясной безоблачной погодой, когда солнечное нагревание наиболее сильно. Так возникает засуха, страшное народное бедствие, ярко описанное во многих летописях и художественных произведениях.

В этих описаниях ярко выступает сложный многосторонний характер явления засухи, охватывающей состояния атмосферы, вод, почвы, растительности и животных и подчеркивающей тесную связь между всеми этими элементами природы.

В наше время социалистическая система хозяйства и колхозный строй с его мощной техникой создали совсем иную устойчивость сельского хозяйства против ударов засухи. Засуха перестала быть уничтожающим стихийным бедствием, хотя и сейчас она время от времени наносит ущерб урожаю.

Очень большая часть территории нашей Родины лежит в зоне недостаточного увлажнения, где потери урожая связаны

не только со случаями катастрофически бездождного лета, которые не так уж часты в основных земледельческих районах, но и с преобладающими условиями не совсем достаточных или даже совсем скудных запасов влаги в почве. Здесь почти постоянно растения днем в часы наибольшего солнечного нагревания вынуждены в той или иной степени закрывать устьица и прекращать свое углеродное питание. Если урожаи в ряде плодородных областей этой зоны и высоки за счет качества почвы и хорошей агротехники, то они могли бы быть еще выше при полном обеспечении растительности влагой.

Самым мощным средством борьбы против постоянной засушливости является искусственное орошение, когда влага подается на поля в те сроки, которые необходимы для поддержания влажности почвы на более благоприятном для растений уровне. Особенно эффективным оказывается искусственное орошение там, где много света и тепла и могут вызревать наиболее ценные теплолюбивые культуры, как, например, в Средней Азии. Площади искусственного орошения в нашей стране непрерывно расширяются. Январский Пленум ЦК КПСС, посвященный сельскому хозяйству уделил особое внимание вопросам орошения. В постановлении Пленума говорится: «Надежным средством получения гарантированных урожаев является ирригация — орошение и обводнение миллионов гектаров земель».

Однако орошение — наиболее дорогой метод и не везде может себя оправдать экономически. В районах эпизодических сильных засух и постоянной слабой засушливости в нашей стране применяются методы сбережения влаги, выпавшей с осадками, путем зимнего снегозадержания на полях, усиления водопроницаемости почв и сокращения испарения с полей. К таким методам относятся: полесаживание, выполняющее сразу все три функции; различные мероприятия по снегозадержанию при помощи снегопахов, оставление стерни на полях и т. д.; воздействие на структуру почвы путем регулирования смены культур на полях, выбора методов обработки почвы и удобрений. Развитие всех этих методов, тщательная оценка их эффективности, их усовершенствование — таков основной путь активной борьбы с засухой в нашей стране.

Опасность перегрева растения бывает обычно связана только с засухой, когда оно не может охлаждать себя испарением. Однако неожиданные резкие похолодания могут оказывать на растения также вредное влияние, приводя его к гибели или к снижению урожая. Поэтому пределы распространения каждого вида растений в значительной степени ограничены продолжительностью периода в году, достаточно теплого для нормальной жизнедеятельности этого растения. Если такой период слишком короток, то растение не успеет закончить цикл своего

развития и не даст семян; если же уровень тепла, необходимый для жизнедеятельности растения, в этой зоне вообще не достигается, то растение даже не начнет вегетировать. Иногда условия могут быть таковы, что растение может кое-как вызреть, но урожай его всегда будет слишком мал. Наконец, распространение растений определенных видов может быть ограничено зимними морозами, настолько суровыми, что растения гибнут даже находясь в состоянии покоя.

Недостаток тепла или недостаток влаги — таковы основные причины, ограничивающие распространение каждого из видов растений определенными областями земного шара и создающие неустойчивые колебания их продуктивности в различные годы.

**Тепло, влага и почва.** В обыденной жизни почвой называют, не очень задумываясь над смыслом этого слова, вообще всякий поверхностный слой земли. Однако в науке и в практике сельского хозяйства под почвой понимают нечто гораздо более определенное — самый поверхностный тонкий, рыхлый слой земли, состоящий не только из минеральных, но и из органических частиц. Этот слой возникает и развивается за счет отмирания и разложения растений, деятельности бактерий, химических процессов перехода органических веществ в минеральные и потребления растворов минеральных солей растениями. Все эти процессы почвообразования, протекающие в течение сотен лет, создают различные виды почв в зависимости от водных и тепловых условий.

Все химические процессы и деятельность бактерий протекают оживленнее во влажной почве, а при пересыхании почвы они затухают. Впитывание и просачивание воды через слой почвы приводят к вымыванию многих растворимых веществ. Слишком избыточное увлажнение почвы, застаивание воды на почве, ее заболачивание закрывают доступ кислороду из воздуха, необходимого для этих процессов; разложение органических веществ делается неполным, образуются вредные вещества. Слишком низкая температура почвы и перегрев почвы замедляют или совсем прекращают деятельность бактерий. Таким образом, особенность почвы зависит от количества поступающей воды, от количества тепла и от соотношения между ними.

Но почва зависит и от характера растительного покрова. Отмирающие корни и остатки наземных частей растений содержатся в слое почвы в состоянии различной степени разложения и служат основным исходным материалом для процессов почвообразования. По окончании жизненного цикла растений отмирающая растительная масса пополняет запасы органических веществ в почве. На обрабатываемых полях в это пополнение входят только корни и очень небольшая часть наземной массы растений; поэтому здесь, чтобы избежать исто-

щения почвы, применяют удобрения и многопольную систему со сменой сельскохозяйственных культур.

Чем пышнее растительный покров, тем больше растительной массы поступает в почву. Но развитие растительности, как мы видели, зависит от количеств получаемых тепла и влаги и от их соотношения. Следовательно, развитие почвенного покрова связано с теплом и влагой двойным путем: непосредственно — за счет влияния тепла и влаги на процессы разложения органической массы и косвенно — через развитие растений, создающих эту органическую массу.

**Единство природы.** В основе закономерного единства природных явлений, которое мы подмечаем среди нескончаемого их разнообразия, лежат тепло и влага, получаемые земной поверхностью. Распределение солнечного тепла по земному шару создает главное различие в ресурсах энергии для развития природы, но возможность использования этой энергии зависит от наличия влаги. Если приток солнечных лучей связан с астрономическими условиями (расстоянием от Солнца до Земли, шарообразностью Земли, вращением ее вокруг Солнца и вокруг своей оси, наклоном оси к плоскости земной орбиты), то распределение влаги уже не столь независимо от явлений и процессов на самой поверхности Земли. Выпадение осадков определяется воздушными течениями, которые находятся в сложной зависимости и от распределения солнечной энергии, и от расположения суши и моря, и от рельефа земной поверхности, и от увлажнения суши самими же осадками. Здесь важно отметить только то обстоятельство, что выпадение осадков связано, в основном, с процессами, охватывающими сразу очень большое пространство земного шара. Те явления и процессы, которые ограничены сравнительно небольшими участками земной поверхности, обычно не оказывают влияния на осадки. Например, испарение влаги, конечно, увеличивает содержание влаги в атмосфере и тем самым вероятность осадков возрастет, но это влияние сказывается вовсе не над самим участком, а рассеивается на огромные пространства и смешивается с влиянием сотен и тысяч других таких же участков.

Значит, количество осадков, выпадающих на какой-либо участок земной поверхности, мы можем считать почти в такой же степени независимым от явлений на этом участке, как и количество приходящей солнечной энергии. Их соотношение и определяет ход природных процессов на земной поверхности.

**Природные зоны тропического пояса.** Представим себе, что мы летим на самолете от экватора где-либо в Африке на север. Вначале под нами расстилается темно-зеленое море экваториальных лесов с кое-где вкрапленными расчищенными пространствами сельскохозяйственных полей и плантаций. Эта зона — самая продуктивная на земном шаре. Здесь выпадает в среднем наибольшее количество осадков и, несмотря на срав-



нительно частую облачность, поступает максимальное количество солнечного тепла. В целом за год этого количества тепла далеко недостаточно, чтобы испарить всю, а местами даже половину той воды, которая выпадает в виде осадков. Поэтому здесь мы видим густую сеть сверкающих на солнце ручейков и рек, сливающихся в мощные полноводные реки. Погода отличается большим однообразием: после ясных ночей днем обычно выпадают тропические ливни с грозами. Смена сезонов почти незаметна, средние температуры воздуха самого теплого и самого холодного месяцев отличаются всего на несколько градусов. Только с приближением полуденной высоты солнца к зениту, что случается дважды в год, дожди выпадают несколько чаще. Такое благоприятное сочетание тепла и влаги дает возможность развиваться в течение всего года самой богатой растительности — многоярусным вечнозеленым тропическим лесам. Девственный тропический лес почти непроходим из-за густых переплетающихся лиан, кустарника, гниющих остатков древесных стволов; он дает за год такое количество растительной массы, которое не имеет себе равных в мире — до 100—200 т на гектар. Из тропических лесов вышли многие ценные культурные растения, которые возделываются как в этой, так и в соседних теплых зонах: какао, каучуковое дерево, банан, ананас, мускатный орех, саговая и кокосовая пальмы и многие другие.

Огромная растительная масса, ежегодно поступающая в почву, в условиях обилия тепла и влаги начисто разлагается благодаря интенсивной деятельности бактерий и бурному течению всех химических процессов. Эти химические процессы в сочетании с обилием воды разрушают, разрыхляют твердые коренные породы и образуют слои красноземной почвы толщиной 2—3 метра. Красноземы отличаются исключительным плодородием.

Как и все другие зоны суши земного шара, зона тропических лесов, даже нетронутая человеком, далеко не столь однородна, как она кажется с высоты птичьего полета. И здесь имеются более увлажненные низины, заболоченные поймы рек и более сухие возвышенности. Разные растения пруппируются на разных участках тоже в соответствии со своими особенностями и с этими местными условиями; состав тропического леса оказывается не совсем однородным. Но все эти различия здесь менее заметны из-за огромного обилия тепла и влаги, достаточных на всех участках.

Пролетая на самолете дальше к северу, мы начинаем замечать пространства, свободные от леса. Сначала они появляются только на возвышенностях, затем постепенно начинают отеснять лес все дальше в долины рек. Наконец, лес исчезает, и самолет летит над тропической степью с отдельными группами деревьев — над зоной саванн.

Солнечного тепла здесь поступает столько же, сколько и в экваториальной зоне, но осадков выпадает гораздо меньше: в зоне саванн в среднем за год увлажнение уже недостаточное и солнечного тепла больше, чем нужно для испарения всех осадков. С приближением солнца к зениту наступает дождливый период, который затем сменяется рекозасушливым. Вся природа подчиняется ритму смены этих сезонов. Во влажные периоды ежедневно льют дожди; саванны покрываются сетью ручьев, в реках наступает половодье, пышные травы зеленеют, остатки сухой растительности быстро разлагаются. Но затем наступает засуха, временные водотоки пересыхают, редкая сеть рек мелеет и питается за счет подземного стока: травы засыхают, оставляя свои семена; группы деревьев с мощной корневой системой черпают воду с большой глубины, но и они вынуждены сбрасывать часть своей листвы. Верхние слои почвы пересыхают и начинают всасывать водные растворы с различными солями из нижних уровней; эта вода тоже высыхает, и на поверхности почвы образуется корка. Такие красные почвы носят название латеритов. Мощность этого слоя почвы значительно меньше, чем под тропическим лесом, так как саванны дают только 30 т растительной массы на гектар за год. В саваннах разнообразие местных природных условий выражено гораздо резче, чем в тропических лесах.

С удалением от экватора и приближением к тропикам дождливые периоды становятся все более короткими, все менее ясно выраженными, и сухие периоды все больше подавляют жизнедеятельность растений, в первую очередь на возвышенностях. Постоянная речная сеть окончательно исчезает. Так мы вступаем в зону тропических пустынь.

Эти пустыни получают большое количество солнечного тепла, так как небо здесь почти всегда безоблачно, но радиационный баланс меньше, чем у экватора, за счет сильного ночного излучения. Осадков выпадает ничтожное количество, и поэтому все тепло тратится на нагревание земной поверхности и воздуха. В этих условиях выживают только растения, особенно устойчивые к засухе. Они покрыты жесткой кожей, испаряют ничтожно мало влаги, а их огромная корневая система ветвится на большую глубину и по большой площади. Такие растения не образуют сплошного покрова, они растут на больших расстояниях друг от друга, да и то не по всей территории пустыни. Почвенный покров совсем скудный, а местами его вообще нет, и солнце раскаляет бесплодные пески. Жизнь в пустыне зависит от близости подземных вод, т. е. от рельефа поверхности и распределения глубоких водоупорных слоев коренных пород. Земледелие здесь ведется на искусственном орошении вблизи транзитных рек вроде Нила в Египте или вблизи гор, получающих больше осадков.

Все три зоны тропического пояса получают много солнеч-

ного тепла; развитие растительности за пределами экваториальной зоны ограничено только недостатком влаги. За тропиками, начиная с 30—35° широты, сказывается уже и недостаток тепла.

**Природные зоны внутритропического пояса.** В субтропической зоне, лежащей между тропическими пустынями и умеренным поясом, осадки выпадают преимущественно зимой, лето же засушливое. Горы и другие местные условия меняют ход осадков в отдельных частях этой зоны, создавая влажные и сухие субтропики. Солнечного тепла здесь значительно меньше, чем в тропиках, и зимой бывают резкие похолодания, при которых выпадает снег. Наиболее теплолюбивые тропические породы расти не могут, но многие ценные культуры, как цитрусовые, маслина, хлопок и др., здесь вызревают. На нашей территории примером сухих субтропиков могут служить Средняя Азия и Восточное Закавказье, примером влажных субтропиков — Западное Закавказье.

Равнины Средней Азии представляют пустыни, внешне очень похожие на тропические. Разница заключается в том, что зима здесь гораздо холоднее, бывают морозы, иногда на короткое время выпадает снег. Больше всего осадков выпадает весной, и тогда пустыня зеленеет. Затем осадки почти полностью прекращаются, летнее солнце быстро высушивает все запасы почвенной влаги и выжигает всю растительность, оставляя лишь редкие кустики верблюжьей колючки и других пустынных растений. Во многих местах нет даже скудного почвенного покрова. Местами же весенняя влага, растворяющая соли в глубоких слоях грунта, поднимается и, испаряясь с поверхности, оставляет соль в верхних слоях почвы. Так возникают пространства мертвых солончаков, на которых уже совсем почти ничего не растет.

Пустыни Средней Азии с юга и востока окружены горами. Горы получают гораздо больше осадков, чем равнины, и накапливают влагу в своих ледниках. Эти ледники дают начало рекам, стекающим на равнину и используемым для искусственного орошения. Обилие солнца позволяет выращивать на орошаемых полях богатые урожаи хлопка и других ценных культур. Однако регулирование подачи воды на эти поля представляет непростую задачу: экономию ценной воды нужно совместить с поддержанием благоприятного водного режима растений и с тем, чтобы не вызвать засоления почвы в промежутках между поливами.

Пустыни Средней Азии на севере и северо-западе постепенно переходят в полупустыни. Количество осадков здесь несколько возрастает, а солнечного тепла поступает меньше, хотя все же гораздо больше, чем нужно для испарения всей выпадающей влаги. Земледелие приурочено только к отдельным пониженным местам скопления почвенной влаги.

Полупустыни постепенно переходят в зону степей — основную житницу нашей страны. Здесь солнечного тепла все еще больше, чем нужно для испарения средней годовой суммы осадков. Летнего тепла всегда достаточно для вызревания основных сельскохозяйственных культур умеренного пояса, но влаги в почве летом обычно бывает меньше, чем нужно для растений. Это несколько ограничивает урожай даже в нормальные по количеству осадков годы, а в отдельные годы ущерб от засухи бывает значительным. Степи уже все распашаны, но от естественного их состояния в наследство остались тучные плодородные черноземы — почва, которая в течение веков формировалась из остатков степных трав. Эти органические вещества не успевали полностью разложиться из-за того, что зимой почва замерзала, а летом процессы разложения замедлялись недостатком влаги. Мощность слоя черноземных почв колеблется в довольно широких пределах, но не превышает 1—2 м: эта величина дает сравнительное представление об интенсивности процессов почвообразования в зонах степи и тропических лесов. Пестрота условий летнего увлажнения в зоне степи усиливается еще перераспределением снега ветром зимой и неравномерным его таянием весной.

На севере через промежуточную зону лесостепи степь переходит в лесную зону, которая во многих своих частях в Европе называется так по своей истории, но не по современному растительному покрову. Примерно у южной границы лесной зоны количество солнечного тепла не превышает той величины, которая необходима для испарения всех осадков; дальше к северу в лесной зоне увлажнение становится избыточным. Именно поэтому влаги здесь оказывается достаточно для произрастания леса, который дает ежегодно около 5 т растительной массы, поступающей в почву. Эти растительные остатки при высокой влажности почвы быстро разлагаются, поток воды вымывает многие растворимые вещества из верхних горизонтов в нижние и в результате возникает неоднородный малоплодородный слой подзолистой почвы мощностью около метра. В зависимости от рельефа многие районы лесной зоны оказываются заболоченными. Для земледелия, помимо малого плодородия почвы, здесь основным препятствием служит недостаток тепла летом, поздние весенние и ранние осенние заморозки, сокращающие длину вегетационного периода. Многие сельскохозяйственные культуры здесь вызревать уже не успевают.

К северу лес становится все реже и низкорослее, деревья «жмутся» к земле от зимних холодов. На смену леса приходит заболоченная тундра с многолетней мерзлотой почвы, не оттаивающей и летом. Земледелие продвигается сюда с большим трудом, и поросшая мхом тундра используется, главным образом, как пастбище для оленей.

Перечисленные зоны вовсе не опоясывают весь земной шар строго по параллелям. Мы уже видели, что границы их не слишком резки и представляют довольно широкие переходные зоны, а сами эти зоны далеко не однородны. В зависимости от гор, влияющих на осадки, от расстояния до побережья океана и от других факторов, эти зоны то прерываются, то вообще меняют свое направление с широтного на меридианальное или на промежуточное между ними. Состав естественной растительности в разных частях одной зоны тоже может быть не совсем одинаковым. Однако основные связи между однородными элементами природы выражены в этих зонах достаточно убедительно.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Закон природной зональности был открыт еще в XIX веке знаменитым русским почвоведом и географом В. В. Докучаевым, который первым подметил удивительное единство различных элементов природы. Он высказал также идею, что характер природного ландшафта, т. е. комплекса климата, вод, растительности, почв, зависит от притока и расхода тепла и влаги на земной поверхности.

Природная зональность послужила той основой, на которой в дальнейшем географы стали изучать природу разных стран, сопоставляя их друг с другом. Стали искать и основу зональности — те конкретные условия тепла и влаги, которые определяют формирование различных зон.

Для этого исследователи располагали наблюдениями метеорологических станций за температурой воздуха и количеством осадков по всей суше земного шара. Приток влаги характеризовался годовой суммой осадков, а тепловые условия — различными средними величинами температуры (самого теплого и самого холодного месяцев и т. д.). Задача заключалась в том, чтобы найти такую величину осадков и характеристики температуры или их соотношения (отношения, разности и т. д.), которая повторялась бы на границах между двумя определенными зонами на всех материках. Так, например, немецкий климатолог Кеппен нашел, что во всех трех тропических зонах средняя температура самого холодного месяца года нигде не бывает ниже  $18^{\circ}$ , а количество осадков в каждой из этих зон находится, по составленной им формуле, в различных соотношениях с температурой. Другие исследователи предлагали другие цифры и другие формулы для вычисления соотношения между теплом и влагой. Когда на одну географическую карту наносились границы природных зон и линии равных значений таких показателей (например, изотермы самого холодного месяца), то предложенные показатели, действительно, более или менее совпадали с границами зон, но, конечно,

далеко не точно. При этом нужно помнить, что сами границы между зонами выражены не очень резко.

В наше время роль тепла и влаги в формировании природной зональности была исследована академиком А. А. Григорьевым, и затем его идеи получили дальнейшее развитие в работах М. И. Будыко, удостоенного Ленинской премии 1958 года за «Атлас теплового баланса» и монографию «Тепловой баланс земной поверхности». В течение последних десятилетий наряду с сетью обычных метеорологических станций развилась сеть станций, измеряющих приток солнечной энергии. М. И. Будыко разработал метод расчета радиационного и теплового баланса земной поверхности на основе использования наблюдений как этих, так и обычных станций. Появилась возможность характеризовать тепловые условия не по температуре воздуха, которая, как мы знаем, может сильно отличаться от температуры растительного покрова, а непосредственно по притоку солнечного тепла. Отношение радиационного баланса к количеству тепла, необходимому для испарения всех осадков, М. И. Будыко назвал радиационным индексом сухости. Там, где этот индекс равен единице, т. е. где солнечного тепла как раз достаточно для испарения всей влаги осадков, лежит граница между зонами избыточного увлажнения (индекс меньше единицы — тепла не хватает для испарения всей влаги) и недостаточного увлажнения (индекс больше единицы — тепла избыток, влаги не хватает). Помимо степени засушливости, развитие живой природы зависит непосредственно от количества солнечного тепла, т. е. от радиационного баланса.

Близкое по содержанию исследование было выполнено академиком И. П. Герасимовым в отношении разных типов почв. Так, наконец, закон природной зональности был приведен в стройную систему.

Но можно ли считать, что этим окончательно выяснена роль тепла и влаги в формировании природных условий на поверхности земного шара? Мы теперь приблизительно знаем, какое количество тепла и влаги получают основные природные зоны за год на горизонтальную однородную земную поверхность. Но при этом мы совершенно не учитываем, как этот приток тепла и влаги перераспределяется по земной поверхности, в действительности вовсе не гладкой, не горизонтальной и не однородной. Не учитываем мы пока и того, как соотношение тепла и влаги меняется в течение года, как запасы влаги, накопленные в одном сезоне, влияют на природные процессы в последующем сезоне. На основе таких слишком общих закономерностей мы еще не можем сказать, какое влияние оказывает изменение одного элемента природы, например, вырубка леса, на изменения других элементов (на сток рек, формирование почв и т. д.) и многое другое. Оказывается, что перед наукой встает гораздо больше задач, чем их решено.

Именно поэтому сейчас изучение тепла и влаги, как основных условий развития природных явлений, представляет одну из главных проблем науки. Преобразование природы и рациональное использование ее богатств находится в зависимости от того, насколько мы будем знать все последствия нашего вмешательства в царство природы. Ключ к этому вмешательству — в регулировании тепла и влаги.

Преобразование природы человеком может быть двух видов. Во-первых, оно может быть местным, охватывающим сравнительно небольшой участок или район и дающим свои плоды тоже главным образом в этом месте. Так человек воздействовал на природу, улучшая или, что более часто, разрушая ее богатства, в течение всей своей истории путем сведения лесов, распашки полей, запруживания рек и строительства каналов, искусственного орошения и т. д. Во-вторых, развитие техники идет такими стремительными темпами, что в недалеком будущем человечество сможет получить средства для воздействия на природу сразу в планетарных масштабах. В обоих случаях встает вопрос, как, насколько и на что нужно воздействовать, чтобы получить желаемый эффект.

Местные воздействия на преобразование тепла и влаги на земной поверхности достигаются теми агротехническими и мелиоративными методами, о которых говорилось раньше.

Эти методы нужно правильно применять и изменять в зависимости от тех особенностей местности, которые влияют на распределение тепла и влаги.

До сих пор проверка эффективности таких методов проводилась опытным путем. Выбирались два участка полей. На одном из них проводилось новое мероприятие, например по снегозадержанию путем разрушения ровной поверхности снега снегопахами, а затем следующим летом сравнивался урожай на обоих участках. Казалось бы, такой метод дает прямой ответ на поставленный вопрос: сколько будет стоить это мероприятие и какую добавку урожая оно даст.

Но в действительности дело обстоит не так просто. Полученный ответ относится к данному году со всеми особенностями его погоды, снегонакопления, снеготаяния, расходования влаги летом и к данному участку с особенностями его уклона, рельефа окружающей местности, водопроницаемости почв и т. д.

Представим себе, что в этом году выпало так много снега и весной таял он так быстро, что почва далеко не могла вместить этих запасов. Или, наоборот, снега было так мало, что его задержание почти ничего не прибавило к весенним запасам влаги в почве. Наконец, возможно, что дождливое лето сделало запасы влаги на обоих участках вполне достаточными для растений. Во всех этих случаях испытание метода не даст никакой прибавки урожая, но, конечно, это не будет дока-

зывать, что в годы с другим режимом снегозадержания этот метод тоже не даст эффекта. Немного улучшит положение повторение опыта в течение 2—3 лет; ведь нет уверенности, что эти 2—3 года действительно характерны для данной местности. При многолетних испытаниях эти сомнения, конечно, исчезают, но тогда возникает вопрос, насколько мы имеем право распространять результаты, полученные на данном участке, на другие поля, расположенные в других условиях. Несомненно, что такие опыты необходимы, на их основе накоплено много полезных данных, но чтобы правильно планировать применение всех таких мероприятий, нужно точно знать, какой вклад они дают в разной природной обстановке. А для этого нужно не только проводить опыты с применением того или иного метода, а глубоко исследовать связи между разными элементами природы в различных географических и погодных условиях.

В нашем примере нужно знать, какой вклад в весенние запасы влаги может дать прибавка высоты снежного покрова к концу зимы, скажем, в 10 см высоты, в малоснежные и в многоснежные зимы, при разном ходе снеготаяния весной, какое значение имеют весенние запасы влаги для обеспеченности влагой летнего сезона при разной погоде, как степень увлажнения лета влияет на развитие растений и их урожай. И кроме этого, нужно знать, как все эти соотношения меняются в зависимости от особенностей местоположения и почв. Разрешить всю эту цепь сложных задач можно только путем проведения специальных экспериментов и наблюдений в природе, лабораторных опытов, теоретических исследований, обработки материалов многолетних наблюдений в разнообразных условиях. В этом и заключается существо научной проблемы изучения роли тепла и влаги в природе.

При планетарных преобразованиях природы путем получения дополнительного тепла от солнца, например, путем искусственного таяния полярных льдов, имеющих большую отражательную способность, или перераспределения имеющегося тепла путем воздействия на морские течения, всегда нужно предварительно знать, какое влияние это окажет на систему воздушных течений. Задача науки заключается в том, чтобы исследовать эту проблему еще до того, как в наших руках появились технические средства для осуществления такого воздействия. Можно быть уверенным, что советская наука выполнит и эту задачу.

---



## ЛИТЕРАТУРА

- Берг Л. С.** Географические зоны Советского Союза. Изд. 3-е, т. 1—2. М., Географгиз, 1947—1952.
- Битюков К. К.** и др. Накопление и сохранение влаги в почве. Изд. 2-е испр. и доп. Сельхозгиз, 1956, 175 стр.
- Гальцов А. П.** Как возникает засуха и меры борьбы с ней. «Правда», 1951, 30 стр.
- Гальцов А. П.** Климат и погода. М., Госкультпросветиздат, 1957, 72 стр.
- Рихтер Г. Д.** Снег и его использование. М., «Знание», 1960, 31 стр.
-

8 коп.