

Л. В. Камлюк М. А. Лемяза М. Дз. Лісаў

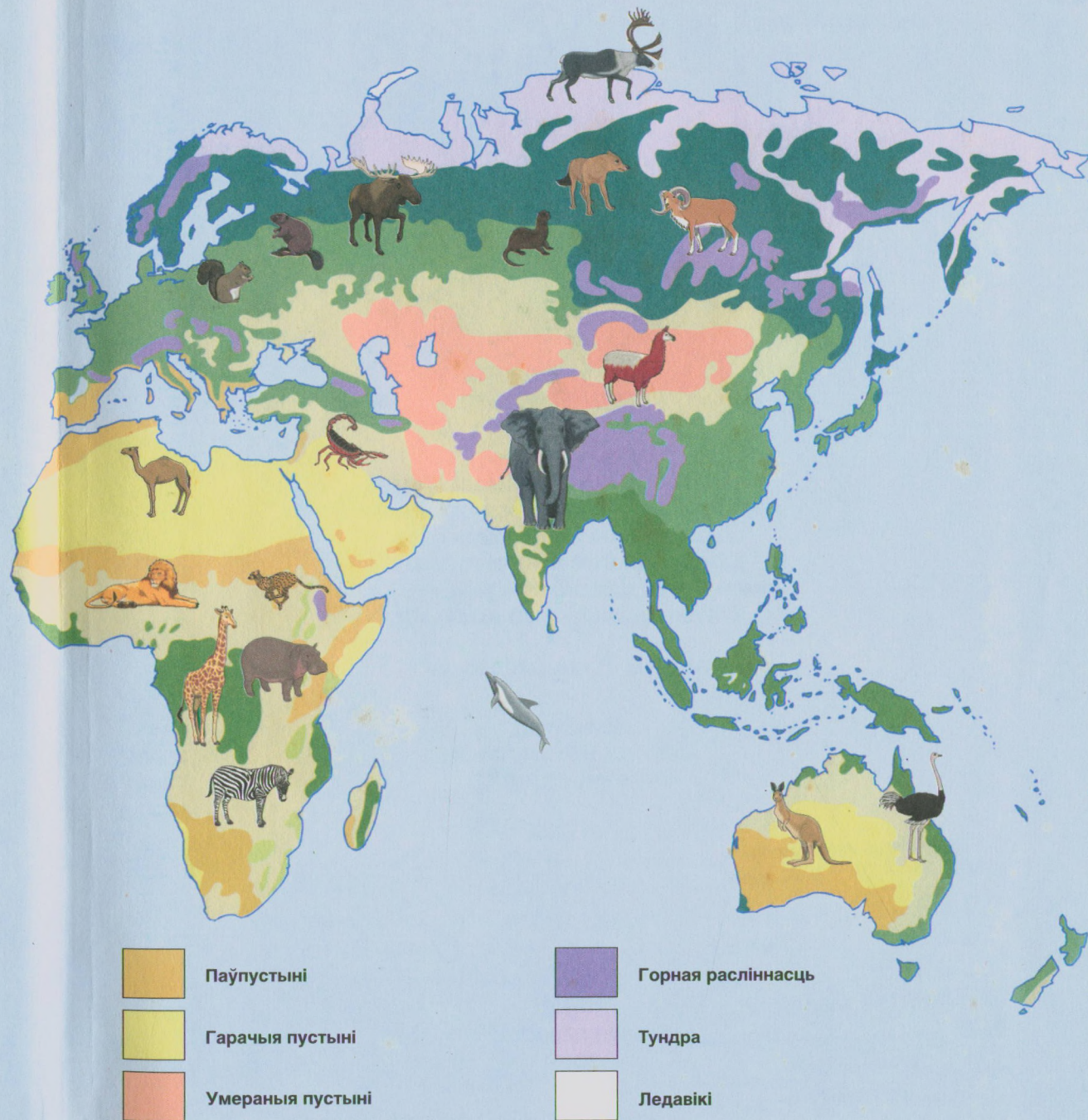
# БІЯЛОГІЯ

# 10





# ЖЫЦЦЁ НА ЗЯМЛІ





Л. В. Камлюк М. А. Лемяза М. Дз. Лісаў

# БІАЛОГІЯ



Вучэбны дапаможнік для 10 класа  
ўстаноў, якія забяспечваюць атрыманне  
агульнай сярэдняй адукацыі,  
з беларускай мовай навучання  
з 12-гадовым тэрмінам навучання  
(базавы і павышаны ўзроўні)

Пад рэдакцыяй Л. В. Камлюк

*Даручана  
Міністэрствам адукацыі  
Рэспублікі Беларусь*

Мінск  
«Народная асвета»  
2006





УДК 57(075.3=161.3)

ББК 28.0я721

К65

Рэцэнзенты:

кафедра заалогіі і аховы прыроды Гомельскага дзярж. ун-та імя Ф. Скарыны (заг. каф., доктар біял. навук, праф., член-кар. НАН Беларусі *Р. Р. Ганчарэнка*; дац., канд. біял. навук *І. Ф. Расашко*); настаўнік біялогіі вышэйшай катэгорыі гімназіі № 1 імя Ф. Скарыны г. Мінска *Л. С. Міцкевіч*

Пераклад з рускай мовы *Т. М. Кароткай*

ISBN 985-12-1601-1

© Камлюк Л. В., Лемяза М. А., Лісаў М. Дз., 2006

© Кароткая Т. М., пераклад на беларускую мову, 2006

© Афармленне. УП «Народная асвета», 2006





# Ад аўтараў

## Дарагія сябры!

У папярэдніх класах на ўроках біялогіі вы пазнаёміліся са светам жывых арганізмаў розных царстваў: Бактэрыямі, Пратыстамі, Грыбамі, Раслінамі і Жывёламі. Вы вывучылі асаблівасці іх будовы і жыццядзейнасці ў сувязі з разнастайнымі ўмовамі, у якіх яны жывуць. Вы ўжо ведаеце, што той ці іншы від жывёл альбо раслін сустракаецца не ўсюды. Адны расліны растуць толькі на берагах вадаёмаў, іншыя — пад палагам лесу. Рыбак не спадзяецца злавіць сазана ў горнай рацэ, а стронгу — у сажалцы з ілістым дном. Кожны з вас ведае таксама, што ў Арктыцы не жывуць ільвы, а ў Сахары няма белых мядзведзяў. Гэта тлумачыцца тым, што яны не знаходзяць патрэбных для свайго існавання ўмоў.

Вывучылі вы і арганізацыю чалавека як біялагічнай і сацыяльнай істоты. Вы ўжо ведаеце, што чалавек вылучаецца са свету жывых арганізмаў наяўнасцю розуму, мыслення, здольнасцю да творчасці. Дзякуючы магутнаму арсеналу тэхнічных сродкаў, створаных людзьмі, ні адзін з жывых арганізмаў планеты не валодае такімі каласальнымі магчымасцямі ўздзеяння на прыроднае асяроддзе, як чалавек.

Як жа ўзаемадзейнічаюць між сабой і асяроддзем пражывання такія розныя паводле будовы, функцый і шматлікія па колькасці асобін жывыя арганізмы? Якія сувязі ўтрымліваюць іх адзін каля аднаго? Дзякуючы чаму яны ўтвараюць устойлівыя, доўга існуючыя згуртаванні? Чаму на планеце Зямля такая разнастайнасць згуртаванняў жывых арганізмаў? Па якіх законах жыве прырода, каб існаваць пастаянна? Якую ролю адыгрывае чалавек у жыцці прыроды? Ці выконвае ён законы прыроды, з'яўляючыся яе часткай? Чаму ў чалавека з прыродай у цяперашні час узнік канфлікт? Якое выйсце з гэтага становішча?





Усе гэтыя важныя пытанні вывучае навука экалогія, з асноўнымі законамі якой вы пазнаёміцеся ў гэтым годзе.

Дадзены вучэбны дапаможнік разлічаны на базавы і павышаны ўзроўні вывучэння біялогіі. Матэрыял павышанага ўзроўню абазначаны зорачкамі \*. Па некаторых тэмах прыведзены дадатковы матэрыял, абазначаны значком . Пасля параграфу маюцца пытанні (адзначаныя значком ) , якія дапамогуць вам высветліць, ці добра засвоены матэрыял параграфа. Пытанні павышанага ўзроўню абазначаны \*.

Важную інфармацыю змяшчаюць форзацы вучэбнага дапаможніка — звярніце на іх асаблівую ўвагу.

Пры чытанні параграфу абавязкова вывучайце ілюстрацыі. Яны дапамогуць вам лепш разабрацца ў дастаткова складаным, але важным і цікавым матэрыяле вучэбнага дапаможніка.

Жадаем поспехаў!

*Аўтары*





# Раздзел 1

## БІЯСФЕРА — ЖЫВАЯ АБАЛОНКА ПЛАНЕТЫ

*«Кожная жывая істота пабудавана з жывых частак і сама ўваходзіць як арганічная частка ў склад вышэйшага цэлага, больш складанай жывой сістэмы. Найбольш складанай з усіх сістэм з'яўляецца жывое пакрыва Зямлі, якое ўключае ўсе жывыя істоты нашай планеты. Гэта сістэма — біясфера».*

*У. М. Беклямішаў*

- Якія ўмовы неабходны для існавання жыцця на планеце Зямля? Як жывыя істоты самі ствараюць і захоўваюць некаторыя з гэтых умоў?
- Як падтрымліваецца бясконцасць жыцця на нашай планеце?
- Для чаго неабходны кругаварот рэчываў? Якая роля жывых арганізмаў у гэтым працэсе?





## 1. Біясфера і яе межы

**Біясфера — актыўная абалонка Зямлі.** Планета Зямля — унікальнае касмічнае цела ў Сонечнай сістэме. Некаторыя іншыя планеты маюць падобную да Зямлі (мал. 1) будову: ядро, мантыю, кару і атмасферу. Але толькі на Зямлі існуе жыццё ў самых разнастайных яго праявах. Здзіўляльная разнастайнасць зямных жывых істот: ад мікраскапічных арганізмаў да млекакормячых і чалавека, надзеленага розумам.

Непаўторны выгляд нашай планеты на працягу мільёнаў гадоў фарміраваўся пры актыўным удзеле жывых арганізмаў. Прастора, якую займаюць яны на зямным шары, параўнальна невялікая. Аднак пры ажыццяўленні працэсаў жыццядзейнасці жывыя арганізмы аказваюць разнастайны, ча-

ста процілеглы ўплыў на асяроддзе пражывання. Напрыклад, зялёныя расліны ў працэсе фотасінтэзу ўзбагачаюць яго кіслародам, а жывёлы пры дыханні — вуглякіслым газам. Расліны здабываюць велізарную колькасць вугляроду з атмасферы і гідрасферы, а мікраарганізмы, раскладаючы мёртвае арганічнае рэчыва, вяртаюць большую частку вугляроду назад.

Знешнюю абалонку Зямлі, населеную жывымі арганізмамі, прынята называць **біясферай** (грэч. *bios* — жыццё і *spháira* — сфера, шар). Біясфера адрозніваецца ад іншых сфер Зямлі тым, што ў яе межах праяўляецца геалагічная (планетарная) дзейнасць жывых істот: раслін, жывёл, мікраарганізмаў. А на цяперашнім этапе гісторыі Зямлі да іх далучыўся чалавек.

Тэрмін «біясфера», г. зн. знешняя сфера Зямлі, занятая жыццём, прапанаваў аўстрыйскі геалаг Э. Зюс у 1875 г., але не даў яму дакладнага навуковага вызначэння. З паняццем «біясфера» ён звязваў толькі наяўнасць у трох зямных абалонках (літасферы, гідрасферы і атмасферы) жывых арганізмаў.

Праз паўстагоддзя рускі геахімік У. І. Вярнадскі, творча развіўшы ідэю аб планетарнай ролі жывых арганізмаў, выказаную яго папярэднікамі, стварыў вучэнне аб біясферы. Яго асноўныя палажэнні ён выклаў



Мал. 1. Планета Зямля





у кнізе «Біясфера», выдадзенай у 1926 г. Сукупнасць усіх жывых арганізмаў У. І. Вярнадскі назваў **жывым рэчывам**. Ён упершыню стаў разглядаць жывое рэчыва як адзін з раўнапраўных кампанентаў знешняй абалонкі планеты, які не толькі прысутнічае ў ёй, але і актыўна пераўтварае нежывыя кампаненты. Паводле У. І. Вярнадскага, жывым арганізмам адводзіцца роля галоўнейшай пераўтваральнай геахімічнай сілы не толькі ў цяперашні час, але і ў мінулыя гістарычныя перыяды. Таму пад **біясферай** У. І. Вярнадскі разумеў знешнюю абалонку Зямлі, у межах якой існуе альбо калі-небудзь існавала жыццё і на якую пастаянна аказваецца ці аказвалася раней уздзеянне жывых арганізмаў. Дзякуючы іх вялікай разнастайнасці і шырокай распаўсюджанасці, высокай хімічнай актыўнасці і доўгаму існаванню ў гісторыі Зямлі на нашай планеце няма больш магутнай геалагічнай (асяроддзеўтваральнай) сілы, чым жывыя арганізмы.

Выгляд нашай планеты, састаў яе атмасферы і гідрасферы, тоўшчы асадкавых парод, радовішчы карысных выкапняў — усё гэта вынік доўгага ўздзеяння жывых арганізмаў і прадуктаў іх жыццядзейнасці на асяроддзе пражывання. Гэта пераўтваральная здольнасць жывых арганізмаў звязана з іх унікальнымі ўласцівасцямі. Адна з іх — высокая хут-

касць працякання ў клетках хімічных рэакцый дзякуючы ўдзелу біялагічных каталізатараў (ферментаў).



Так, тлушчы і вугляводы акісляюцца ў арганізме пры тэмпературы каля 36 °С, а па-за ім — пры тэмпературах 400—500 °С. Сінтэз аміяку з малекулярнага азоту ў прамысловых умовах ажыццяўляецца пры тэмпературы 500 °С і ціску 300—500 атм. Мікраарганізмы з лёгкасцю праводзяць гэту рэакцыю пры звычайных тэмпературах і атмасферным ціску.

**Працягласць біясферы і яе межы.** Жывым арганізмам для існавання неабходны комплекс пэўных фізіка-хімічных умоў. Найбольш важнымі з іх з'яўляюцца наступныя.

**1. Дастатковая колькасць вільгаці.** Гэтага рэсурсу на нашай планеце дастаткова. Толькі няшмат якія зоны сушы характарызуюцца недахопам вільгаці.

**2. Дастатковая колькасць кіслароду і вуглякіслага газу.** Усе жывыя арганізмы планеты прыстасаваліся да сучаснага саставу і ціску паветра. Чым вышэй над узроўнем мора, тым больш разрэджанае паветра, тым менш у ім кіслароду і вуглякіслага газу. Таму на вялікіх вышынях няма жывых арганізмаў.

**3. Аптымальны тэмпературны рэжым,** пры якім ферменты (паскаральнікі біяхімічных рэакцый) могуць нармальна працаваць.

**4. Наяўнасць дастатковай колькасці элементаў мінеральнага жыўлення.** У зонах з іх недахопам (адкрыты акіян) жыццё развіта слаба.





**5. Пэўная салёнасць воднага асяроддзя.** Гэты фактар моцна ўплывае на здольнасць клетак утрымліваць ваду. Таму ў вадаёмах з салёнасцю вады вышэй за 270 ‰ жыццё практычна адсутнічае.

Названыя ўмовы ў многіх раёнах Зямлі абмяжоўваюць магчымасць існавання жывых арганізмаў.

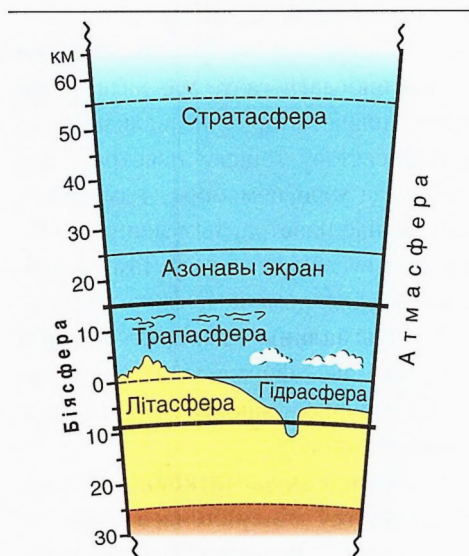
На Зямлі адрозніваюць тры геасферы, у межах якіх існуе жыццё, — трапасферу, літасферу і гідрасферу (мал. 2).

**Атмасфера** (грэч. *atmós* — пара, *spháira* — шар) — паветраная абалонка Зямлі, якая складаецца з сумесі азоту (78,08 ‰), кіслароду (20,95 ‰), аргону (0,93 ‰), вуглякіслага (0,03 ‰) і астатніх газаў — 0,01 ‰. Важней-

шай састаўляючай з'яўляюцца вадзяныя пары, якія знаходзяцца ў ніжнім 20-кіламетровым слоі. Вадзяная пара разам з вуглякіслым газам, метанам і некаторымі іншымі прымесямі ўдзельнічаюць у захаванні цяпла ў прыямным слоі атмасферы, забяспечваючы **парніковы эфект**.

Ніжняя мяжой атмасферы з'яўляецца паверхня сушы і гідрасферы. Па меры аддалення ад іх паступова змяншаецца шчыльнасць атмасферы. Каля 50 ‰ усёй паветранай масы канцэнтравана ў прыямным 5-кіламетровым слоі, а 99 ‰ — у 30-кіламетровым.

Зона біасферы распасціраецца толькі ў ніжнім слоі атмасферы — **трапасферы** (грэч. *trópos* — перамена, *spháira*). Вышыня трапасферы змяняецца ад 8—10 км у палярных шыротках да 16—18 км на экватары. Над трапасферай размяшчаецца **стратасфера** (лац. *strátum* — слой, *spháira*) вышынёй паблізу ад экватара да 50—55 км. Тут у слоі 15—25 км пад уплывам караткахвалевай часткі ультрафіялетавых прамянёў сонечнага спектра свабодны кісларод ператвараецца ў азон ( $3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{O}_3$ ). Азоны экран ахоўвае жывыя арганізмы планеты ад уздзеяння згубных ультрафіялетавых прамянёў. Таму верхняй фізічнай мяжой распаўсюджвання жыцця ў атмасферы з'яўляецца ніжняя мяжа азонавага слоя, г. зн. вышыня каля 15 км.



Мал. 2. Геасферы Зямлі





Жыццё ў атмасферы не можа існаваць без сувязі з дзвюма другімі абалонкамі Зямлі — літасферай і гідрасферай. Трапасфера — гэта месца часовага знаходжання лятаючых або падхопленых паветранымі патокамі з паверхні Зямлі арганізмаў, спор, пылку. Значыць, у атмасферы няма сваіх пастаянных жыхароў, а маюцца толькі часовыя «прышэльцы» з іншых абласцей біясферы. У гэтым і заключаецца своеасаблівасць жыцця ў трапасферы (яе толькі ўмоўна можна аднесці да біясферы).

**Літасфера** — (грэч. *litos* — камень, *spháira*) — знешняя цвёрдая абалонка планеты. Мяжа распаўсюджвання жывога рэчыва ў літасферы не апускаецца ніжэй за 3—4 км. Зарэгістраваны выпадкі знаходжання мікраарганізмаў у нафтаносных сляях, здабытых з такіх глыбін пры бурэнні. Найбольшая шчыльнасць жывога рэчыва ў літасферы адзначаецца ў паверхневым слоі зямной кары — глебе. Там жывуць дажджавыя чэрві, лічынкі і кукалкі многіх насякомых, мядзведкі, краты і некаторыя іншыя жывёлы.

**Гідрасфера** (грэч. *hýdōr* — вада, *spháira*) уяўляе сабой перарывістую абалонку планеты, у якую ўваходзяць усе яе воды, што могуць рухацца пад уплывам гравітацыйнай сілы і цяпла. Гідрасфера прадстаўлена сукупнасцю паверхневых (акіяны, моры, азёры, рэкі, балоты, ледзяное покрыва) і падземных вод. Яна адрозніваецца высокай дынамічнасцю, ру-

хальнай сілай якой служыць кругаварот вады. Гідрасфера знаходзіцца ў цеснай узаемасувязі з літасферай (падземныя воды) і атмасферай (вадзяная пара).

Гідрасфера займае каля 71 % плошчы Зямлі. Маса гідрасферы размеркавана вельмі нераўнамерна: 97 % — Сусветны акіян, 2,25 % — мацерыковыя льды і толькі 0,75 % прыпадае на рэкі, азёры, вадасховішчы і вад, якая ўваходзіць у састаў жывых арганізмаў.

Жывыя арганізмы насяляюць усю тоўшчу гідрасферы аж да максімальных глыбін. Так, у 1960 г. з дапамогай батискафа на дне Марыянскага жолаба (10,919 км), дзе ціск складае амаль 1100 атм., былі выяўлены жывыя арганізмы. Аднак найбольшая іх колькасць прыпадае на паверхневыя слаі вод і прыбярэжжа, якія асвятляюцца і праграваюцца сонцам.

Зоны непасрэднага кантакту і актыўнага ўзаемадзеяння літасферы, атмасферы і гідрасферы найбольш шчыльна заселены жывымі арганізмамі. Тут ствараецца комплекс найбольш спрыяльных умоў для жыцця — аптымальныя тэмпература, вільготнасць, змяшчэнне кіслароду і неабходных для жыццядзейнасці элементаў мінеральнага харчавання. Менавіта ў гэтых зонах адбываецца бесперапынны і інтэнсіўны абмен рэчывамі і патокамі энергіі паміж сушай, атмасферай, вадой і арганізмамі. Крыніцай энергіі для ўсіх гэтых працэсаў з'яўляецца Сонца.



1. Растлумачце, чаму У. І. Вярнадскі лічыў магчымым называць усе жывыя арганізмы незалежна ад іх класіфікацыі і функцый «жывым рэчывам».
2. У чым заключаецца асноўная сутнасць паняцця «біясфера» паводле У. І. Вярнадскага?
3. Якія асноўныя ўмовы неабходны жывым арганізмам для засялення розных зон планеты?
4. Што абмяжоўвае распаўсюджванне жыцця ў атмасферы?
5. Якая з геасфер планеты цалкам заселена жывымі арганізмамі?
6. Якія зоны планеты заселены жывымі арганізмамі з найбольшай шчыльнасцю? Чаму?

## \*2. Біясфера і космас

Зямная атмасфера ў працэсе эвалюцыі пастаянна змянялася. Першапачатковыя атмасферныя слаі Зямлі значна адрозніваліся ад сучасных. Асноўная частка газаў утваралася ў выніку вывяржэння вулканаў. У першасную атмасферу Зямлі ўваходзілі вадзяная пара, вадарод, аксіды вугляроду (II і IV), метан і азот.

Большая частка кампанентаў першаснай зямной атмасферы, у тым ліку і вадароду, даўно адышла ў касмічную прастору. Ім на змену прыйшлі газы з унутранай часткі планеты: напрыклад, дыаксід серы, вадзяная пара і інш. Атмасфера ўзбагацілася кіслародам і набыла сучасны састаў у выніку фотасінтэзу і ўзаемадзеяння з жывымі арганізмамі.

**Энергія космасу і яе выкарыстанне.** З пункту гледжання фізікі Сонца — гэта звышмагутны прыродны тэрмаядзерны рэактар. У ім праходзяць рэакцыі ператварэння вадароду ў гелій з вылучэннем вялікай колькасці энергіі ў выглядзе выпраменьванняў. Адным з іх з'яўляецца *фатоннае* выпраменьванне — разна-

віднасць электрамагнітных хваль, якія пераносяць энергію ў прасторы строга пэўнымі порцыямі — фатонамі (квантамі). Бачнае святло, інфрачырвонае і ультрафіялетавае выпраменьванні таксама з'яўляюцца электрамагнітнымі.

Сонечная радыяцыя, якая дасягае паверхні Зямлі, перш за ўсё з'яўляецца крыніцай энергіі для падтрымання цеплавога і ваднага балансу. Сваім непаўторным выглядам наша планета абавязана менавіта энергіі Сонца. Энергія квантаў святла выкарыстоўваецца фотааўтатрофнымі арганізмамі біясферы для стварэння першаснага арганічнага рэчыва, што ўрэшце фарміруе асяроддзе, прыдатнае для жыцця велізарнай колькасці жывых арганізмаў.

Састаўляючы баланс сонечнай энергіі, якая паступае ў біясферу, прыведзены ў табліцы 1.

Як бачым, толькі 0,8 % праменнай энергіі Сонца пераўтвараецца ў энергію хімічных сувязей арганічных малекул у працэсе фотасінтэзу. Прыкладна 70 % сонечнай энергіі ператвараецца





**Табліца 1. Баланс сонечнай энергіі**  
(у % ад гадавога паступлення ў біясферу)

| Састаўляючыя балансу | Доля, % |
|----------------------|---------|
| Адлюстраванне        | 30      |
| Ператварэнне ў цяпло | 46      |
| Выпарэнне, асадкі    | 23      |
| Вецер, хвалі, плыні  | 0,2     |
| Фотасінтэз           | 0,8     |

ў цеплавую, затрачваецца на выпарэнне, асадкі, вецер, плыні. Гэта энергія не губляецца дарэмна, паколькі менавіта яна ўдзельнічае ў фарміраванні клімату і асаблівасцей надвор'я ў розных рэгіёнах планеты. Разнастайнасць кліматычных умоў стварае шырокія магчымасці для жыцця.

На фарміраванне клімату перш за ўсё

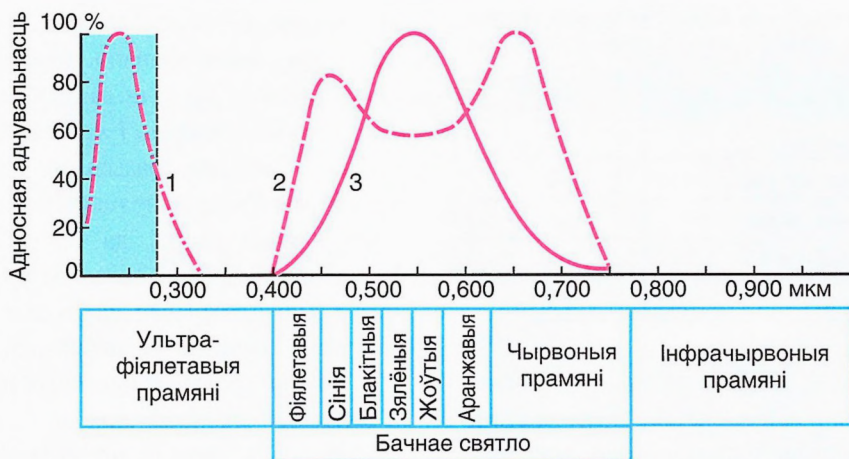
аказваюць уплыў асаблівасці светлавонага рэжыму, размеркаванне цяпла і вільгаці ў гадавым і сутачным цыклах.

**Сонечнае святло і яго састаўляючыя.** Сонечная радыяцыя — гэта электрамагнітнае выпраменьванне з даўжынёй хвалі ад 0,1 да 20—30 мкм. У жыццядзейнасці арганізмаў галоўную ролю адыгрывае караткахвалевае вобласць спектра з даўжынёй хвалі 0,4—4 мкм. Ультрафіялетавае прамяні з даўжынёй хвалі, меншай за 0,29 мкм, згубныя для жывых арганізмаў. Яны паглынаюцца аэрачным слоём і да паверхні Зямлі не даходзяць.

Электрамагнітныя хвалі рознай даўжыні аказваюць рознае біялагічнае ўздзеянне на жывыя арганізмы (табл. 2, мал. 3).

**Табліца 2. Спектральны састаў караткахвалевай сонечнай радыяцыі і яго біялагічнае дзеянне**

| Спектральны састаў                                                            | Даўжыня хвалі, мкм | Доля, % | Біялагічнае дзеянне                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ультрафіялетавае выпраменьванне (без караткахвалевай зоны ад 0,1 да 0,29 мкм) | 0,29—0,4           | 9—10    | Бактэрыцыднае, мутагеннае. Садзейнічае сінтэзу ў раслін некаторых вітамінаў, пігментаў, у жывёл — вітаміну D. Выкарыстоўваецца многімі насякомымі ў прасторавай арыентацыі              |
| Бачнае святло — фізіялагічна актыўная радыяцыя (ФАР)                          | 0,4—0,71           | 45—46   | Крыніца энергіі для фотахімічных рэакцый пры сінтэзе першаснага арганічнага рэчыва. Сігналнае дзеянне ў рэгуляцыі многіх фізіялагічных працэсаў і паводзін. Формаўтваральнае — у раслін |
| Інфрачырвоное выпраменьванне                                                  | 0,71—4,0           | 45      | Асноўная крыніца цяпла для большасці жывых арганізмаў                                                                                                                                   |



Мал. 3. Біялагічнае дзеянне розных участкаў спектра сонечнага выпраменьвання: 1 — разбурэнне структуры бялка (*дэнатурацыя*); 2 — інтэнсіўнасць фотасінтэзу пшаніцы; 3 — адчувальнасць вока чалавека (*блакітным колерам паказана вобласць ультрафіялетавага выпраменьвання, якое не пранікае праз атмасферу*)

Сонечная радыяцыя, якая даходзіць да паверхні Зямлі, складаецца з прамых сонечных прамянёў (*прамой*) і рассеянай небасхілам (*дыфузнай*) радыяцыі. Сукупнасць прамой і рассеянай доляў сонечнай радыяцыі называецца *сумарнай* радыяцыяй. У залежнасці ад геаграфічнай шыраты, стану атмасферы, рэльефу мясцовасці і іншых асаблівасцей назіраюцца прыметныя рэгіянальныя і мясцовыя адрозненні ў велічынях гадавой сумарнай радыяцыі.

Прамая і рассеяная сонечная радыяцыя вызначае **светлавы рэжым** насельнікаў Зямлі. Суадносіны між імі змяняюцца ў залежнасці ад геаграфічнай шыраты. Так, у палярных раёнах пераважае рассеяная радыяцыя, якая складае каля 70 % прамянёвага патоку. У экватарыяльных абласцях яе

доля не перавышае 30 %, што абумоўлена прамым праходжаннем прамянёў праз больш тонкі слой атмасферы.

**Цеплавы рэжым біясферы.** Інфрачырвоныя прамяні з’яўляюцца важнай крыніцай цяпла. У пераважнай большасці арганізмаў цяпло ўплывае на хуткасць працэсаў абмену рэчываў, развіццё, паводзіны, на геаграфічнае размеркаванне на планеце. Мерай цяпла з’яўляецца тэмпература, дыяпазон зменлівасці якой у водным і наземна-паветраным асяроддзях вельмі значны (табл. 3).

З даных табліцы бачна, што найбольш стабільным з’яўляецца марское, а найбольш зменлівым — наземна-паветранае асяроддзе.

Па забяспечанасці наземных арганізмаў цяплом вылучаюць чатыры асноўныя тэрмічныя паясы.





Табліца 3. Тэмпературны дыяпазон актыўнага жыцця на Зямлі

| Асяроддзе пражывання | Максімум | Мінімум | Амплітуда вагання тэмпературы |
|----------------------|----------|---------|-------------------------------|
| Наземна-паветранае   | 55 °C    | −70 °C  | 125 °C                        |
| Акіян                | 35,6 °C  | −3,3 °C | 38,9 °C                       |
| Прэсныя вадаёмы      | 93 °C    | 0 °C    | 93 °C                         |

**1. Трапічны пояс.** Тэмпература заўсёды вышэй за 0 °C (за выключэннем высакагорных зон). Сярэдняя тэмпература самага халоднага месяца +15...+20 °C. Амплітуда вагання тэмпературы не перавышае +5 °C. Вегетацыя раслін круглагадовая (акрамя засушлівых зон).

**2. Субтрапічныя паясы.** Тэмпература самага халоднага месяца вышэйшая за +4 °C, самага цёплага — вышэйшая за +20 °C. Магчымы кароткачасовыя маразы. Устойлівае снежнае покрыва зімой адсутнічае. Для сельскагаспадарчых культур існуюць два вегетацыйныя сезоны — летні і зімовы.

**3. Умераныя паясы.** Добра выяўлены летні вегетацыйны сезон і працяглы зімовы перыяд спакою раслін. Сярэдняя працягласць безмарознага перыяду 70—80 сутак. Для зімы характэрна ўстойлівае снежнае покрыва і маразы. Замаразкі вясной і восенню.

**4. Халодныя паясы.** Замаразкі магчымы на працягу ўсяго вегетацыйнага перыяду, працягласць якога ўсяго 1,5—2 месяцы. Зіма доўгая, вельмі марозная.

Тэрмічныя паясы заселены толькі тымі арганізмамі, якія ў ходзе доўгага

працэсу эвалюцыі набылі адпаведныя прыстасаванні (адаптацыі) для жыцця ў кожным з іх.

**Азонавы экран атмасферы.** Азонавы экран з'яўляецца магутнай аховай ад караткахвалевай часткі ультрафіялетавага выпраменьвання, якое згубна для ўсіх наземных жывых істот. Максімальная колькасць азону ўтвараецца ў стратасферы на вышыні 15—25 км. Адначасова там адбываюцца тры працэсы:

1) энергія ультрафіялетовых прамянёў Сонца ідзе на расшчапленне малекулярнага кіслароду да атамарнага ( $O_2 \rightarrow O + O$ );

2) атамарны кісларод далучаецца да малекулярнага з утварэннем азону ( $O + O_2 = O_3$ );

3) пад уздзеяннем ультрафіяловых прамянёў азон далучае атамарны кісларод з утварэннем дзвюх малекул кіслароду ( $O_3 + O = 2O_2$ ).

Кісларод атмасферы ўтвараецца фітасінтэзуючымі арганізмамі. Таму больш правільна будзе сказаць, што само жывое рэчыва стварыла для сябе неабходныя ўмовы для падтрымання ўласнага жыцця на планеце Зямля.



**1.** Якія працэсы ў біясферы адбываюцца з выкарыстаннем сонечнай энергіі? **2.** Якія асноўныя групы ў спектральным саставе сонечнага святла вылучаюць? Якое біялагічнае дзеянне кожнай з іх? **3.** Што такое прамая і рассеяная сонечная радыяцыя? **4.** Чым вызначаецца светлавая рэжым жывых арганізмаў? **5.** Якое з асяроддзяў пражывання і тэрмічных паясоў планеты найбольш стабільнае паводле тэмпературнага рэжыму? **6.** Як дасягаецца баланс між азолам і кіслародам у аэонавым слоі атмасферы?\*

### 3. Жывое рэчыва біясферы

Умовы жыцця для арганізмаў у біясферы надзвычай разнастайныя, асабліва яны адрозніваюцца ў наземным і водным асяроддзях. Таму вылучаюць кантынентальную і акіянічную часткі біясферы.

**Кантынентальная частка біясферы.** Суша займае 149 млн км<sup>2</sup>, ці 29 % усёй плошчы планеты. Яе асаблівасцю з'яўляецца надзвычайная неаднароднасць, якая выяўляецца ў наяўнасці шыротнай і высотнай занальнасці.

З курса геаграфіі вы ведаеце, што *шыротная* занальнасць абумоўлена шарападобнасцю нашай планеты і нахілам яе восі вярчэння, у сувязі з чым зямная паверхня неаднолькава забяспечваецца цяплом і вільгацю. Найбольшую колькасць цяпла атрымліваюць трапічныя і субтрапічныя паясы, найменшую — палярныя. Для тундравай зоны характэрны лішак вільгаці, а для пустынь — яе недахоп. Зоны ўмераных шырот характарызуюцца сярэднімі велічынямі цяпла і водазабеспячэння.

*Вышынная* занальнасць (мал. 4) кантынентальнай часткі біясферы звязана з тым, што з павелічэннем вышыні

мясцовасці паветра становіцца больш разрэджаным. На большых вышынях у паветры менш кіслароду, вуглякіслага газу, вадзяной пары, а тэмпература ніжэйшая. З-за недахопу вуглякіслага газу і вільгаці парушаецца нармальны ход працэсу фотасінтэзу, таму ў гарах на вышынях больш за 6000 м вышэйшыя расліны не растуць.

**Акіянічная частка біясферы (гідрасфера)** займае 361 млн км<sup>2</sup>, ці 71 % плошчы планеты. Вызначальнымі фактарамі жыцця арганізмаў у ёй з'яўляюцца салявы і газавы састаў вады, змяшчэнне мінеральных пажыўных рэчываў, ціск слупа вады, рухомасць вод.

Акіянічнай частцы біясферы таксама ўласціва занальнасць. Паводле ўмоў жыцця асабліва моцна адрозніваюцца між сабой палярныя і экватарыяльна-трапічныя зоны гідрасферы, а таксама яе паверхневая частка, якая асвятляецца і абаграваецца сонцам, і глыбінная зона, куды сонечнае святло не пранікае — *вертыкальная* занальнасць (мал. 5). Найбольш спры-



яльная для жыцця ў гідрасферы невялікая па плошчы (8 %) прыбярэжная зона. Яна добра асветлена і прагрэта, забяспечана вялікай колькасцю элементаў мінеральнага харчавання, якія паступаюць з донных адкладаў і з паверхніх сушы. Большая частка плошчы Сусветнага акіяна размешчана на глыбінях больш за 4000 м і каля чвэрці плошчы — на глыбінях больш за 5000 м. Тэмпература тут нізкая (ад  $+0,5$  да  $+4^{\circ}\text{C}$ ) і даволі пастаянная. На марскім дне назапашваюцца арганічныя рэшткі ў выглядзе глею і іншых адкладаў.

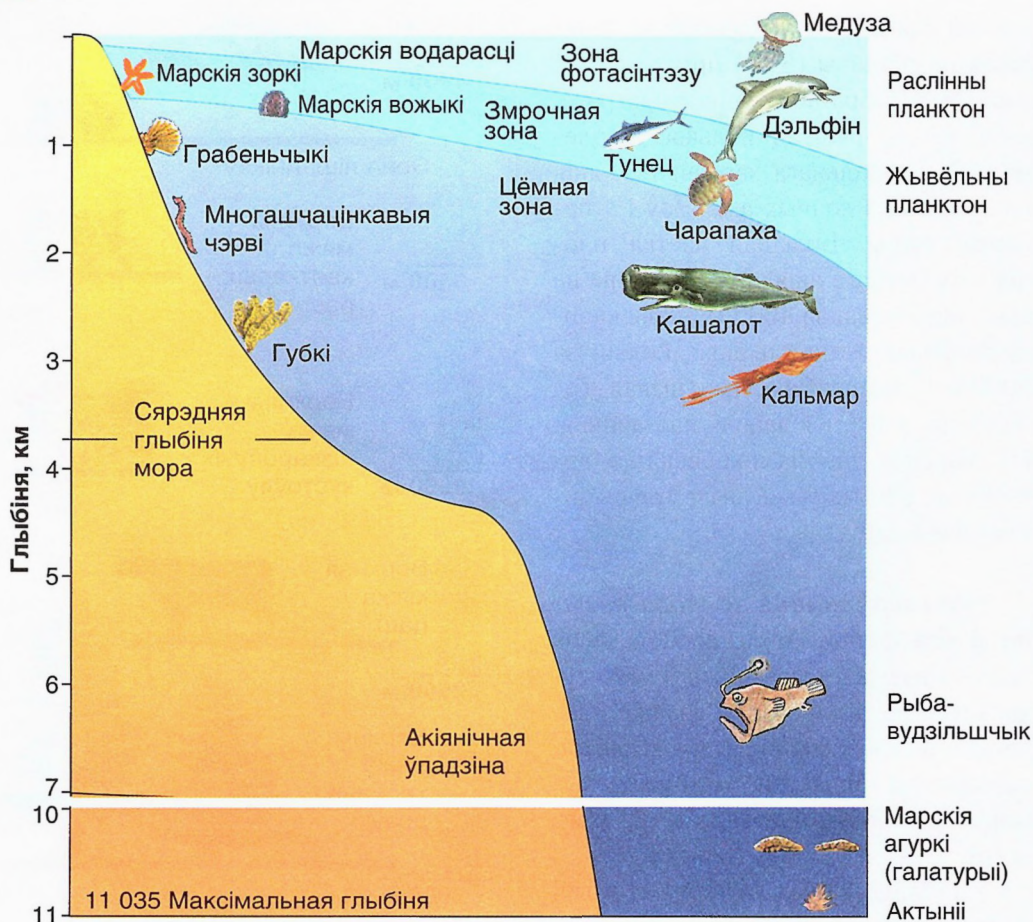
**\*Размеркаванне жывога рэчыва ў біясферы.** Агульная колькасць жывога рэчыва, выражаная ў масе сухога рэчыва ці энергіі на адзінку плошчы ці аб'ёму асяроддзя пражывання, называецца **біямасай**. Адзінкамі вымярэння біямасы служаць  $\text{г}/\text{м}^2$ ,  $\text{г}/\text{м}^3$ ,  $\text{кг}/\text{га}$ ,  $\text{т}/\text{км}^2$  ці  $\text{Дж}/\text{м}^2$ ,  $\text{Дж}/\text{м}^3$  і г. д.

У табліцы 4 прадстаўлены велічыні сумарных біямас зялёных раслін, жывёл і мікраарганізмаў і іх суадносіны ў кантынентальнай і акіянічнай частках біясферы.

Як бачым, жыццё сканцэнтравана галоўным чынам на сушы. Сумарная біямаса Сусветнага акіяна складае ўсяго 0,13 % біямасы ўсіх істот, якія жывуць на Зямлі.



Мал. 4. Вышынная занальнасць кантынентальнай часткі біясферы



Мал. 5. Вертыкальная занальнасць гідрасферы акіяна

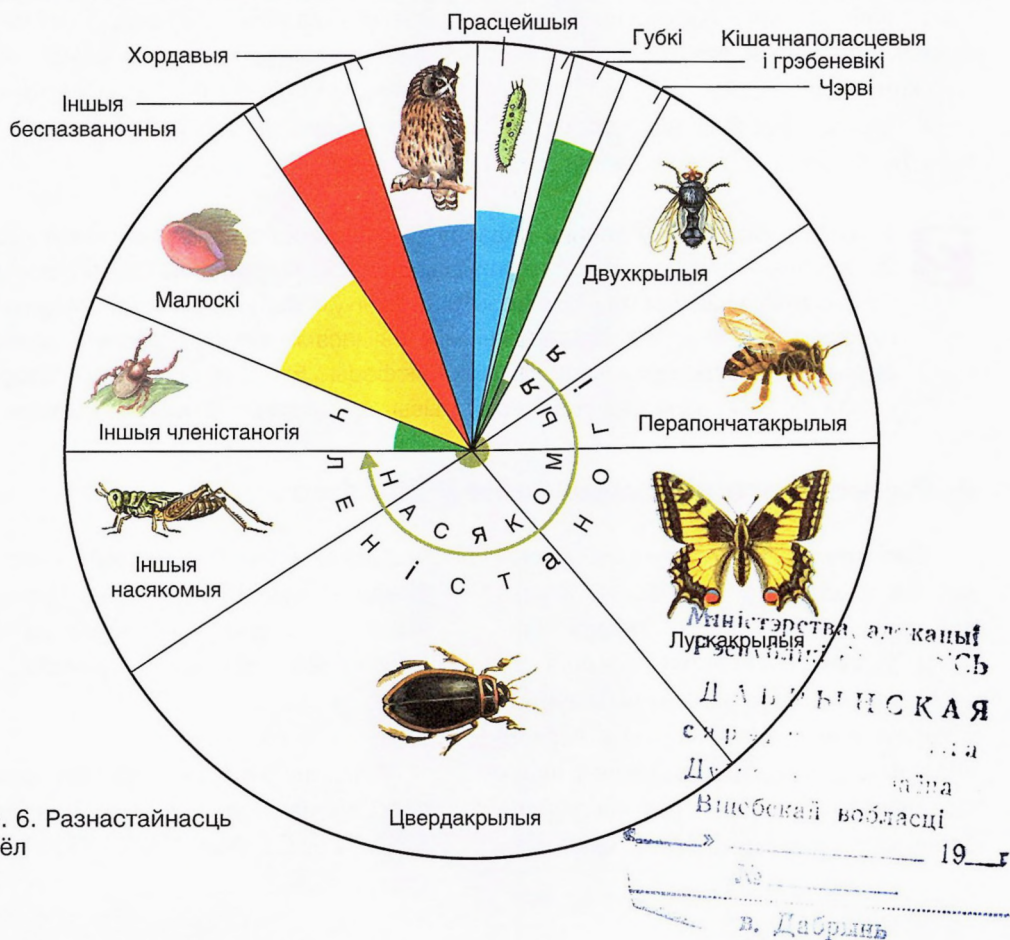
Табліца 4. Біямаса арганізмаў Зямлі (млрд т сухаго рэчыва)

| Біямаса жывых арганізмаў |                |                 |          |                 |
|--------------------------|----------------|-----------------|----------|-----------------|
|                          | На кантынентце |                 | У акіяне |                 |
|                          | Біямаса        | Колькасць (у %) | Біямаса  | Колькасць (у %) |
| Зялёныя расліны          | 2400,0         | 99,2            | 0,2      | 6,3             |
| Жывёлы і мікраарганізмы  | 20,0           | 0,8             | 3,0      | 93,7            |
| Усяго                    | 2420,0         | 100             | 3,2      | 100             |



неце, яно павінна быць прадстаўлена значнай разнастайнасцю форм. Вучоныя мяркуюць, што за ўвесь час існавання жыцця на Зямлі агульная колькасць відаў, якія жылі на ёй у розныя перыяды, складала каля 1 млрд. У сучасны перыяд развіцця біясферы яна роўна прыкладна 2 млн відаў, якія аб'яднаны ў 5 ужо вядомых вам царстваў: Бактэрыі, Пратысты, Грыбы, Расліны, Жывёлы.

Самым вялікім па колькасці відаў (больш за 1,5 млн) з'яўляецца царства





Жывёлы (мал. 6). Яно прыкладна ў 5 разоў пераўзыходзіць па колькасці відаў царства Расліны. Жывёлы планеты, такім чынам, больш разнастайныя, чым расліны. Вядучае становішча сярод жывёл займаюць членістаногія, у прыватнасці насякомыя, на долю якіх прыпадае 75 % ад агульнага ліку відаў. Пасля членістаногіх па колькасці відаў ідзе група малюскаў (каля 130 тыс.), а за імі — хордавыя жывёлы (каля 40 тыс.). Каля 50 % відаў хордавых — прадстаўнікі надкласа Рыбы. Такім чынам, найбольшая біязнастайнасць адзначаецца сярод наземных відаў — насякомых.

У царстве Расліны найбольшы лік відаў (каля 250 тыс.) прыпадае на долю

аддзела Пакрытанасенныя, пераважная большасць якіх — наземныя арганізмы. Прадстаўнікоў царства Грыбы налічваецца больш за 100 тыс. Вірусы з'яўляюцца няклетачнымі формамі жыцця і ў гэту класіфікацыю не ўваходзяць.

Разлік суадносін паміж колькасцю відаў наземных і водных арганізмаў паказвае, што доля відаў наземных жывёл складае 93 % ад агульнага ліку, а водных — толькі 7 %. Такія ж суадносіны відаў характэрны і для раслін: 92 % наземных і 8 % водных. Вынікі гэтых суадносін сведчаць, што наземнае асяроддзе як больш разнастайнае паводле ўмоў дае большыя магчымасці для ўтварэння і існавання відаў, чым воднае.\*



1. Што пакладзена ў аснову падзелу біясферы на дзве структурныя часткі?
2. Якія асноўныя фактары, што ўплываюць на размеркаванне жывога рэчыва ў кантынентальнай частцы біясферы?
3. Якія ўмовы вызначаюць занальнасць гідрасферы?
- 4\*. Якія суадносіны між біямасамі зялёных раслін і жывёл у акіянічнай і кантынентальнай частках біясферы?
- 5\*. У якой з частак біясферы самая вялікая разнастайнасць відаў жывых арганізмаў? З чым гэта звязана?

#### 4. Рэчыва і яго перамяшчэнне ў біясферы

**Хімічны састаў жывога рэчыва.** Як паказана ў табліцы 4, агульная сухая маса жывога рэчыва планеты ў сучасную эпоху блізкая да 2420 млрд т. Гэта велічыня мізэрная ў параўнанні з масай любой з верхніх абалонак зямнога шара. Аднак у якасных адносінах жывое рэчыва ўяўляе сабой частку матэрыі Зямлі, якая най-

больш актыўна ўзаемадзейнічае з рэчывам нежывога асяроддзя. Гэта магчыма толькі пры падабенстве хімічнага саставу жывога рэчыва і зямной кары (мал. 7).

\*Аснову хімічнага саставу зямной кары вызначаюць восем элементаў: О, Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, K. Пры гэтым



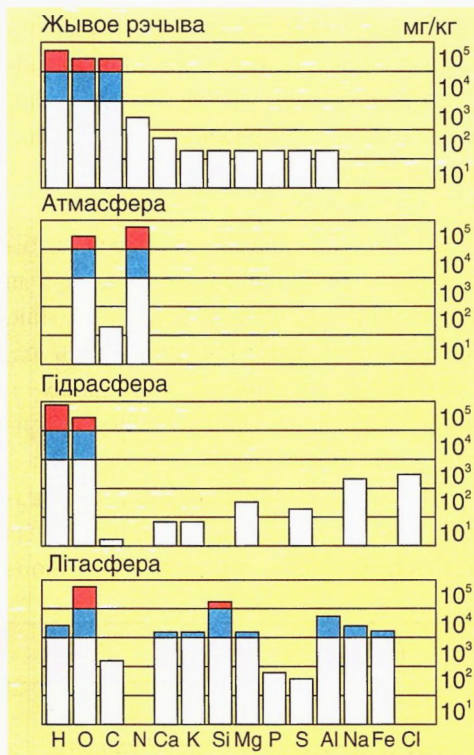


вядучым і найбольш распаўсюджаным з'яўляецца кісларод. Ён складае амаль палову масы зямной кары і 92 % яе аб'ёму. Кісларод хімічна трывала звязаны з іншымі элементамі ў галоўных пародаўтваральных мінералах.

У жывых арганізмах выяўлена больш за 70 хімічных элементаў. Працэнтная колькасць важнейшых з іх паказана ў табліцы 5.

З табліцы відаць, што сем хімічных элементаў клеткі (O, C, H, N, Ca, P, S) у суме складаюць каля 97 % яе хімічнага саставу. Галоўныя састаўныя часткі жывога рэчыва — гэта элементы, шырока распаўсюджаныя і ў нежывой прыродзе. Элементарны састаў жывога рэчыва адрозніваецца ад саставу зямной кары высокім утрыманнем вугляроду. Па колькасці іншых элементаў арганізмы не паўтараюць састаў асяроддзя свайго пражывання. Яны выбіральна і ў неабходнай колькасці паглынаюць патрэбныя для будовы сваіх тканак элементы. Так, у раслінах у параўнанні з літасферай утрымліваецца прыкладна ў 1,5 раза больш кіслароду, у некалькі разоў больш азоту і ў дзесяткі разоў больш вугляроду і вадароду. У арганізме жывёл у параўнанні з літасферай утрыманне азоту, вугляроду, вадароду большае ў дзесяткі разоў; фосфару, серы — у некалькі разоў; кіслароду — у 1,5 раза.

Кожны хімічны элемент у жывым арганізме выконвае пэўную функцыю.



Мал. 7. Хімічныя элементы ў жывым рэчыве, атмасферы, гідрасферы і літасферы

Табліца 5. Хімічныя элементы клеткі і іх сярэдняе ўтрыманне (у вагавых %)

| Элемент | %       | Элемент | %           |
|---------|---------|---------|-------------|
| O       | 60—65   | Mg      | 0,07        |
| C       | 18—20   | I       | 0,01 і менш |
| H       | 8—10    | Fe      | —           |
| N       | 3       | Cu      | —           |
| Ca      | 1,5—2,5 | Mn      | —           |
| P       | 1       | Mo      | —           |
| S       | 0,5     | Co      | —           |
| K       | 0,25    | B       | —           |
| Cl      | 0,2     | Zn      | —           |
| Na      | 0,1     | F       | —           |



Так, магній уваходзіць у састаў малекулы хларафілу, караціну, якія ажыццяўляюць працэс фотасінтэзу, жалеза — у састаў гемаглабіну — дыхальнага пігменту крыві жывёл, сера — у састаў бялкоў і г. д.

Многія арганізмы здольныя выбіральна назапашваць у сваім целе тыя альбо іншыя хімічныя элементы. Так, марскія водарасці назапашваюць ёд, расліны сямейства астрагалавых — селен, матыльковых — малібдэн, фіялкі — цынк.

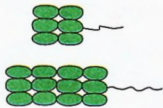
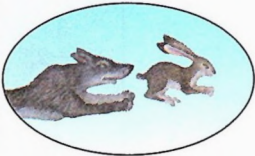
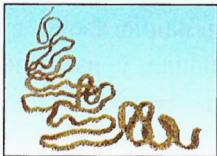
Пасля адмірання жывых арганізмаў і іх раскладання да мінеральных рэчываў хімічныя элементы вяртаюц-

ца ў глебу ці воднае асяроддзе, а адтуль зноў трапляюць у іншыя арганізмы, уцягваючыся такім чынам у новы віток кругавароту рэчываў.

### **Класіфікацыя жывых арганізмаў паводле тыпаў харчавання.**

Харчаванне з'яўляецца важнейшым спосабам перамяшчэння рэчыва паміж рознымі арганізмамі і арганізмамі і неарганічным асяроддзем. Паводле тыпу харчавання арганізмы падраздзяляюцца на дзве групы: аўтатрофы і гетэратрофы (мал. 8).

**Аўтатрофы** (грэч. *autós* — сам, *trophē* — ежа) — **жывыя арганізмы, якія ствараюць (сінтэзуюць) усе**

| Тыпы                | Спосабы                                                                                                         |                                                                                                        |                                                                                                         |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Аўтатрофны</b>   | <b>Фотааўтатрофны</b>                                                                                           |                                                                                                        |                                                                                                         |
|                     | Расліны<br>                   | Цыянабактэрыі<br>    | Зялёныя бактэрыі<br> |
|                     | <b>Хемааўтатрофны</b>                                                                                           |                                                                                                        |                                                                                                         |
|                     | Серабактэрыі<br><br>Субстрат | Жалезабактэрыі<br> |                                                                                                         |
| <b>Гетэратрофны</b> | Галазойны<br>                | Сапратрофны<br>     | Паразітычны<br>     |

Мал. 8. Тыпы і спосабы харчавання жывых арганізмаў





неабходныя для жыцця арганічных рэчывы з неарганічных. У залежнасці ад крыніцы энергіі вылучаюць два спосабы харчавання: фотааўтатрофны і хемааўтатрофны.

Да фотааўтатрофаў адносяцца арганізмы, якія ўтрымліваюць хларафіл, з дапамогай якога яны выкарыстоўваюць энергію Сонца для сінтэзу арганічных рэчываў з вуглякіслага газу і вады (серабактэрыі замест вады выкарыстоўваюць серавадарод). Да гэтай групы адносіцца пераважная большасць раслін, шмат якія пратысты і некаторыя бактэрыі. Побачным прадуктам фотасінтэзу ў большасці фотааўтатрофаў з'яўляецца  $O_2$ .

Да хемааўтатрофаў належыць група бактэрый, якія ўтвараюць арганічныя рэчывы за кошт выкарыстання энергіі хімічных рэакцый акіслення простых неарганічных рэчываў. Да гэтай групы адносяцца жалезабактэрыі, бясколерныя серабактэрыі, вадародныя бактэрыі і інш.

Арганічнае рэчыва, якое ствараецца аўтатрофамі, называецца *першасным*, паколькі яно ўтворана з неарганічнага, а самі арганізмы — *першаснымі прадукцэнтамі*. Іх роля ў біясферы велізарная, бо яны з'яўляюцца першаснымі пастаўшчыкамі арганічнага рэчыва, якое затым выкарыстоўваецца ўсімі астатнімі жывымі арганізмамі — гетэратрофамі.

**Гетэратрофы** (грэч. *héteros* — іншы, *trophē*) — **жывыя арганізмы**,

якія існуюць за кошт спажывання гатовых арганічных рэчываў, што ствараюцца аўтатрофамі. Да гетэратрофаў адносяцца ўсе жывёлы і чалавек, грыбы, а таксама расліны і мікраарганізмы, не здольныя да фотасінтэзу і хемасінтэзу. Арганічнае рэчыва, якое ўтвараецца гетэратрофамі, называецца *другасным*, а самі арганізмы — **кансументамі (спажывуцямі)**.

Вылучаюць некалькі спосабаў гетэратрофнага харчавання.

Галазойны (грэч. *hólos* — увесь, *zōon* — жывёла) — ежа захопліваецца арганізмам усярэдзіну цэла, пераварваецца, расщчапляючыся да простых спалучэнняў, якія затым усмоктваюцца і засвойваюцца. Неперавараныя рэшткі ежы выдаляюцца з арганізма ў навакольнае асяроддзе. Галазойны спосаб харчавання характэрны для большасці жывёл.

Жывёлы, якія харчуюцца расліннай ежай, называюцца *раслінаеднымі (травяеднымі)*, якія харчуюцца іншымі жывёламі, — *драпежнымі*, якія харчуюцца як расліннай, так і жывёльнай ежай, — *усеяднымі*.

Сапратрофны (грэч. *saprós* — гнілы, *trophē*) — арганізмы выкарыстоўваюць для свайго харчавання арганічныя рэчывы мёртвых цел і выдзяленні (экскрэменты) жывёл. Сапратрофныя арганізмы выдзяляюць стрававальныя ферменты непасрэдна на прадукты харчавання, якія пад іх уздзеяннем расщчапляюцца да больш



простых рэчываў, а затым усмоктваюцца і засвойваюцца. Да сапрафітаў адносяцца большасць бактэрый і грыбоў.

Паразітычны (грэч. *parásitos* — нахлебнік, дармаед) — арганізм-паразіт жыве за кошт пажыўных рэчываў арганізма-гаспадара. Гэты спосаб характэрны для многіх бактэрый (*дыфтэрыйна* і *слупняковая палачкі*, *стафілакок*, *халерны вібрыён* і інш.), пратыстаў (*малярыйны плазмодый*, *трыхаманада*, *лямблія*), жывёл (пя-

чоначныя *смактуны*, *стужачныя чэрві*, *аскарыды* і інш.), вышэйшых раслін (*навітуха еўрапейская*, *заразіха*, *таемнік*, *рафлезія*) і грыбоў.

Існуе група арганізмаў, якія ў залежнасці ад умоў пражывання могуць мяняць тып харчавання. Напрыклад, на святле эўглены — тыповыя фотааўтатрофы, а пры недахопе святла пачынаюць харчавацца гатовым арганічным рэчывам. Такі тып харчавання называюць **аўтагетэратрофным**.



**1.** Якія хімічныя элементы пераважаюць у жывым рэчыве біясферы? **2.** У чым заключаецца падабенства і адрозненне хімічнага саставу жывога рэчыва і зямной кары? **3.** Які асноўны спосаб руху рэчыва ў біясферы? **4.** У чым заключаецца прынцыповае адрозненне аўтатрофнага і гетэратрофнага тыпаў харчавання? **5.** Якія крыніцы энергіі выкарыстоўваюць аўтатрофныя арганізмы для сінтэзу арганічных рэчываў? **6.** Якія існуюць спосабы гетэратрофнага харчавання жывых арганізмаў?

## \*5. Уласцівасці жывога рэчыва

Цэнтральнае звязно біясферы — **жывое рэчыва**. Яно валодае шэрагам асаблівых уласцівасцей. Дзякуючы ім унікальнасць жывога рэчыва планеты Зямля заключаецца ў наступным.

**1.** Жывое рэчыва біясферы ўтрымлівае ў сабе **велізарную энергію, здольную выконваць працу**. Такія ўласцівасці жывых арганізмаў, як размнажэнне, рост, развіццё, харчаванне, рух, дыханне, з'яўляюцца праявамі гэтай працы.

**2.** Хуткасць працякання хімічных рэакцый у жывых арганізмах дзя-

куючы ўдзелу біялагічных **каталізатараў — ферментаў** — у сотні, тысячы разоў *большая*, чым пры вытворчасці гэтых жа рэчываў хімічнымі метадамі.

**3.** Хімічныя **злучэнні**, якія ўваходзяць у састаў жывога рэчыва (бялкі, тлушчы, вугляводы і інш.), **устойлівыя толькі ў жывых арганізмах**. Дзякуючы самарэгуляцыі жывыя арганізмы здольныя падтрымліваць пастаянны хімічны састаў, нягледзячы на значныя змены знешняга асяроддзя. Пасля адмірання арганізмаў гэта здольнасць





страчваецца, а арганічныя рэшткі хутка разбураюцца і ўключаюцца ў кругавароты рэчываў.

4. Жывому рэчыву ўласціва **рухомасць**. У. І. Вярнадскі вылучаў дзве формы рухомасці: пасіўны і актыўны рух. Для арганізмаў усіх царстваў характэрны размнажэнне і рост, ці *пасіўны рух*.

*Актыўны рух* ажыццяўляецца за кошт накіраванага перамяшчэння арганізмаў. Ён характэрны для большасці жывёл, некаторых бактэрый і пратыстаў. Дзякуючы розным формам руху жывое рэчыва здольна запайняць сабой усю прастору. Гэты працэс У. І. Вярнадскі назваў **ціскам жыцця**.

5. Жывыя арганізмы больш разнастайныя як паводле знешняй будовы, так і паводле хімічнага саставу, чым нежывыя прыродныя целы. Так, вонкавае адрозненне між бактэрыяй і сланом намнога большае, чым між самымі рознымі нежывымі аб'ектамі. Вядома некалькі мільёнаў відаў арганічных рэчываў, якія ўваходзяць у састаў жывога рэчыва, у той час як колькасць прыродных неарганічных злучэнняў (мінералаў) складае ўсяго каля 2 тыс.

6. Жывое рэчыва прадстаўлена ў біясферы асобнымі цэламі — **індыўдуальнымі арганізмамі**, памеры якіх вагаюцца ад 20 нм у найбольш дробных вірусаў да 120 м у раслін. Такім чынам, дыяпазон адрозненняў у паве-

рах жывых арганізмаў складае больш за  $10^9$ .

7. Будучы індыўдуальнымі, жывыя арганізмы ніколі не існуюць у выглядзе асобных папуляцый (сукупнасці арганізмаў аднаго віду): яны заўсёды прадстаўлены згуртаваннямі розных відаў — **біяцэнозамі**. Паміж членамі біяцэнозаў існуюць разнастайныя формы ўзаемадзеяння, галоўнымі з якіх з'яўляюцца **харчовыя**.

8. Жывыя арганізмы існуюць на Зямлі ў форме бесперапыннага чаргавання пакаленняў, што садзейнічае іх абнаўленню. Самую вялікую хуткасць размнажэння, а значыць, і самую вялікую хуткасць перадачы і пераразмеркавання хімічных рэчываў, з якіх яны складаюцца, маюць мікраарганізмы — бактэрыі, пратысты. Падлічана, што ў сярэднім для біясферы хуткасць абнаўлення жывога рэчыва складае 8 гадоў, пры гэтым для наземных арганізмаў — 14 гадоў, а для водных, дзе пераважаюць арганізмы з кароткім перыядам жыцця (напрыклад, раслінны і жывёльны планктон), — 33 дні. У выніку высокай хуткасці абнаўлення за ўсю гісторыю існавання жыцця агульная маса жывога рэчыва, якое прайшло праз біясферу, прыкладна ў 12 разоў перавышае масу Зямлі. Толькі невялікая яго частка закансервавана ў выглядзе арганічных ці мінеральных залежаў, астатняя ж уключылася ў працэсы кругавароту рэчываў.



9. Для жывога рэчыва характэрна здольнасць да эвалюцыйнага працэсу, дзякуючы якому адбываецца парушэнне абсалютнага капіравання папярэдніх пакаленняў. Гэта здольнасць дазваляе жывым арганізмам прыстасоўвацца да змен умоў існавання.

10. Жывое рэчыва, у адрозненне ад нежывога, **пастаянна ажыццяўляе геахімічную працу**. Так, 1 г архейскага граніту (са старажытных слаёў зямной кары) і цяпер застаецца 1 г гэтага ж рэчыва. А жывое рэчыва той жа масы (1 г) на працягу мільярдаў гадоў існавала за кошт змены пакаленняў жывых арганізмаў і праводзіла геахімічную працу. Яна заключалася ва ўцягванні разнастайных хімічных элементаў з зямной кары ў са-

стаў цел жывых арганізмаў, а пасля іх адмірання і раскладання — у вяртанні зноў у зямную кару. Адпаведна і маса рэчыва, перапрацаванага (уцягнутага і вернутага) жывымі арганізмамі, нашмат перавышае іх уласную масу.

Такім чынам, на планеце Зямля няма больш актыўнага і магутнага рэчыва, чым жывое. Пры ўдзеле жывых арганізмаў утварыліся і ўтвараюцца каменны вугаль, нафта, торф, мел, вапняк і іншыя рэчывы, названыя У. І. Вярнадскім **біягенным** (г. зн. народжаным жыццём) **рэчывам** біясферы. Жывыя арганізмы ўдзельнічаюць і ва ўтварэнні **біякоснага рэчыва**, г. зн. пераўтворанага жыццём нежывога (коснага) рэчыва — амаль усіх вод біясферы, прыземнай атмасферы, глебы.



**1.** Як вы разумееце ўласцівасць жывога рэчыва выконваць працу? **2.** Якія віды рухомасці жывога рэчыва вылучаў У. І. Вярнадскі? **3.** Дзякуючы якой уласцівасці жывое рэчыва прыстасоўваецца да змен умоў існавання? **4.** Якія новыя тыпы рэчываў утварыліся на планеце пры ўдзеле жывога рэчыва? Прывядзіце прыклады.\*

## 6. Біягеахімічныя функцыі жывога рэчыва

Каб лепш уявіць ролю жывых арганізмаў, якія пераўтвараюць выгляд планеты, У. І. Вярнадскі зводзіў усю іх дзейнасць да выканання дзевяці галоўнейшых біягеахімічных функцый.

**1. Энергетычная функцыя** заключаецца ў звязванні сонечнай энергіі ў

працэсе фотасінтэзу, які ажыццяўляецца фотааўтатрофнымі арганізмамі з утварэннем арганічных рэчываў з вуглякіслага газу і вады. Траваедныя жывёлы харчуюцца расліннай ежай і з'ядаюцца драпежнікамі. Такім чынам, сонечная энергія назапашваецца і перапарызмаецца паміж асобны-





мі кампанентамі біясферы. Фотааўта-трофныя арганізмы з'яўляюцца першаснымі пастаўшчыкамі энергіі для ўсіх іншых арганізмаў біясферы. Дзякуючы выкананню гэтай функцыі на планеце Зямля ажыццяўляюцца ўсе жыццёвыя працэсы арганізмаў усіх царстваў.

**2. Газавая функцыя** заключаецца ў здольнасці змяняць і падтрымліваць пэўны газавы састаў асяроддзя пражывання і атмасферы ў цэлым. Пераважная маса газаў на планеце (азот, кісларод, вуглякіслы газ, серавадарод, метан і інш.) мае біягеннае паходжанне. Важнейшымі працэсамі газаўтварэння з'яўляюцца фотасінтэз і дыханне раслін, жывёл і мікраарганізмаў, якія суправаджаюцца вылучэннем і паглыннаннем кіслароду і вуглякіслага газу. Фотасінтэзуючыя арганізмы адыгралі вырашальную ролю ў фарміраванні саставу сучаснай атмасферы.

**3. Канцэнтрацыйная функцыя** звязана са здольнасцю арганізмаў назапашваць у сваім целе больш некаторых хімічных элементаў, чым іх утрымліваецца ў асяроддзі пражывання. Напрыклад, дыятомавыя водарасці, крэмневыя губкі назапашваюць крэмній. Шкілеты пазваночных жывёл утрымліваюць да 60 %, а ракавіны некаторых малюскаў — да 100 % фасфату кальцыю. Вынікам канцэнтрацыйнай функцыі жывога рэчыва з'яўляецца ўтварэнне залежаў

гаручых выкапняў, вапнякоў, рудных радовішчаў і г. д.

**4. Акісляльна-аднаўленчая функцыя.** Акісляльна-аднаўленчыя рэакцыі ляжаць у аснове працэсаў абмену рэчываў любога жывога арганізма. Пад уплывам жывога рэчыва ўзмацняюцца працэсы як акіслення (дзякуючы ўзбагачэнню асяроддзя кіслародам), так і аднаўлення, калі адбываюцца працэсы гніення арганічных рэчываў пры недахопе кіслароду. Аднаўленчыя працэсы звычайна суправаджаюцца ўтварэннем і назапашваннем серавадароду і метану. Гэтыя працэсы робяць практычна безжыццёвымі глыбінныя зоны балот, а таксама значныя прыдонныя тоўшчы вады (напрыклад, у Чорным моры).

**5. Дэструкцыйная функцыя** звязана са здольнасцю жывых арганізмаў разбураць мёртвае арганічнае рэчыва да мінеральных рэчываў, здольных уцягвацца ў новы цыкл кругавароту. Велізарная колькасць сапратрофных арганізмаў раскладае мёртвае арганічнае рэчыва. Аднак апошнюю фазу раскладання да простых мінеральных рэчываў ажыццяўляюць бактэрыі і грыбы. Менавіта ў гэтым і заключана іх галоўная біясферная роля.

Акрамя раскладання мёртвага рэчыва арганічнай прыроды, жывыя арганізмы здольны разбураць і неарганічныя рэчывы — мінералы, горныя пароды рознага паходжання. Так, не-



каторыя віды *свідравальных цыяна-бактэры* пасяляюцца на карбонатных пародах і адыгрываюць значную ролю ў вяртанні ў кругаварот не толькі кальцыю, але і іншых жыццёва важных элементаў — магнію і фосфару. Першапасяленцы на голых скалах — цыянабактэрыі, лішайнікі і грыбы — вядуць з горнымі пародамі сапраўдную «хімічную вайну». У іх арсенале растворы як неарганічных кіслот: вугальнай, азотнай, сернай (аж да 10-працэнтнага раствору, здольнага прапаліць паперу!), так і арганічных. Раскладаючы тыя ці іншыя мінералы, арганізмы выбіральна здабываюць з іх кальцый, калій, натрый, фосфар, крэмній, а таксама многія мікраэлементы, тым самым уцягваючы іх у біялагічны кругаварот.

Відавочна, што біясфера — гэта не толькі «фабрыка» па вытворчасці складаных арганічных малекул, але і агромністы «млын», які бесперапынна працуе чацвёрты мільярд гадоў. У. І. Вярнадскі на гэты конт пісаў: «Мы не маем на Зямлі больш магутнага здрабляльніка матэрыі, чым жывое рэчыва».

**6. Асяроддзеўтваральная функцыя** заключаецца ў пераўтварэнні фізіка-хімічных параметраў асяроддзя пражывання жывых арганізмаў у выніку іх жыццядзейнасці. Дзякуючы жывым арганізмам у атмасферы адбылося назапашванне кіслароду. Яны таксама аказваюць уплыў на наяўнасць

у атмасферы вуглякіслага газу, азоту, метану, вадароду. Велізарная колькасць метану паступае з балот, а таксама пры гніенні арганічнага рэчыва на гарадскіх звалках. Дзейнасць жывых арганізмаў сфарміравала сучасны састаў атмасферы, ад якога залежаць радыяцыйны і цеплавы рэжымы на планеце, спектральны састаў сонечнага святла, якое дасягае паверхні Зямлі. Расліннае покрыва Зямлі істотна вызначае водны баланс, размеркаванне вільгаці і кліматычныя асаблівасці вялікіх тэрыторый. Асабліва вялікая асяроддзеўтваральная роля лясоў. Яны рэгулююць водны рэжым рэк і азёр, павышаюць колькасць вільгаці ў атмасферы, ахоўваюць палі ад сухавеяў і пылавых бур, ачышчаюць атмасферу ад шкодных газаў і абагачаюць яе кіслародам.

Жывыя арганізмы адыгрываюць вядучую ролю ў самаачышчэнні паветра, рэк і азёр, ад іх шмат у чым залежаць салявы састаў прыродных вод і размеркаванне многіх хімічных рэчываў паміж сушай і акіянам. Дзякуючы сумеснай дзейнасці раслін, жывёл і мікраарганізмаў ствараецца глеба і падтрымліваецца яе ўрадлівасць.

Вялікая роля жывёл-землярыяў у глебе: яны перамешваюць яе, рыхляць, абагачаюць кіслародам, арганічным рэчывам. Усё гэта змяняе структуру глебы і ўмовы жыцця ўсіх глебавых арганізмаў.





**\*7. Транспартная функцыя** выражаецца ў пераносе рэчыва і энергіі ў выніку актыўнай формы руху арганізмаў. Істотны ўклад у вертыкальнае перамяшчэнне рэчыва ў глебе ўносяць рыючыя арганізмы, якія дастаўляюць на яе паверхню матэрыял з падглебавых гарызонтаў.

Пры міграцыях і качаваннях жывёл таксама ажыццяўляюцца гарызантальны і вертыкальны пераносы рэчываў на значныя адлегласці. З прэсных вадаёмаў значная частка рэчываў выносіцца на сушу процьмай крылатых насякомых, якія маюць водных лічынак (*камароў, стракоз, аўсянікаў, вяснянак*, некаторых відаў *жукоў, мух*).

Транспартную функцыю ажыццяўляюць і расліны шляхам паглынання і выпарэння (транспірацыі) глебавай вільгаці з мінеральнымі рэчывамі. Падлічана, што пры ўтварэнні кожнага грама біямасы вышэйшых раслін выпарваюць 100 г вады. Такім чынам, і элементам мінеральнага жыўлення раслін таксама забеспечаны біягенны транспарт.

**8. Рассейвальная функцыя** з'яўляецца паводле сваіх вынікаў супрацьлеглай канцэнтрацыйнай. Напрыклад, рассейванне рэчыва адбываецца пры выдзяленні арганізмамі экскрэментаў, калі арганізмы гінуць, пры рознага роду перамяшчэннях у прасторы, змене покрыва. Жалезагемаглабіну крыві рассейваецца, напрыклад, кровасысучымі насякомымі і да т. п.

**9. Інфармацыйная функцыя** жывога рэчыва звязана з назапашваннем, замацаваннем і перадачай спадчыннай інфармацыі наступным пакаленням жывых арганізмаў. Гэта забяспечвае пераемнасць жыцця і яе здольнасць да адаптацыі ў зменлівых умовах асяроддзя.\*

Падкрэсліваючы разнастайныя бакі актыўнасці жывых арганізмаў, У. І. Вярнадскі пісаў: «Жывое рэчыва ахоплівае і перабудоўвае ўсе хімічныя працэсы біясферы. Арганізмы — самая магутная геалагічная сіла».



**1.** Дзякуючы якой функцыі жывога рэчыва ўтварыліся залежы гаручых карысных выкапняў, вапнякоў, руд? **2.** Якую ролю адыгрывае выкананне дэструкцыйнай функцыі жывога рэчыва ў кругавароце рэчываў? **3.** Як вы разумееце асяроддзеўтваральную функцыю жывога рэчыва? Растлумачце прыкладамі. **4\*.** Якая функцыя жывога рэчыва паводле сваіх вынікаў з'яўляецца супрацьлеглай канцэнтрацыйнай?



## 7. Кругаварот рэчываў у біясферы

*Кругаварот рэчываў — абавязковая ўмова бесперапыннасці жыцця на планеце.* Запасы розных рэчываў на Зямлі велізарныя, але не бясконцыя. Калі б мінеральныя элементы, неабходныя для ажыццяўлення функцый жыцця, толькі спажываліся, жыццё даўно павінна было б спыніцца. «Адзіны спосаб надаць абмежаванай колькасці ўласцівасць бясконцага, — пісаў глебазнавец акадэмік В. Р. Уільямс, — гэта прымусяць яе круціцца па замкнёнай крывой». Такім чынам, каб забяспечыць працягласць існавання жыцця, неабходна перамяшчэнне біялагічна важных рэчываў паміж літасферай, атмасферай, гідрасферай і жывымі арганізмамі. Таму пад **кругаваротам рэчываў разумеюць паўтаральны працэс ператварэння і перамяшчэння рэчываў у прыродзе, які мае больш ці менш выяўлены цыклічны характар.**

У кругавароце рэчываў прымаюць удзел усе жывыя арганізмы, якія паглынаюць са знешняга асяроддзя адны рэчывы і выдзяляюць у яе іншыя. Так, расліны на святле спажываюць са знешняга асяроддзя вуглякіслы газ, ваду і мінеральныя солі і выдзяляюць у яго кісларод. Жывёлы ўдыхаюць выдзелены раслінамі кісларод. З'ядаючы расліны, яны засвойваюць сінтэзаваныя арганічныя рэчывы і выдзяляюць

вуглякіслы газ і неперавараныя рэшткі ежы. Пры раскладанні бактэрыямі і грыбамі адмерлых раслін і жывёл утвараецца дадатковая колькасць вуглякіслага газу, а арганічныя рэчывы ператвараюцца ў мінеральныя, якія трапляюць у глебу ці вадаёмы і зноў выкарыстоўваюцца раслінамі. Такім чынам, хімічныя элементы, з якіх складаюцца рэчывы, што паглынаюцца і выдзяляюцца, пастаянна здзяйсняюць міграцыю з аднаго арганізма ў другі, з глебы, атмасферы і гідрасферы ў жывыя арганізмы, а з іх — у асяроддзе іх пражывання. Гэтыя працэсы паўтараюцца бясконцае мноства разоў.

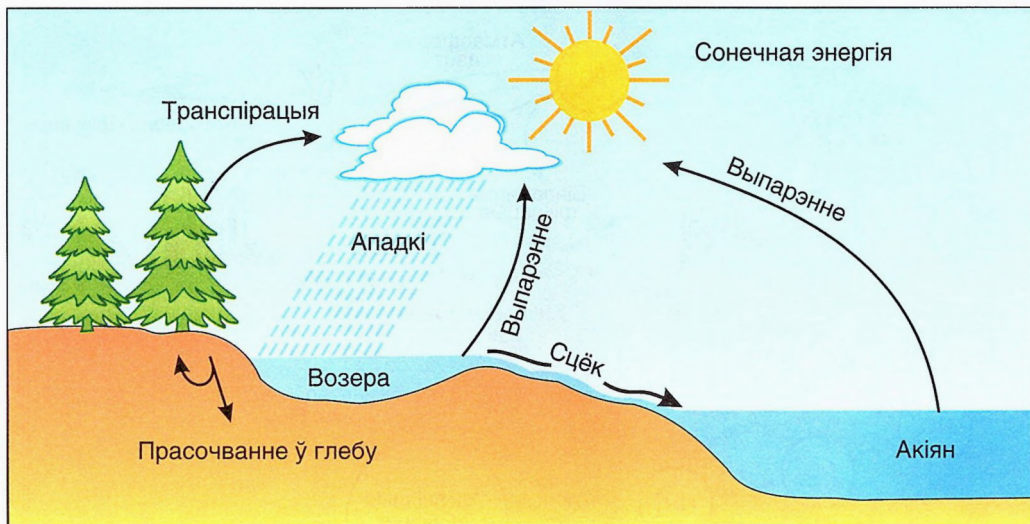


Падлічана, што ўвесь атмасферны кісларод праходзіць праз жывое рэчыва за 2 тыс. гадоў, увесь вуглякіслы газ — за 200—300 гадоў. Уся вада акіянаў, мораў і рэк раскладаецца і аднаўляецца ў біятычным кругавароце за 2 млн гадоў. Такім чынам, за ўвесь час існавання жыцця на Зямлі не толькі вуглякіслы газ і кісларод, але і ўся вада прайшлі праз жывое рэчыва не адну тысячу разоў.

Кругаварот рэчываў, як і ўсе працэсы, што адбываюцца ў прыродзе, патрабуе пастаяннага прытоку энергіі. Яе крыніцай з'яўляецца праменная энергія Сонца. Такім чынам, жыццё на Зямлі падтрымліваецца толькі пры ўмове пастаяннага кругавароту рэчываў і прытоку сонечнай энергіі.

Сонечная энергія выклікае на Зямлі два віды кругавароту рэчываў: вялі-





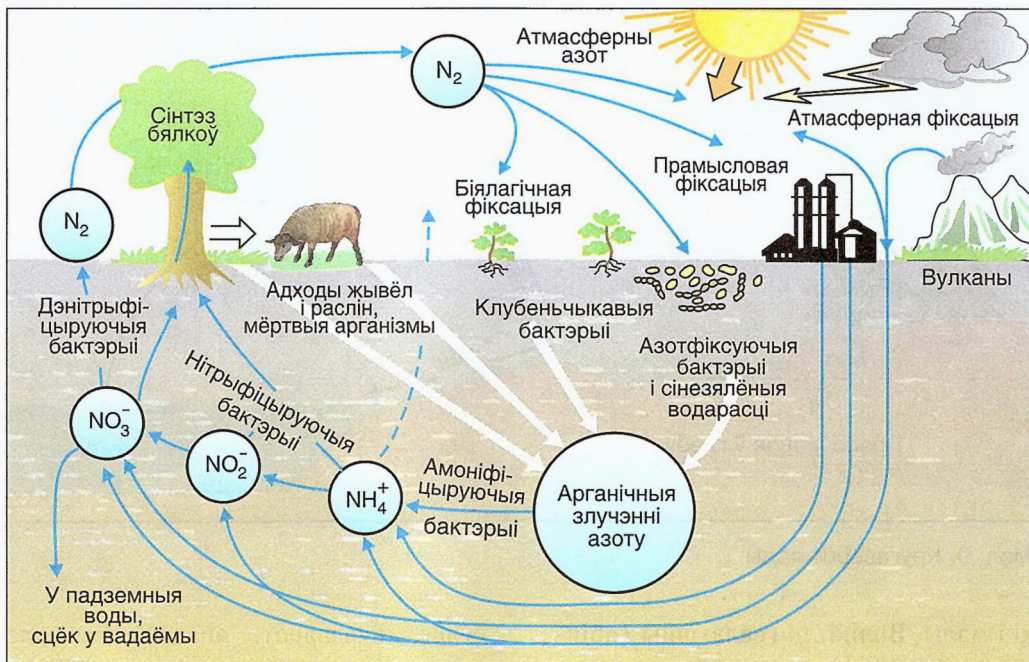
Мал. 9. Кругаварот вады

кі і малы. **Вялікі**, ці **геалагічны (абіятычны)**, кругаварот найбольш ярка праяўляецца ў кругавароце вады і цыркуляцыі атмасферы. **Малы**, ці **біялагічны (біятычны)**, кругаварот развіваецца на аснове вялікага, выкарыстоўваючы асаблівасці апошняга.

**Кругаварот вады** (мал. 9). Вада — самае распаўсюджанае рэчыва біясферы. Каля паловы ўсёй сонечнай энергіі, якая паступае на Зямлю, затрачваецца на выпарэнне вады з паверхні акіянаў і сушы. Выпарваючыся, пара вады пераносіцца паветранымі патокамі на значныя адлегласці. Большая частка вады, якая выпарылася, вяртаецца ў выглядзе дажджу ў акіян, меншая — на сушу. Пры гэтым з паверхні акіянаў выпарваецца вады болей, чым вяртаецца з ападкамі. На

сушы, наадварот, ападкаў выпадае больш, чым выпарваецца вады. Лішкі яе сцякаюць у рэкі, азёры, а з іх — зноў у акіян.

Як бачым, глабальны кругаварот вады адбываецца дзякуючы фізічным працэсам: выпарэнню, кандэнсацыі, пераносу рэчываў і г. д. Роля жывога рэчыва ў ім, здавалася б, невялікая. Аднак на кантынентах маса вады, якая выпарваецца раслінамі, вельмі істотная. Так, з 1 га лесу яна складае прыкладна 20—50 т у суткі. Акрамя таго, расліннае покрыва замаруджвае сцёк вады і падтрымлівае пастаянны ўзровень грунтовых вод. У выніку зоны сушы, пакрытыя расліннасцю, функцыянуюць ва ўласным адносна замкнёным водным рэжыме.



Мал. 10. Кругаварот азоту

**Кругаварот азоту** (мал. 10). Азот з’яўляецца неабходным элементам важнейшых арганічных злучэнняў любой жывой клеткі. Асноўныя яго запасы канцэнтраваны ў атмасферы ў форме малекулярнага азоту, які недаступны для раслін.

Шляхі паступлення ў глебу і воднае асяроддзе звязаных форм азоту розныя. Так, невялікая колькасць азоцістых злучэнняў утвараецца ў атмасферы ў час навалыніц. Разам з дажджавымі водамі яны трапляюць у воднае ці глебавае асяроддзе. Злучэнні азоту выдзяляюцца і пры вывяржэнні вулканаў.

Засвойваць атмасферны малекулярны азот здольныя толькі некаторыя пракарыёты (бактэрыі і цыянабактэрыі), якія маюць для гэтага спецыяльны ферментны комплекс — **нітрагеназу**. Найбольш актыўнымі азотфіксатарамі з’яўляюцца клубеньчыкавыя бактэрыі роду *рызобіум*, якія пасяляюцца ў клетках каранёў бабовых і некаторых іншых раслін. Дзякуючы іх азотфіксавальнай дзейнасці 1 га пасеваў бабовых культур за вегетацыйны перыяд назапашвае ў сярэднім 200—300 кг азоту і абагачае ім глебу. У вадаёмах азотфіксатарамі з’яўляюцца некаторыя віды цыянабактэ-



рый (*насток, анабена*), масавае развіццё якіх выклікае «цвіценне» вады (мал. 11). Пасля раскладання адмерлых цыанабактэрый вадаём узбагачаецца азоцістымі злучэннямі.

Азотзмязчальныя арганічныя рэчывы адмерлых арганізмаў раскладаюцца гніласнымі (аманіфіцуючымі) бактэрыямі да аміяку. Асноўная маса ўтваральнага аміяку акісляецца далей нітрыфіцуючымі бактэрыямі да нітрытаў і нітратаў, якія засвойваюцца раслінамі. Некаторая частка аміяку адыходзіць у атмасферу і разам з вуглякіслым і іншымі газами ўдзельнічае ў стварэнні парніковага эфекту — утрыманні цяпла ў атмасферы планеты.

Розныя формы азоцістых злучэнняў глебы і воднага асяроддзя аднаўляюцца некаторымі відамі бактэрый да аксідаў і малекулярнага азоту. Гэты працэс называецца *дэнітрыфікацыяй*. Яго вынікам з'яўляецца збядненне глебы і вады злучэннямі азоту і папаўненне атмасферы малекулярным азотам.

Працэсы нітрыфікацыі і дэнітрыфікацыі ў прыродзе былі збалансаваны да пачатку інтэнсіўнага прымянення чалавекам мінеральных азотных угнаенняў для атрымання высокіх ураджаяў сельскагаспадарчых раслін. У цяперашні час з-за гэтага назіраецца назапашванне злучэнняў азоту ў глебе, раслінах, грунтавых водах.



Мал. 11. «Цвіценне» вады





### Кругаварот вугляроду (мал. 12).

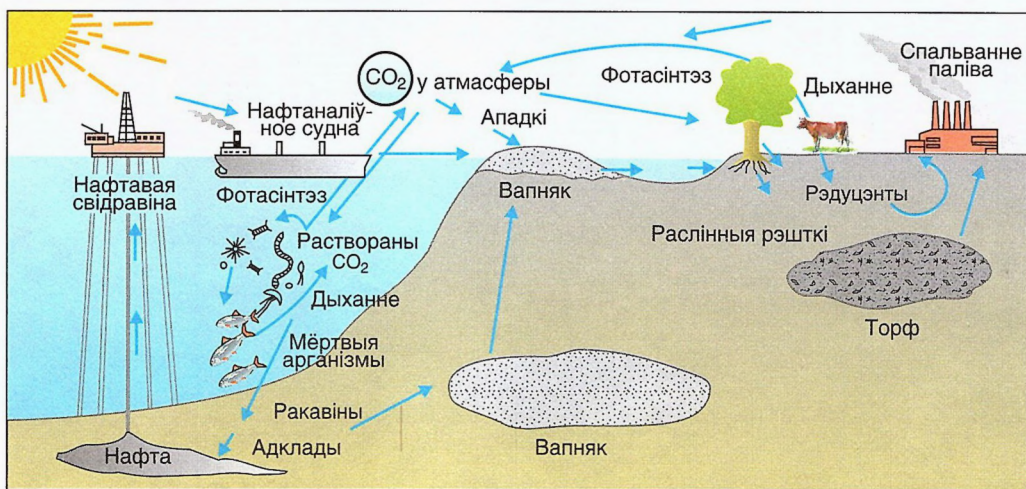
Вуглярод — абавязковы хімічны элемент усіх арганічных рэчываў. Велізарная роля ў кругавароце гэтага элемента належыць раслінам. У працэсе фотасінтэзу вуглякіслы газ атмасферы і гідрасферы выкарыстоўваецца наземнымі і воднымі раслінамі, а таксама цыянабактэрыямі і ўключаецца ў састаў арганічных рэчываў. У працэсе дыхання ў клетках усіх жывых арганізмаў адбываецца зваротны працэс: вуглярод арганічных злучэнняў пераходзіць у склад малекул вуглякіслага газу. У працэсы фотасінтэзу і дыхання ўцягваюцца дзесяткі мільярдаў тон вугляроду, што і прыводзіць да яго цыркуляцыі ў біясферы.

Яшчэ адным магутным спажывцом вугляроду з'яўляюцца марскія арганізм-

мы, якія выкарыстоўваюць яго злучэнні для пабудовы ракавін і шкільетных утварэнняў. З вапняковых ракавін і шкільетаў адмерлых арганізмаў на дне мораў і акіянаў утвораны магутныя адклады вапнякоў.

Цыкл вугляроду замкнёны не цалкам. Вуглярод можа надоўга выходзіць з кругавароту, утвараючы залежы каменнага вугалю, торфу, нафты, вапнякоў, сапрапеляў (донных арганічных глеяў), гумусу і інш.

Чалавек парушае адрэгуляваны прыродай кругаварот вугляроду ў ходзе сваёй гаспадарчай дзейнасці. За кошт спальвання велізарнай колькасці выкапнёвага паліва колькасць вуглякіслага газу ў атмасферным паветры за мінулае стагоддзе ўзрасла амаль на чвэрць.



Мал. 12. Кругаварот вугляроду





Знаёмства з кругаваротамі асобных хімічных рэчываў дае вам магчымасць убачыць, што яны не ізаляваны адзін ад аднаго, а ўзаемазвязаны як між сабой, так і з вялікім геалагічным кругаваротам. Біятычны кругаварот рэчы-

ваў планеты з'яўляецца складанай сістэмай прыватных кругаваротаў. Гэтыя кругавароты адбываюцца ў экасістэмах (біягеацэнозах), у якіх шматлікія арганізмы розных відаў звязаны між сабой рознымі формамі ўзаемадзеяння.



**1.** Абгрунтуйце неабходнасць кругавароту рэчываў у біясферы. **2.** Якія працэсы з'яўляюцца галоўнымі ў кругавароце вады ў біясферы? **3.** Якая роля жывога рэчыва ў кругавароце вады? **4.** Якая група арганізмаў здольная да прамой фіксацыі малекулярнага азоту атмасферы? **5.** Дзякуючы якім працэсам азот арганічных рэчываў адмерлых арганізмаў ператвараецца ў неарганічныя злучэнні? **6.** Якая форма вугляроду найбольш актыўна ўдзельнічае ў кругавароце гэтага элемента?

## \*8. Эвалюцыя і стабільнасць біясферы

**Эвалюцыя біясферы.** Сучасная структура біясферы і межы пражывання існуючых цяпер арганізмаў фарміраваліся паступова ў выніку доўгай гісторыі Зямлі, пачынаючы з яе ўзнікнення і да цяперашняга часу.

Доказы развіцця біясферы шматлікія і бясспрэчныя. Гэта перш за ўсё выкапнёвыя рэшткі старажытных арганізмаў. Вывучаючы іх, вучоныя ўстанавілі галоўныя этапы ў гісторыі развіцця арганічнага жыцця на планеце. Палеантолагі таксама прыйшлі да высновы, што мільярды асобін продкаў сучасных жывёл і раслін незваротна зніклі ў геалагічным мінулым, не пакінуўшы пасля сябе аніякіх слядоў (акамянеласцей, адбіткаў, муміфікацый). А вось геахімічныя сляды існавання старажытных арганізмаў

захаваліся ў выглядзе арганічных злучэнняў у асадкавых горных пародах зямной кары. Так, у старажытных пародах, узрост якіх каля 3 млрд гадоў, быў знойдзены вуглярод біягеннага фотасінтэтычнага паходжання.

Адзін з важнейшых этапаў развіцця жыцця на Зямлі цесна ўзаемазвязаны са змяненнем колькасці кіслароду ў атмасферы і станаўленнем аэнавага экрану.

Старажытныя фотааўтатрофныя цыянабактэрыі насычалі кіслародам тоўшчу першаснага Сусветнага акіяна. Затым паступова ў сувязі з ростам і размнажэннем фотасінтэзуючых арганізмаў колькасць свабоднага кіслароду стала ўзрастаць, і ён пачаў паступаць у атмасферу. Гэта стварыла перадумовы для ўтварэння аэнавага



экрана, які паглынаў згубнае для жывых арганізмаў караткахвалевае ультрафіялетавае выпраменьванне.

Да канца палеазою, у пермскім перыядзе, канцэнтрацыя кіслароду ў атмасферы дасягнула сучаснага ўзроўню. Яго колькасць разам з фарміраваннем аэравага слоя дазволіла арганізмам выйсці на сушу. Гэта палажыла пачатак фарміраванню наземнай флоры і фауны. Заваёўванне мацерыкоў жывым рэчывам суправаджалася рэзкім узростаннем яго біямасы. Пазней яна стала пераважаць над акіянічнай біямасай (гл. табл. 4).

Адначасова ў акіяне працягваўся рост масы жывога рэчыва. Донныя і прыдонныя арганізмы паступова захоплівалі ўсё новыя і новыя участкі марскога дна, прасоўваючыся ў глыбіню. Побач з павелічэннем масы назіралася ўскладненне іх хімічнага са-

ставу, а таксама выкарыстанне для пабудовы ўнутранага і вонкавага шкілетаў мінеральных рэчываў ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ ,  $\text{SrSO}_4$  і інш.). У абменных працэсах клетак сталі ўдзельнічаць складаныя металаарганічныя злучэнні (гемаглабін і інш.). З ростам біямасы і яе актыўнасці павялічылася ўздзеянне жывых арганізмаў на фарміраванне хімічнага саставу атмасферы і раствараемага рэчыва гідрасферы.

**Стабільнасць біясферы.** Біясфера ўяўляе сабой устойлівую прыродную сістэму, у якой падтрымліваецца дынамічны раўнаважны стан (мал. 13). У выніку буйных геалагічных з'яў (вывяржэння вулканаў, землятрасенняў і да т. п.) гэта раўнавага ў некаторых рэгіёнах планеты можа часова парушацца, аднак біясфера за кошт структурных і функцыянальных кампанентаў, якія яе скла-



Мал. 13. Фактары стабільнасці біясферы





даюць, — экасістэм — здольная яе аднаўляць.

Стабільнасць біясферы вызначаецца перш за ўсё бесперапынным паступленнем сонечнай энергіі, якую выкарыстоўваюць фотааўтатрофныя арганізмы, пераўтвараючы яе ў першаснае арганічнае рэчыва — першаежу для кансументаў. Яна вызначаецца таксама разнастайнасцю жывых арганізмаў, што жывуць у яе межах (біа-разнастайнасцю), іх пастаянным размнажэннем і прыстасаваннем да жыцця ў самых разнастайных умовах. Не менш важныя шматлікія тыпы і спосабы харчавання жывых істот біясферы, у выніку чаго падтрымліваецца бесперапынны біягенны кругаварот рэчываў.

**Біясфернае значэнне жывых арганізмаў розных царстваў.** Кожны перыяд развіцця біясферы характарызаваўся комплексам умоў асяроддзя і існуючых у гэтых умовах жывых арганізмаў. Так, велізарная роля ў фарміраванні біясферы старажытнейшых *пракарыётаў* планеты — **бактэрыі** — звязана з разнастайнасцю тыпаў і спосабаў іх харчавання. Сярод іх ёсць фота- і хемааўтатрофы, а таксама гетэратрофы з рознымі спосабамі харчавання. Асноўная роля бактэрыі ў біясферы заключаецца ў ажыццяўленні заключных стадый раскладання мёртвага арганічнага рэчыва (шляхам акіслення, гніення, брадзжэння і да т. п.) да мінеральных рэчываў,

якія зноў трапляюць у біялагічны кругаварот. Дзякуючы гэтай функцыі бактэрыі **велічыня біямасы жывого рэчыва на планеце застаецца адносна пастаяннай.**

Інтэнсіўна размнажаючыся і хутка прыстасоўваючыся да зменлівых умоў асяроддзя, бактэрыі засялілі ўсе асяроддзі жыцця.

Другая група пракарыятычных арганізмаў — *цыянабактэрыі* — гэтаксама, як і іншыя бактэрыі, валодае вялікай прыстасавальнасцю і жыццёўстойлівасцю. Яны жывуць у вільготных месцах сушы, вадаёмах, гарачых крыніцах і г. д. Для іх характэрны фотааўта- і гетэратрофны тыпы харчавання. Аднак большасць цыянабактэрыі — фотааўтатрофы. Менавіта фотааўтатрофныя цыянабактэрыі на заранку развіцця жыцця насыцілі кіслародам воды першаснага акіяна, а затым і атмасферу планеты. Здольнасць многіх з іх звязваць малекулярны азот атмасферы дае магчымасць ім развівацца ў масавай колькасці ў вадаёмах, бедных злучэннямі азоту. Забеспячэнне азотам эўкарыятычных арганізмаў на 90 % забяспечваецца азотфіксавальнымі пракарыётамі, якія пасяляюцца на бясплодным субстраце. Паступова, па меры фарміравання глебы, ён засяляецца эўкарыятычнымі арганізмамі. У якасці аўтатрофных арганізмаў пракарыёты ўступаюць у сімбіёз з грыбамі, утвараючы **лішайнікі.**



Мал. 14. Грыбы — сапратрофныя арганізмы

Прадстаўнікі надцарства *Эўкарыёты* таксама адыгрываюць пэўную ролю ў біясферы. Так, арганізмы царства **Грыбы** паводле здольнасці жываць у экстрэмальных умовах набліжаюцца да прыкарыётаў. Іх асноўная біясферная роля заключаецца ў раскладанні адмерлай арганічнай масы

да простых мінеральных злучэнняў (мал. 14), прыдатных для выкарыстання расліннымі арганізмамі.

**Расліны, аўтатрофныя пратысты і цыянабактэрыі** ў працэсе фотасінтэзу ўтвараюць першаснае арганічнае рэчыва, якое выкарыстоўваецца ў якасці ежы рознымі гетэратрофнымі арганізмамі.

Самае шматлікае ў біясферы — царства **Жывёлы**. Біясферная функцыя жывёл звязана з іх гетэратрофным тыпам харчавання і здольнасцю да актыўнага перамяшчэння ў прастору. Дзякуючы гэтым асаблівасцям яны спажываюць і трансфармуюць першаснае арганічнае рэчыва, створаюць аўтатрофнымі арганізмамі, а таксама разносяць яго далёка ад месцаў спажывання, адначасова распаўсюджваючы насенне, плады, пылок, споры.

Такім чынам, дзейнічаючы сумесна і ўзаемазалежна, арганізмы розных царстваў забяспечваюць кругаварот рэчываў і стабільнасць біясферы.



1. Дзякуючы якім працэсам падтрымліваецца стабільнасць біясферы?
2. Якое біясфернае значэнне бактэрыі?
3. Якую ролю выконваюць цыянабактэрыі ў вадаёмах?
4. Якая роля грыбоў у біясферы?
5. З якімі ўласцівасцямі жывёл звязана іх біясферная роля?\*





# Раздзел 2

## ЭКАСІСТЭМА — АСНОЎНАЯ СТРУКТУРНАЯ АДЗІНКА БІЯСФЕРЫ

*У прыродзе не існуе карысных і шкодных птушак,  
насякомых, раслін, грыбоў і бактэрый. Усе там  
патрэбны і прыстасаваны адзін да аднаго.*

*М.Ф. Рэймерс*

- Што прымушае жывыя арганізмы розных відаў жыць сумесна ў экасістэме?
- Чаму ў экасістэме жывуць арганізмы трох розных «спецыяльнасцей»?
- Якія тыпы ўзаемадзеянняў існуюць паміж арганізмамі? Як яны адбіваюцца на жыцці ўсёй экасістэмы?







## 9. Біяцэноз і біятоп — узаемазвязаныя элементы экасістэмы

**Біяцэноз.** Біясфера як глабальная сістэма планеты складаецца з больш простых прыродных комплексаў. Гэта моры, азёры, рэкі, балоты, стэпы, пустыні, сасновыя і яловыя лясы і многія іншыя. Гэтыя прыродныя комплексы адрозніваюцца адзін ад аднаго характэрным наборам жывых арганізмаў, якія жывуць сумесна. Упершыню на гэту асаблівасць сумеснага пражывання розных відаў жывых арганізмаў звярнуў увагу нямецкі біёлаг Карл Аўгуст Мёбіус. Вывучаючы жыццё вустрычных пасяленняў на мелкаводдзях Паўночнага мора, ён у 1877 г. даў ім назву **біяцэноз** (грэч. *bíos* — жыццё, *koinos* — агульны). **Біяцэноз** — гэта гістарычна скла-

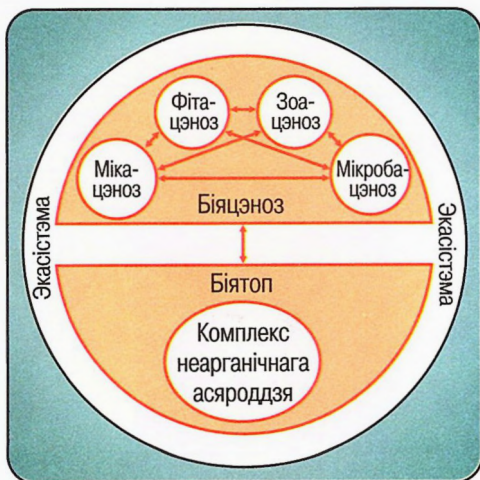
дзеная групоўка раслін, жывёл, грыбоў і мікраарганізмаў, якія ўзаемадзейнічаюць між сабой і прыстасаваліся да сумеснага пражывання на адносна аднароднай жыццёвай прасторы (участку сушы ці вадаёма).

Складанымі часткамі біяцэнозу з'яўляюцца сукупнасць раслін — *фітацэноз* (грэч. *phytón* — расліна, *koinós*), жывёл — *зоацэноз* (грэч. *zōon* — жывёла, *koinós*), грыбоў — *мікацэноз* (грэч. *mýkēs* — грыб, *koinós*) і мікраарганізмаў — *мікробацэноз* (мал. 15).

Сувязь і ўзаемазалежнасць паміж арганізмамі розных відаў неабходна для ажыццяўлення важнейшых працэсаў жыццядзейнасці — харчавання, размнажэння, захавання патомства, рассялення і інш. Так, напрыклад, зялёнымі раслінамі харчуюцца многія жывёлы; адсутнасць раслінаедных жывёл робіць немагчымым існаванне драпежнікаў. Без арганізмаў-разбуральнікаў запасы мінеральных рэчываў хутка б зніклі і расліны не маглі б існаваць.



У канкрэтны біяцэноз уключаюцца арганізмы, якія не толькі пастаянна жывуць у ім, але і тыя, якія жывуць там часова і сваёй прысутнасцю аказваюць пэўнае ўздзеянне на жыццё біяцэнозу. Гэта перш за ўсё характэрна для рухомах жывёл. Так, напрыклад, зайцы могуць харчавацца на лузе, а большую частку часу жывуць у лесе. Тое ж датычыцца і многіх лясных птушак, якія шукаюць корм не



Мал. 15. Біяцэноз у экасістэме





толькі ў лесе, але і на бліжэйшых лугах ці балотах. Існуюць таксама арганізмы, якія на розных стадыях развіцця жывуць у розных біяцэнозах. Напрыклад, дарослыя асобіны стракоз, камароў уваходзяць у склад наземных біяцэнозаў, у той час як іх лічынкі — прадстаўнікі водных.

**Біятоп.** Кожны біяцэноз развіваецца ў межах аднароднай прасторы, якая характарызуецца пэўным спалучэннем умоў асяроддзя пражывання: асветленасці, тэмпературы, вільготнасці, саставу глебы, яе кіслотнасці, рэльефу мясцовасці і інш. **Участак прасторы (сушы ці вадаёма)** з аднароднымі ўмовамі пражывання, які займае той ці іншы біяцэноз, называецца **біятопам** (грэч. *bios* — жыццё, *tópos* — месца). Біятоп — гэта неарганічнае асяроддзе, якое з’яўляецца неабходнай умовай існавання біяцэнозу. Таму між біяцэнозам і біятопам існуе цеснае ўзаемадзеянне (гл. мал. 15).

Асаблівасці ўмоў у біятопе вызначаюць магчымасці яго засялення пэўнай групойкай жывых арганізмаў, г. зн. біяцэнозам. Напрыклад, розныя зоны вадаёма — адкрытыя глеістыя ці пясчаныя грунты, прыліўна-адліўныя ўчасткі прыбярэжжа, глыбінныя зоны дна ці тоўшчы вады будуць населены ўласцівымі толькі ім комплексамі жывых арганізмаў. Так, у прыбярэжнай зоне возера растуць буйныя напаўапушчаныя расліны — *чарот*, *трыснёг*, а таксама апушчаныя расліны — *урэчнік*, *хараваыя водарасці*. На вялікіх глыбінях яны адсутнічаюць

з-за недахопу святла. Комплекс жывёл, якія жывуць у розных зонах возера, — **зоацэноз** — таксама будзе адрознівацца. Дно прыбярэжных зон будзе заселена *бяззубкамі*, *перлайкамі*, лічынкамі *стракоз*, *аўсянікаў*, *ручайнікаў*, а на дне глыбінных біятопаў, дзе колькасць кіслароду невялікая, будуць пераважаць малашчацінкавыя чэрві *трубачнікі*, лічынкі камароў — *матылі*.

Маштабы біяцэнозаў могуць быць рознымі — ад дробных згуртаванняў, напрыклад імховых купін на балоце, пня, які гніе, да буйных — кавыльнага стэпу, сасновага лесу, верхавога ці нізіннага балота, ракі, возера, мора.

**Сувязі арганізмаў у біяцэнозах.** Фарміраванне біяцэнозаў адбываецца за кошт утварэння складаных сувязей паміж арганізмамі розных відаў. Гэтыя сувязі вызначаюць адметныя асаблівасці біяцэнозу: відавы склад і суадносіны паміж відамі, размеркаванне асобін у прасторы, спецыфіку харчавання арганізмаў і іх удзел у біялагічным кругавароце рэчываў. Узаемасувязі паміж арганізмамі ў біяцэнозе могуць быць прамымі і ўскоснымі.

Вылучаюць чатыры тыпы *прамых* сувязей (адносін): трафічныя, тапічныя, фарычныя і фабрычныя.

**Трафічныя** (грэч. *trophé* — харчаванне) адносіны ўзнікаюць, калі адны арганізмы харчуюцца іншымі альбо адмерлымі рэшткамі асобін альбо пра-





Мал. 16. Прыклад трафічнай сувязі — змеяед з вужом у дзьобе

дуктамі іх жыццядзейнасці (мал. 16). Напрыклад, *божыя кароўкі*, якія харчуюцца тлэй; сумчаты мядзведзь *каала*, што есць лісце эўкаліптаў; *леў*, які забівае і з'ядае антылопу; жук *гнайвік*, які спажывае гной капытных жывёл; клешч *пухаед*, што харчуецца пер'ем птушак.

**Тапічныя** (лац. *tópos* — месца) адносіны фарміруюцца, калі арганізмы ствараюць месцазнаходжанне для жыцця іншых відаў ці мяняюць умовы іх пражывання. Напрыклад, дрэвы ў лесе служаць месцам кармлення і гнездавання многіх птушак (мал. 17); на лісці жывуць тлі і вусені, пад карой — лічынкі жукоў *караедаў*; ліяны абвіваюць ствалы дрэў, выносячы сваё лісце да святла. Затрымліваючы частку сонечных прамянёў, уплываючы на тэмпературу і вільготнасць,



Мал. 17. Гняздо шчыгла

дрэвы мяняюць умовы пражывання травяністых раслін, якія жывуць пад іх палагам.

**Фабрычныя** (лац. *fabrikatio* — выраб) адносіны ўтвараюцца, калі арганізмы аднаго віду выкарыстоўваюць для пабудовы сваіх збудаванняў (фабрыкацый) прадукты выдзялення ці мёртвага рэшткі арганізмаў іншых відаў. Так, птушкі скарыстоўваюць для пабудовы гнёзд сухія галінкі, траву і лісце раслін, шэрсць млекакормячых, пух і пер'е свайго і іншых відаў птушак. Лічынкі *ручайнікаў* будууюць свае домікі з кавалачкаў кары, лісця, сцяблін трыснягу, пустых ракавін дробных малюскаў (мал. 18).

**Фарычныя** (грэч. *phora* — нашэнне) адносіны выяўляюцца ва ўдзеле арганізмаў аднаго віду ў распаўсюджванні другога віду ці асобных стадый





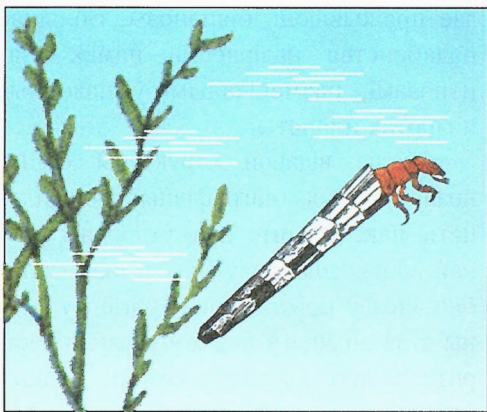
яго развіцця (спор, насення, пладоў). Калі ў ролі транспарціроўшчыкаў выступаюць розныя жывёлы, то такі від фарычных адносін называецца зоахарыяй (грэч. *zōon* — жывёла, *chórēō* — перамяшчэнне). Насенне і плады могуць пераносіцца жывёламі *актыўна* пры іх з'яданні з наступным выдзяленнем у неперавараным выглядзе з памётам. *Пасіўна* жывёламі пераносяцца плады ці насенне з дапамогай разнастайных зачэпак, кручкоў, нарасцяў ці з камячкамі глебы, глею, якія прыліплі да жывёлы. Плады і насенне распаўсюджаюцца таксама жывёламі, што робяць запасы корму (мал. 19).

Перанос аднымі жывёламі іншых, больш дробных, называецца фарэзіяй. Гэты від рассялення распаўсюджаны пераважна сярод членістаногіх, для якіх уласныя рассяляльныя магчымасці абмежаваны і пераадоленне

значных адлегласцей немагчыма (перанос жукамі-гнаваякамі кляшчоў, мухамі — круглых чарвей і да т. п.). Рыбы *прыліпалы* перамяшчаюцца, прымацаваўшыся да больш буйных водных жывёл.

Прыкладамі *ўскосных* міжвідавых адносін могуць служыць наступныя. Насякомаедныя птушкі не харчуюцца раслінамі, але паядаюць многіх дробных насякомых, якія кормяцца лісцем ці апыляюць кветкі. З'ядаючы насякомых-апыляльнікаў, птушкі ўскосным чынам уздзеіваюць на колькасць нараджаемых раслінамі пладоў. Гэтым яны аказваюць уплыў на колькасць ежы, даступнай жывёлам, якія харчуюцца пладамі і праросткамі, а таксама на драпежнікаў і паразітаў гэтых жывёл і г. д.

Усе пералічаныя тыпы ўзаемаадносін паміж арганізмамі розных відаў важныя для біяцэнозу, аднак трафічныя і тапічныя сувязі маюць найбольшае значэнне



Мал. 18. Лічынка ручайніка



Мал. 19. Сойка спрыяе рассяленню дуба



і складаюць аснову існавання канкрэтнага біяцэнозу. Менавіта гэтыя адносіны ўтрымліваюць адзін каля аднаго ар-

ганізмы розных відаў, аб'ядноўваючы іх у згуртаванні, здольныя супрацьстаяць розным знешнім уздзеянням.



**1.** Што такое біяцэноз? Прывядзіце прыклады біяцэнозаў. **2.** Што ляжыць у аснове прыстасаванасці членаў біяцэнозу да сумеснага жыцця? **3.** Што такое біятоп? **4.** У чым сутнасць тапічных, фарычных і фабрычных сувязей у біяцэнозе? **5.** Якое значэнне розных відаў сувязей паміж арганізмамі ў біяцэнозе?

## 10. Відавая структура біяцэнозу

**Відавая структура біяцэнозу** — гэта разнастайнасць відаў, якія яго складаюць, і суадносіны паміж імі па колькасці асобін ці біямасе.

Арганізмы розных відаў маюць неаднолькавыя патрабаванні да асяроддзя, таму фарміраванне відавoga складу і яго структуры ў біяцэнозах адбываецца за кошт найбольш прыстасаваных відаў. Па гэтай прычыне розныя біяцэнозы насычаны жыццём у рознай ступені.

\*Для аб'ектыўнай ацэнкі відавoй структуры біяцэнозу выкарыстоўваюць такія паказчыкі, як **відавoе багацце** (агульная колькасць відаў у біяцэнозе), **мноства** (колькасць асобін кожнага віду на адзінку плошчы ці аб'ёму займаемай прасторы), **біямаса** (сухая маса арганізмаў віду ў разліку на адзінку плошчы ці аб'ёму), **частата сустракаемасці** (працэнтныя адносіны колькасці проб ці ўліковых пляцовак, дзе сустракаецца від, да агульнай колькасці адабраных проб ці ўліковых пляцовак) і шэраг іншых паказчыкаў.\*

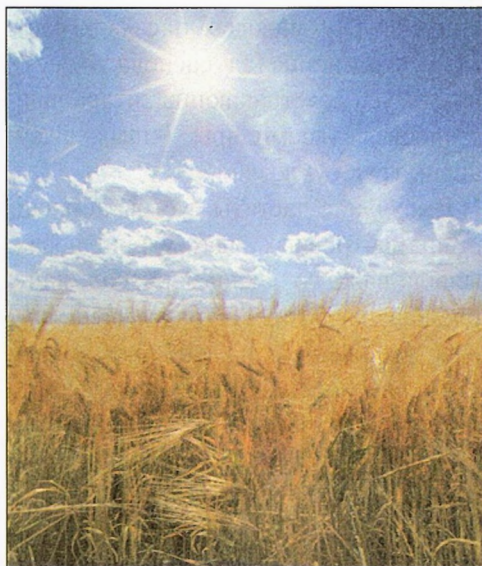
Характэрны набор відаў з'яўляецца паказальнай прыметай біяцэнозу. У яго склад уваходзяць як высокаспецыялізаваныя віды, здольныя існаваць толькі ва ўмовах дадзенага біяцэнозу, так і віды з больш шырокім спектрам патрэбнасцей, якія могуць быць членамі і іншых біяцэнозаў. Наяўнасць агульных відаў у розных біяцэнозах стварае пэўнае падабенства між імі. Большая ці меншая ступень відавoga падабенства розных біяцэнозаў заснавана на падабенстве ўмоў у біятопах, дзе пражываюць біяцэнозы. Большае падабенства назіраецца паміж біяцэнозамі, размешчанымі ў падобных шыротх планеты.

Аналіз відавoй структуры біяцэнозаў розных геаграфічных зон планеты паказаў, што яны ўтвораны рознай колькасцю відаў. Так, відавы склад біяцэнозаў прыпалярных рэгіёнаў бедны з-за значнага недахопу цяпла і кароткага вегетацыйнага сезона. Бедныя на віды таксама біяцэнозы гарачых пустынь з-за дэфіцыту вільгаці. Невялікі



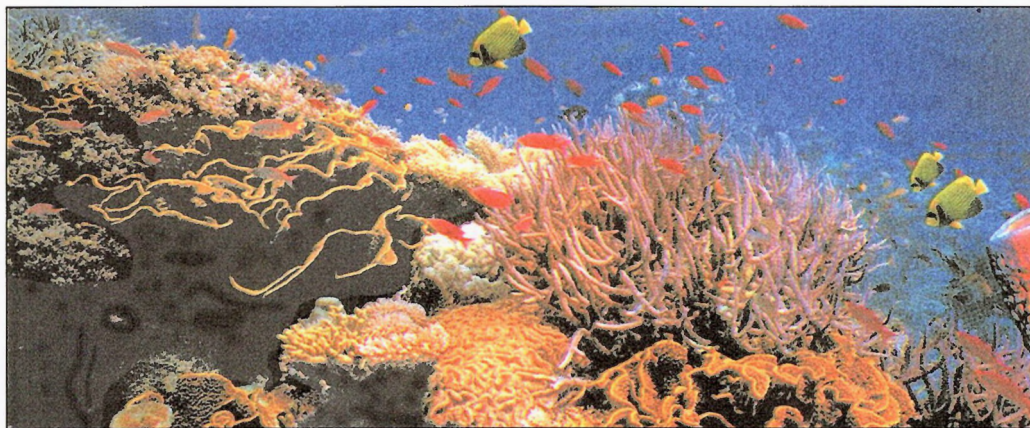
відавы склад і ў тых біяцэнозах, якія часта знаходзяцца пад уздзеяннем штогадовага затоплення пры разліве рэк, пры асушэнні балот альбо рэгулярным прымяненні хімічных сродкаў аховы раслін і т. п. Вельмі абмежаваны па колькасці відаў штучныя біяцэнозы — фруктовыя сады, палі (мал. 20), засеяныя культурнымі раслінамі, паркі.

Наадварот, біяцэнозы, дзе ўмовы абіятычнага асяроддзя блізкія да аптымальных для жыцця, маюць у сваім складзе вялікую колькасць відаў. Прыкладамі іх могуць служыць біяцэнозы вільготных трапічных лясоў, у якіх на 1 га можна налічыць да 200 відаў толькі дрэвавых парод. Для параўнання: біяцэноз сасновага лесу ва ўмовах Беларусі можа ўключаць максімум 10 відаў дрэў на 1 га. Велізарнай відавой разнастайнасцю валодаюць біяцэнозы каралавых рыфаў (мал. 21).



Мал. 20. Штучны біяцэноз — поле

Багацце відавога складу залежыць таксама і ад узросту біяцэнозу. Так, маладыя біяцэнозы, якія фарміруюцца, значна бяднейшыя па колькасці відаў, чым ужо складзеныя, спелыя.



Мал. 21. Каралавы рыф





Напрыклад, у маладых пасадках сасны, у адрозненне ад сасновага лесу, які склаўся, сустракаюцца літаральна адзінкавыя экзэмпляры іншых відаў раслін, грыбоў, жывёл.

Вывучэнне частаты сустракаемасці арганізмаў розных відаў у біяцэнозах выявіла важную заканамернасць: найбольшай частатой сустракаемасці валодае невялікая колькасць відаў. Віды, якія пераважаюць па колькасці асобін ці біямасе, называюцца **дамінантнымі** (лац. *dominantis* — які пануе) ці **дамінуючымі**.

Дамінантныя віды ёсць практычна ў любым біяцэнозе, акрамя вільготных трапічных лясоў. Так, у лясах сярэдняй паласы Еўропы па колькасці сярод парод дрэў пераважае *елка*, у травяным покрыве — *кісліца*, *зялёны мох*, сярод мышападобных грызуноў — *палёўкі*. Гэтыя віды займаюць большую частку прасторы, пакідаючы менш месца для іншых відаў.

Аднак не ўсе дамінантныя віды аднолькава ўплываюць на біяцэноз. Сярод іх вылучаюцца тыя, якія сваёй жыццядзейнасцю ў найбольшай ступені ствараюць асяроддзе для іншых арганізмаў згуртавання. Такія віды называюцца **эдыфікатарамі**, г. зн. стваральнікамі, будаўнікамі згуртавання. Прыкладамі раслін-эдыфікатараў у біяцэнозах з'яўляюцца: у лясах — *елка*, *дуб*; у стэпах — *кавыль*; на нізінных балотах — *асака*, на верховых — *тарфяны мох*.

Разгледзім на прыкладзе яловага лесу ўздзеянне эдыфікатара (*елкі*) на змену ўмоў асяроддзя ў біяцэнозе. У ясныя летнія дні пад лагам яловага лесу асветленасць у 1,5—2 разы, а тэмпература паветра на 0,2—0,6 °C ніжэйшая, чым у шыракалістым лесе. Пад густыя кроны елкі трапляе ў 2,0—2,5 раза менш атмасферных ападкаў, чым пад кроны *дуба*, *асіны*, *бязрозы*. Пры гэтым дажджавыя воды, якія сцякаюць з елкі, маюць кіслую рэакцыю (рН 3,5—4,0). Апад пад елкай складаецца з ігліцы, якая вельмі марудна раскладаецца, у выніку чаго пад елкай фарміруецца магутны подсіл з нізкім утрыманнем неабходнага для раслін гумусу.

Такім чынам, у працэсе сваёй жыццядзейнасці елка настолькі змяняе ўмовы асяроддзя, што дадзены біятоп становіцца непрыдатным для існавання многіх відаў жывых арганізмаў. Тут пасяляюцца толькі тыя віды (напрыклад, *кісліца звычайная*, *майнік двухлісты*, *зялёны мох*), якія прыстасаваны да жыцця ў такіх умовах.

Эдыфікатарамі могуць быць і жывёлы. Напрыклад, у стэпах на тэрыторыях, занятых калоніямі *суркоў*, межавіта іх дзейнасць вызначае характар ландшафту, мікраклімат глебы і ўмовы вырастання травяністых раслін.

Акрамя адносна невялікай колькасці відаў-дамінантаў, у склад біяцэнозу ўваходзіць звычайна мноства нешматлікіх і рэдкіх форм. Яны ства-





раюць відавое багацце біяцэнозу, павялічваючы разнастайнасць сувязей паміж арганізмамі і з'яўляюцца рэзервам для папаўнення і замяшчэння дамінантных відаў. Гэтыя віды надаюць біяцэнозу ўстойлівасць і забяспечваюць яго функцыянаванне ў розных умовах. Такім чынам, чым большая відавая разнастайнасць, тым паўней выкарыстоўваюцца рэсурсы асяроддзя пражывання і тым стабільнейшы біяцэноз.

Багаты відамі, складана арганізаваны біяцэноз паспяхова супрацьстаіць усяленню ў яго чужых відаў, паколькі для іх няма вольных «вакансій». Насычаныя жыццём біяцэнозы больш па-

спяхова спраўляюцца і з рознымі таксічнымі ўздзеяннямі, таму што адчувальнасць арганізмаў розных відаў да таксікантаў розная. За кошт павелічэння долі відаў, менш адчувальных да таксічных уздзеянняў, у біяцэнозе перабудоўваюцца відавая і колькасная структуры, што павышае магчымасць да выжывання. Аналагічная перабудова адбываецца і ў выпадку засухі, якую біяцэноз пераносіць з дапамогай узрастання долі засухаўстойлівых відаў.

Такім чынам, прасочваецца прамая залежнасць паміж відавой насычанасцю біяцэнозу і яго здольнасцю супрацьстаяць розным знешнім уплывам.



**1.** Што такое відавая структура біяцэнозу? **2.** Якімі паказчыкамі характарызуецца відавая структура біяцэнозу? **3.** Якія арганізмы біяцэнозу называюцца дамінантамі? эдыфікатарамі? У чым заключаецца іх падабенства і адрозненне? **4.** Як звязана дамінаванне з шыротным размяшчэннем біяцэнозаў? **5.** Прывядзіце прыклады бедных і багатых відамі біяцэнозаў. **6.** Як звязаны відавая разнастайнасць і здольнасць біяцэнозаў супрацьстаяць знешняму ўздзеянню? Адказ абгрунтуйце.

## 11. Прасторавая структура біяцэнозу

Размеркаванне арганізмаў розных відаў у біяцэнозе не выпадковае. Яны размяшчаюцца там, дзе знаходзяць найлепшае спалучэнне неабходных для жыцця ўмоў.

У біятопе, на якім жывуць арганізмы біяцэнозу, умовы не могуць быць абсалютна аднолькавымі. Розныя яго ўчасткі адрозніваюцца

паводле элементаў мінеральнага жыўлення і іх даступнасці, рэжыму вільготнасці і асветленасці, сілы ветру і інш. Дзякуючы сумеснаму ўздзеянню гэтых фактараў фарміруецца заканамернае размеркаванне арганізмаў розных відаў у прасторы, якое называецца **прасторавай структурай**.



У біяцэнозе выдзяляюць вертыкальную і гарызантальную структуры размеркавання арганізмаў.

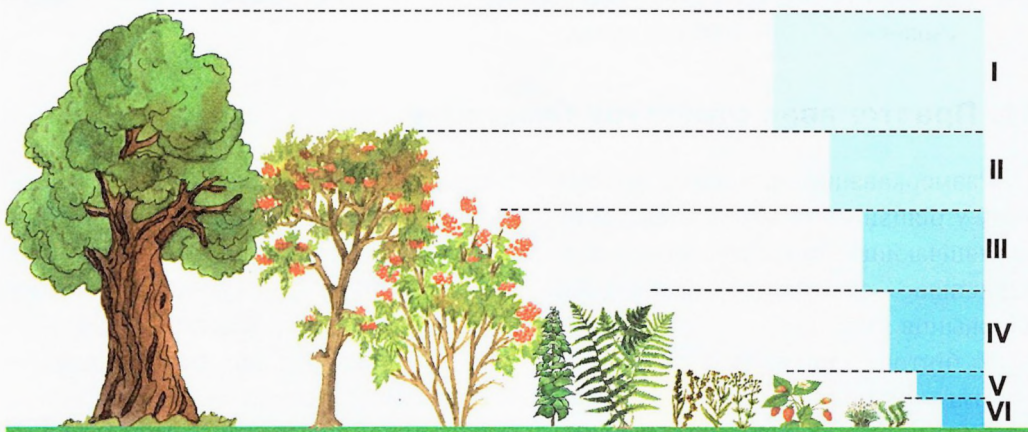
**Вертыкальная структура** біяцэнозу ўтворана ярусамі. Галоўную ролю ў фарміраванні яруснасці адыгрываюць расліны.

**Ярусы** — гэта асобныя слаі расліннага згуртавання, вылучаныя паводле вышыні раслін, якія ў іх уваходзяць (ці паводле глыбіні пранікальнасці іх каранёў у глебу), становішча асімілюючых (лісты, сцёблы) і запасаючых падземных органаў (клубні, каранішчы, цыбуліны і да т. п.). Як правіла, розныя ярусы ўтвораны рознымі **жыццёвымі формамі** раслін — дрэвамі, кустоўем, кустыкамі, травамі, імхамі. Найбольш выразна яруснасць выяўлена ў лясных біяцэнозах, у склад якіх уваходзяць расліны ўсіх жыццёвых форм.

Асноўны фактар, які вызначае вертыкальнае размеркаванне раслін у біяцэнозе, — колькасць паступаючага святла. Асветленасць абумоўлівае адрозненні ў светлавым і тэмпературным рэжымах, а таксама ў забяспечанасці вільгаццю арганізмаў, якія жывуць на розных узроўнях ад паверхні глебы.

Расліны верхніх ярусаў больш святлолюбівыя і лепей прыстасаваны да значных ваганняў тэмпературы і вільготнасці паветра. Ніжнія ярусы ўтвараюць менш патрабавальныя да святла расліны.

Ярусы асабліва добра выяўлены ў лісцевых лясах умеранага пояса (мал. 22). Там можна вылучыць 5—6 ярусаў: першы (верхні) ярус утвараюць дрэвы першай велічыні (*дуб чарэшчаты*, *ліпа сэрцападобная*, *вяз гладкі* і інш.); другі — дрэвы другой велічыні (*рабіна звычайная*, *яблы-*



Мал. 22. Схема яруснасці ў біяцэнозе лісцевага лесу



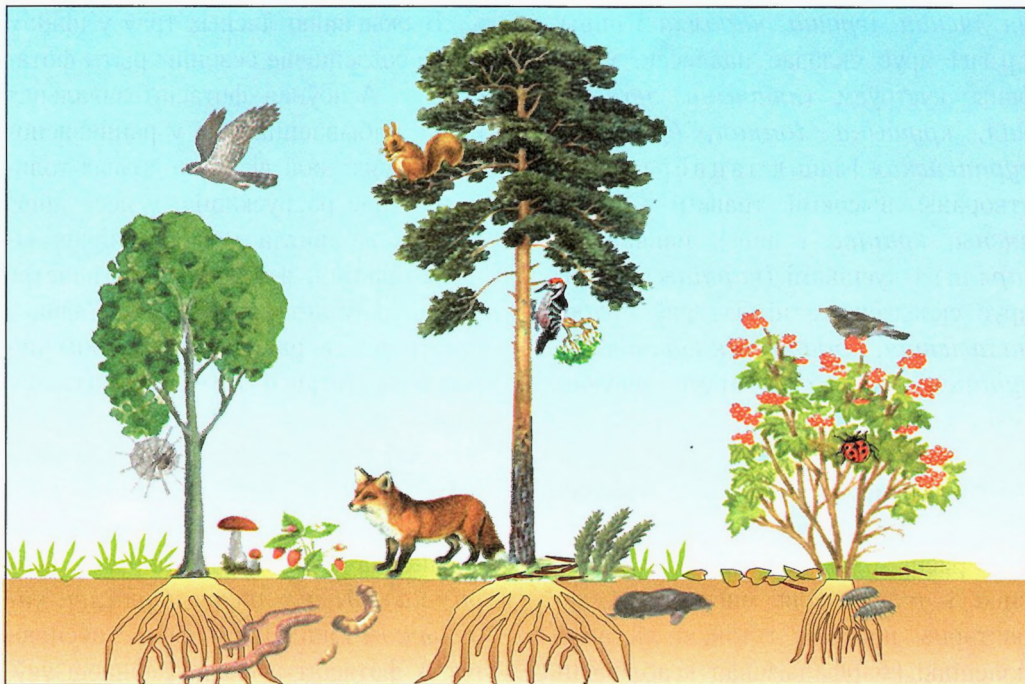


ня лясная, ігруша, чаромха і інш.); трэці ярус складае падлесак, утвораны кустоўем (*ляшчына звычайная, крушына ломкая, брызгліна еўрапейская* і інш.); чацвёрты ярус утвораны высокімі травамі (*чысцік лясны, крапіва* і інш.), папарацамі (*арляк*) і кусцікамі (*чарніцы*); пяты ярус складзены з нізкіх траў (*асака валасістая, падалешнік еўрапейскі, суніцы*); у шостым ярусе пануюць імхі і лішайнікі.

\*У ніжнім ярусе, куды трапляе ўсяго 7—10 % сонечнага святла, могуць расці толькі цэневынослівыя кусцікі і травы. Для многіх з іх характэрны шырокія і тонкія ліставыя пласцінкі (марфалагічная асаблівасць цэнявых раслін), якія даюць магчымасць павялічыць асвятляльную паверхню і тым самым хоць неяк кампенсаваць недахоп святла. Дапамагае праходжанню святла ўсярэдзіну ліста і такая асаблівасць анатамічнай будовы цэнявых раслін, як адсутнасць слупкаватай парэнхімы і рыхлае размяшчэнне клетак губчатой парэнхімы з буйнымі міжклетнікамі. Павялічыць паглыннанне святла раслінам ніжніх ярусаў дапамагае таксама цёмная афарбоўка іх лісця, абумоўленая большым змяшчэннем хларафілу. Так, у хларапластах *падалешніка, сыці, медуницы* яго ў 5—10 разоў больш, чым у травяністых раслін адкрытых біятопаў (лугоў і палёў).\*

Выжыванню лясных траў у ніжнім ярусе садзейнічае сезонны рытм фотасінтэзу. Асноўная фотасінтэзавальная праца адбываецца ў іх у ранневясновы перыяд, калі лісце на дрэвах толькі пачынае распускаяцца, у лесе яшчэ дастаткова святла, у глебе вялікія запасы вільгаці, а тэмпература паветра ўжо цалкам летняя. У гэты час адна- і шматгадовыя расліны з кароткім перыядам вегетацыі (30—50 дзён) утвараюць асноўныя запасы арганічных рэчываў у падземных органах, за кошт якіх затым жывуць астатнюю частку года. Гэта расліны роду *чубатка*, а таксама *цыбуля мядзведжая (чарамша)*, *чысцік лясны, кураслеп казальцовы* і інш. Такім чынам, вясновы пік іх фотасінтэзуючай дзейнасці ўяўляе сабой сезонную адаптацыю (прыстасаванне), якая забяспечвае магчымасць жыць у самых зацёмненых участках лесу.

Жывёлы таксама размяркоўваюцца ў лесе паводле ярусаў (мал. 23). У глебе жывуць *круглыя* і *кольчатыя чэрві*, лічынкі многіх насякомых, землярыйныя млекакормячыя. У ліставым ападзе, на паверхні глебы жывуць розныя віды *мнаганожак, жуужалей, кляшчоў* і іншых дробных жывёл. Сярод птушак ёсць віды, якія гняздуюцца толькі на зямлі (*фазанавыя, цецеруковыя, сітайкі, конікі, айсянкі*), у кустовым ярусе (*пеначкі, валасянкі*) ці ў кронах дрэў (*зяблікі, шчыглы, каралькі*). Ёсць і выразная прымерка-



Мал. 23. Размеркаванне жывёл па ярусах

ванасць да пэўных ярусаў у розных відаў птушак пры здабыванні корму.

Яруснасць назіраецца таксама і ў водных біяцэнозах. Розныя віды планктонных арганізмаў трымаюцца на рознай глыбіні (у залежнасці ад асвятлення), а розныя віды рыб на рознай глыбіні знаходзяць сабе корм.

**Гарызантальная структура** біяцэнозу (**мазаічнасць**) уласціва практычна ўсім біяцэнозам. Яна выяўляецца ў нераўнамерным размеркаванні арганізмаў біяцэнозу і наяўнасці ў ім груповак (згушчэнняў), якія адрозніваюцца відавым складам, колькаснымі

суадносінамі відаў, прадукцыйнасцю і іншымі ўласцівасцямі.

Мазаічнасць абумоўлена шэрагам прычын: неаднароднасцю мікра-рэльефу, глеб, асяроддзеўтваральным уплывам раслін і іх біялагічнымі асаблівасцямі. Яна можа ўзнікаць у выніку дзейнасці жывёл (вынас на паверхню глебы і наступнае зарастанне земляных узгорачкаў, утварэнне мурашнікаў, вытоптванне і страўленне травастоя капытнымі); чалавека (выбарачная высечка, вогнішчы); па прычыне вывалаў дрэвастоя ў час ураганаў і да т. п.





\*Асабліва трывалыя мікрагрупоўкі рознавідавых арганізмаў, аб'яднаных агульнасцю трафічных і тапічных сувязей. Такія ўстойлівыя групоўкі называюцца **кансорцыямі** (лац. *consortium* — удзел). Звычайна кансорцыя фарміруецца на аснове аўтатрофнага арганізма (*елка, сасна, бяроза, кавыль* і інш.), які выконвае галоўную аб'яднальную функцыю. Такі арганізм называецца **дэтэрмінантам** (вызначальным), а арганізмы іншых відаў, якія звязаны з ім і атрымліваюць ад яго ежу, прытулак, жыллё, субстрат для пабудовы гнёздаў, — **кансортамі**. Кансорты могуць выкарыстоўвацца і іншымі арганізмамі як крыніца ежы ці як субстрат

для пасялення паразітычных арганізмаў (бактэрыяў, грыбоў), сімбіёнтаў і да т. п. Так фарміруецца група ўзаемазалежных арганізмаў розных відаў.\*

Наяўнасць мазаічнасці адыгрывае важную ролю ў жыцці біяцэнозу. Мазаічнасць дазваляе больш поўна выкарыстоўваць розныя ўмовы асяроддзя пражывання, аб'ядноўвае арганізмы розных відаў, робіць іх узаемазалежнымі, павышае эфектыўнасць выкарыстання харчовых і прасторавых рэсурсаў. Гэта прыводзіць да росту як разнастайнасці відаў, так і іх колькасці, што адлюстроўваецца на ўстойлівасці біяцэнозу і яго жыццяздольнасці.



**1.** Чым вызначаецца прасторавая структура біяцэнозу? **2\*.** Якія біялагічныя асаблівасці раслін розных ярусаў? **3.** З чым звязана яруснасць у размеркаванні жывёл? **4.** Якія прычыны мазаічнага размеркавання арганізмаў у біяцэнозе? **5\*.** Ці можна лічыць кансорцыю структурным элементам біяцэнозу?

## 12. Экасістэма. Біягеацэноз. Структура экасістэмы. Устойлівасць экасістэм

*Паняцце экасістэмы.* Экасістэма ўяўляе сабой сукупнасць жывых арганізмаў (біяцэнозу) і асяроддзя іх пражывання (біятопу), у якой ажыццяўляецца кругаварот рэчываў і падтрымліваецца ўстойлівасць на працягу пэўнага часу. Экасістэмы з'яўляюцца свайго роду «цаглінкамі», з якіх складаецца адна вялікая агульная жывая сістэма — біясфера.

Тэрмін «экасістэма» прапанаваў англійскі батанік Артур Тэнслі ў 1935 г. Ён лічыў экасістэмы асноўнымі прыроднымі адзінкамі на Зямлі. Прыкладамі экасістэм з'яўляюцца любыя аб'яднанні раслін, жывёл, грыбоў, мікраарганізмаў з агульным участкам асяроддзя пражывання, якія функцыянуюць як адзінае цэлае за кошт абмену рэчываў і энергіяй. У экасістэме кожная з яе частак — бія-



цэноз і біятоп — уплываюць адна на адну. Абедзве гэтыя часткі неабходны для падтрымання ўстойлівасці функцыянавання, а значыць, і жыцця ў тым выглядзе, у якім яно існуе на Зямлі.

Паняцце «экасістэма» можна прымяніць да групавак рознай складанасці і памеру. Экасістэмы паводле памераў могуць быць невялікімі (пень, які гніе, ці дрэва ў лесе, прыбрэжныя зараснікі водных раслін, акварыум), сярэднімі (балота, сасновы лес) і вялікімі (акіян, мора, пустыня, тундра, тайга). Для іх усіх характэрны тры прыкметы:

1) экасістэма ўяўляе сабой сукупнасць жывых і нежывых кампанентаў;

2) у межах экасістэмы ажыццяўляецца больш ці менш поўны цыкл кругавароту рэчываў, часцей за ўсё пачынаючы са стварэння арганічнага рэчыва і заканчваючы яго раскладаннем на мінеральныя састаўляючыя;

3) экасістэма захоўвае ўстойлівасць на працягу пэўнага часу.

**Біягеацэноз.** Паралельна з развіццём паняцця «экасістэма» ў першай палове XX ст. развівалася вучэнне аб біягеацэнозах. Тэрмін «біягеацэноз» (грэч. *bíos* — жыццё, *gé* — зямля, *koinós* — агульны) прапанаваў савецкі вучоны акадэмік У. М. Сукачоў у 1940 г.

**Біягеацэноз** — гэта сукупнасць раслін, жывёл, грыбоў і мікраарга-

нізмаў, глебы і атмасферы на аднародным участку сушы, якія аб'яднаны абменам рэчываў у адзіны прыродны комплекс. Гэтаксама, як і экасістэма, біягеацэноз уключае жывую частку, ці біяцэноз, і нежывую састаўлячую, якую складаюць фактары дадзенага біятопу. Аднак, нягледзячы на падабенства паняццяў «біягеацэноз» і «экасістэма», яны не маюць абсалютнай тоеснасці між сабой.

Асноўная адметная асаблівасць біягеацэнозу заключаецца ў тым, што яго працягласць дакладна вызначаецца межамі наземнага расліннага згуртавання — фітацэнозу. Напрыклад, лёгка адрозніваюцца між сабой біягеацэнозы сасновага, яловага або шыракалістага лясоў. Там, дзе няма дакладна выяўленага фітацэнозу, няма і біягеацэнозу. Паняцці «экасістэма» і «біягеацэноз» тоесныя толькі для такіх прыродных наземных утварэнняў, як луг, лес, поле (лясны біягеацэноз = лясная экасістэма, лугавы біягеацэноз = лугавая экасістэма), дакладна акрэсленых межамі фітацэнозу. Для прыродных утварэнняў, меншых ці большых па памерах, чым фітацэноз, ці ў тым выпадку, калі вылучыць фітацэноз немагчыма, ужываецца паняцце «экасістэма». Як экасістэму разглядаюць, напрыклад, пень, які гніе, у лесе; возера, мора, акіян, тундру, вільготны трапічны лес. Біягеацэноз — гэта экасістэма ў межах фітацэнозу. Таму любы біягеацэноз з'яўляецца экасі-



стэмай, але не любая экасістэма будзе біягеацэнозам.

Такім чынам, экасістэма — утварэнне больш агульнае, а біягеацэноз з'яўляецца прыватным выпадкам экасістэмы. Вось чаму менавіта экасістэмы разглядаюцца ў якасці «цаглінак», якія складаюць біясферу, яе мініяцюрных мадэляў. Сукупнасць усіх экасістэм нашай планеты стварае гіганцкую глабальную экасістэму, якую называюць біясферай.

Экасістэмы фарміруюцца на любым участку зямной паверхні як натуральным чынам, так і штучна з дапамогай чалавека. Напрыклад, аграэкасістэмы — фруктовыя сады, палі зерных культур, паркі і да т. п.

**Структура экасістэмы.** Разгледзім кампаненты экасістэмы на прыкладзе сажалкі.

**1. Абіятычнае акружэнне (біятоп),** г. зн. увесь комплекс фактараў нежывой прыроды, адкуль арганізмы біяцэнозу чэрпаюць сродкі для існавання і куды выдзяляюць прадукты абмену.

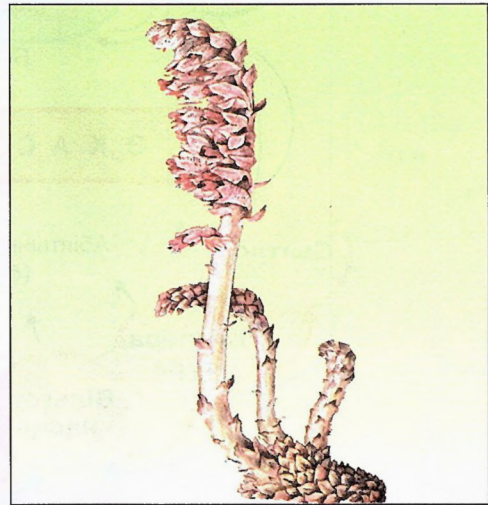
У сажалцы абіятычнае акружэнне — гэта вада, раствораныя ў ёй кісларод, вуглякіслы газ і розныя мінеральныя солі, шчыльнасць, ціск, тэмпература вады і паветра над ёй і інш.

**2. Біятычны кампанент (біяцэноз).**

**1) Прадцэнты (вытворнікі)** — комплекс аўтатрофных арганізмаў, якія ўтвараюць першаснае арганічнае

рэчыва і забяспечваюць ім усе астатнія арганізмы біяцэнозу. У сажалцы прадцэнты прадстаўлены буйнымі напаўапушчанымі і апушчанымі раслінамі мелкаводдзяў, дробнымі планктоннымі пратыстамі і цыянабактэрыямі — фітапланктонам. Пры масавым размнажэнні фітапланктону вада набывае зялёны колер («цвіце»).

**2) Кансументы (спажывыцы)** — сукупнасць гетэратрофных арганізмаў, якія харчуюцца гатовымі арганічнымі рэчывамі, створанымі іншымі арганізмамі. Да іх адносяцца ўсе жывёлы, якія здабываюць неабходную энергію з гатовай ежы, паядаючы расліны ці іншых жывёл. Да кансументаў адносяцца і бесхларафільныя расліны-паразіты, якія харчуюцца за кошт арганічных рэчываў раслін-гаспадароў, на-



Мал. 24. Таемнік



прыклад *таемнік*, што расце ў нашых лясах (мал. 24).

У сажалцы кансументамі з'яўляюцца гетэратрофныя *пратысты*, *гідры*, лічынкі *насякомых*, *планары*, *малашчацінкавыя* і *круглыя чэрві*, планктонныя і донныя *ракападобныя*, *рыбы*.

**3) Рэдуцэнты (кансументы-разбуральнікі)** — комплекс арганізмаў, якія раскладаюць мёртвае арганічнае рэчыва расліннага, жывёльнага ці іншага паходжання да простых неарганічных злучэнняў. Яны прадстаўлены сапратрофнымі бактэрыямі і грыбамі.

У сажалцы рэдуцэнтамі з'яўляюцца разнастайныя віды водных сапратрофных бактэрыяў і грыбоў. Паміж усімі чатырма звёнамі экасістэмы прасочваецца заканамерная сувязь (мал. 25).



Найбольш разнастайнай паводле відаў трафічных сувязей з'яўляецца група кансументаў. Сярод іх ёсць **біяфагі** (арганізмы, якія харчуюцца жывым арганічным рэчывам) і **сапрафагі** (выкарыстоўваюць для харчавання арганічныя рэчывы адмерлых арганізмаў). Сярод біяфагаў у сваю чаргу вылучаюцца **фітафагі** — раслінаедныя віды жывёл (першасныя кансументы), драпежнікі (другасныя кансументы) і канцавыя спажывуцы — **звышдрапежнікі** (трацічныя кансументы).



Мал. 25. Сувязі ў экасістэме





Кожны жывы арганізм (ці іх сукупнасць) выконвае пэўную біялагічную функцыю, якая альбо пачынае нейкі працэс, альбо з'яўляецца яго прамежкавым звяном, альбо заканчвае яго, г. зн. фарміруецца своеасаблівы біялагічны канвеер. Такая паслядоўная, узгодненая і ўзаемазвязаная дзейнасць жывых арганізмаў Зямлі і стварае экалагічную сістэму.

**Устойлівасць экасістэм.** Экасістэмы — надзвычай складаныя дынамічныя прыродныя ўтварэнні, якія складаюцца з многіх сотняў і нават ты-

сяч відаў прадукцэнтаў, кансументаў і рэдукцэнтаў, аб'яднаных харчовымі сувязямі і нехарчовымі ўзаемадзеяннямі. Доўгае існаванне экасістэм падтрымліваецца за кошт прытоку сонечнай энергіі і кругавароту рэчываў. Экасістэмы валодаюць **устойлівасцю** — здольнасцю вытрымліваць знешнія ўздзеянні з наступным узнаўленнем уласцівай ім структуры. Ступень устойлівасці непасрэдна звязана са ступенню ціску знешніх фактараў, а таксама з біялагічнай разнастайнасцю і складанасцю харчовых і нехарчовых сувязей у экасістэме.



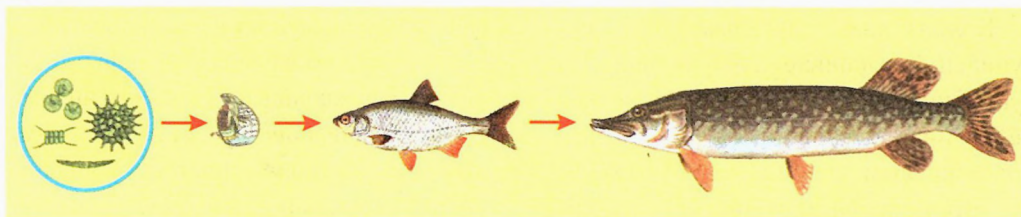
**1.** Чаму экасістэмы лічацца «цаглінкамі» біясферы? **2.** Якія прыкметы ўласцівы экасістэмам? **3.** Ці тоесныя паняцці «біягеацэноз» і «экасістэма»? Абгрунтуйце свой вывад. **4.** Якая структура экасістэмы? **5.** Якія групы вылучаюцца ў экасістэме сярод кансументаў? Якая іх роля ў экасістэме? **6.** Чым вызначаецца ўстойлівасць экасістэмы?

### 13. Ланцугі і сеткі харчавання. Трафічныя ўзроўні. Экалагічныя піраміды

**Ланцугі і сеткі харчавання.** У развітых, складзеных экалагічных сістэмах існуюць складаныя харчовыя ўзаемадзеянні паміж аўтатрофнымі і гетэратрофнымі арганізмамі. Адны арганізмы з'ядаюцца іншымі, і такім чынам ажыццяўляецца ланцуговы працэс пераносу рэчыва і энергіі ў экасістэмах, які ляжыць у аснове кругавароту рэчываў у прыродзе. **Перанос рэчыва і энергіі ад яе крыніцы — аўтатрофаў — да спажывцоў — гетэратрофаў, — які адбываецца ў выніку**

**паслядоўнага паядання аднымі арганізмамі іншых, называецца харчовым ланцугом.**

Самы прасты харчовы ланцуг у воднай экасістэме можа пачынацца з *фітапланктону*, які засвойвае сонечную энергію; яго ядуць дробныя першасныя кансументы — планктонныя ракападобныя, напрыклад *дафніі*. Апошнія служаць кормам другасным кансументам — рыбам, напрыклад *плотцы*, якая ў сваю чаргу можа быць з'едзена больш буй-

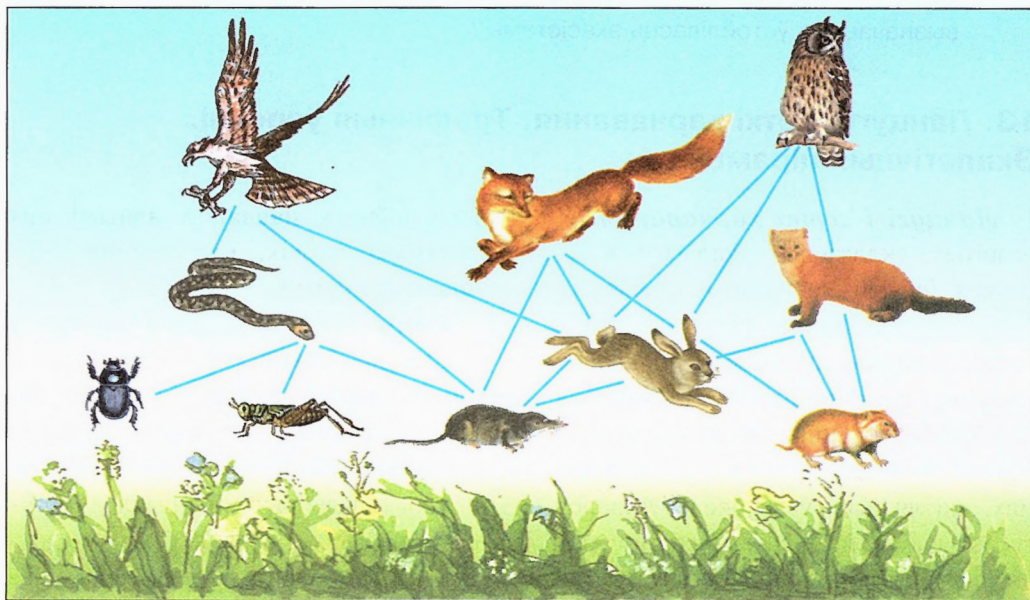


Мал. 26. Харковы ланцуг прэснага вадаёма

нымі драпежнікамі — *шчупаком* ці *судаком* — трацічнымі кансументамі (мал. 26).

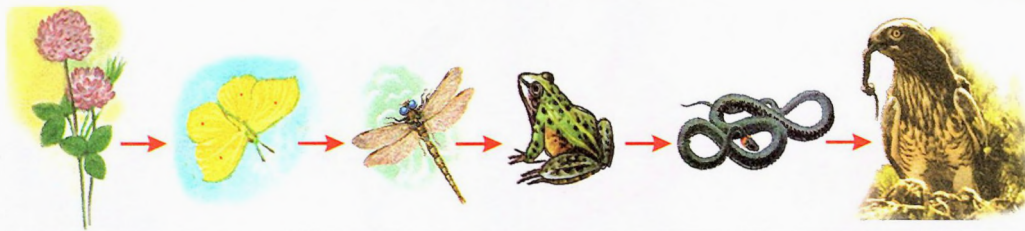
Аднак такія харчовыя ланцугі ў чыстым выглядзе ў прыродзе сустракаюцца рэдка. Напрыклад, *дафнію* можа з'есці плотка, а плотка можа быць з'едзена *выдрай* ці драпежнай рыбаеднай птушкай *скапой*. Такім

чынам, адны і тыя ж арганізмы могуць уваходзіць у склад розных харчовых ланцугоў. У выніку ў экасістэме ўтвараюцца складаныя **харчовыя сеткі** (мал. 27). Складанасць іх значна ўзрастае, калі прыняць пад увагу наяўнасць у членаў ланцугоў харчавання — арганізмаў-гаспадароў — спецыфічных паразітаў, якія



Мал. 27. Спрошчаны харчовы ланцуг у наземнай экасістэме





Мал. 28. Пашавы харчовы ланцуг

ў сваю чаргу з'яўляюцца звёнамі іншых ланцугоў.

**Пашавыя і дэтрытныя харчовыя ланцугі.** Харчовыя ланцугі, якія пачынаюцца з аўтатрофных фотасінтэзуючых арганізмаў, называюцца **пашавымі** ці **ланцугамі выдання** (мал. 28). Прыкладам можа служыць пашавы харчовы ланцуг лугу. Ён пачынаецца з кветкавай расліны. Матыль *лімонніца*, які харчуецца нектарам кветак, уяўляе сабой другое звяно ў гэтым ланцугу. *Страказа* — драпежнае лятаючае насякомае — нападае на матыля. Жаба, якая схавалася сярод зялёнай травы, ловіць страказу, але сама служыць здабычай *вужа*. У канцы дня сам вуж можа быць з'едзены драпежнай птушкай *змеяедам*.

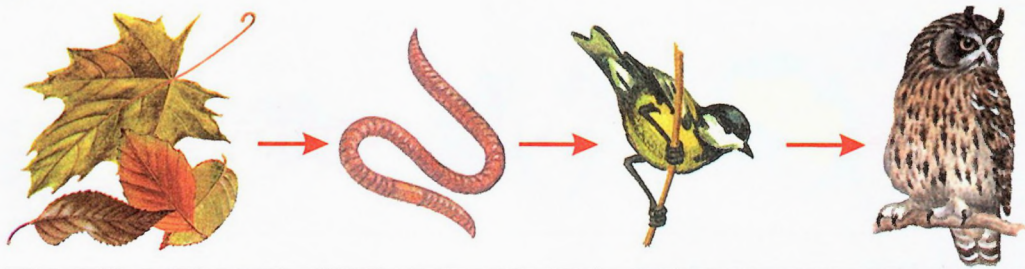
Харчовы ланцуг, які ідзе ад расліны праз матыля, страказу, жабу, вужа да змеяеда, паказвае напрамак руху арганічных рэчываў, а таксама энергіі, што змяшчаецца ў іх.

Калі харчовы ланцуг пачынаецца з адмерлых рэшткаў раслін, тупаў і эксскрэментаў жывёл, г. зн. з **дэтры-**

**ту**, ён называецца **дэтрытным** ці **ланцугом раскладання**. Дэтрытныя ланцугі характэрны для экасістэм дна глыбокіх азёр, мораў, дзе жыццё падтрымліваецца за кошт асядання дэтрыту — «трупнага дажджу», утворанага арганізмамі, якія насыляюць верхнія асветленыя слаі вадаёма. Распаўсюджаны дэтрытныя ланцугі і ў лясах, дзе большая частка (звыш 90 %) штогадовага прыросту жывой масы раслін не спажываецца раслінаеднымі жывёламі. Адмерлая маса ўтварае апад, які раскладаецца сапратрофнымі арганізмамі з наступнай мінералізацыяй рэдуцэнтамі.

Тыповым прыкладам дэтрытнага харчовага ланцуга нашых лясоў з'яўляецца наступны: *ліставы подсіціл* → *дажджавы чарвяк* → *сініца* → *вухастая сава* (мал. 29).

Такім чынам, паток энергіі, які ўваходзіць у экасістэму, раздзяляецца на два асноўныя рэчышчы, паступаючы да кансументаў праз жывыя тканкі раслін альбо праз запасы дэтрыту. Пры гэтым у розных відах экасістэм суадносіны гэтых двух патокаў розныя.



Мал. 29. Дэтрытны харчовы ланцуг

У водных экасістэмах праз пашавыя харчовыя ланцугі праходзіць у сярэднім да 40 % першаснага арганічнага рэчыва, у той час як у наземных экасістэмах гэта велічыня складае ўсяго каля 7 %. Гэта азначае, што роля дэтрытафагаў у наземных экасістэмах значна большая, чым у водных.

**Трафічныя ўзроўні і экалагічныя піраміды.** Арганізмы, якія складаюць харчовыя ланцугі і атрымліваюць

ежу праз роўную колькасць звёнаў гэтага ланцуга, належаць да аднаго **трафічнага ўзроўню**. Напрыклад, першы трафічны ўзровень экасістэмы ўтвараюць усе аўтатрофныя арганізмы (прадцэнты) незалежна ад іх таксанамічнай прыналежнасці, другі — усе кансументы I парадку, якія харчуюцца арганізмамі аўтатрофнага звяна. Трэці трафічны ўзровень утвараюць арганізмы, што харчуюцца кансументамі I парадку і г. д.

Такая паслядоўнасць і супадпарадкаванасць звязаных у форме трафічных узроўняў арганізмаў уяўляе сабой паток рэчываў і энергіі ў экасістэме, аснову яе функцыянальнай арганізацыі.

У выніку паслядоўнай перадачы рэчыва і энергіі па трафічных узроўнях у кожнай сістэме ўсталёўваецца пэўная **трафічная структура**. Яе звычайна паказваюць у выглядзе **экалагічнай піраміды**, графічную мадэль якой прапанаваў у 1927 г. амерыканскі экалаг Чарлз Элтан. Асновай піраміды служыць першы трафічны ўзровень — узровень прадцэнтаў, а верхнія паверхі ўтвораны наступнымі



Мал. 30. Харчовая піраміда





ўзроўнямі — кансументамі розных парадкаў (мал. 30).

Адрозніваюць тры спосабы пабудовы экалагічных пірамід (мал. 31).

**1. Піраміда лікаў (колькасцей)** адлюстроўвае суадносіны колькасцей арганізмаў кожнага трафічнага ўзроўню экасістэмы. Напрыклад, каб пракарміць аднаго ваўка, неабходна, прынамсі, некалькі зайцоў, на якіх ён мог бы паляваць. Каб пракарміць гэтых зайцоў, неабходна даволі вялікая колькасць разнастайных раслін.

Піраміда колькасцей не дае сапраўднага ўяўлення пра суадносіны паміж трафічнымі ўзроўнямі, калі арганізмы моцна адрозніваюцца паводле памераў. Напрыклад, калі прадукцыю прадстаўлены буйнымі формамі, дрэвамі, то іх колькасць у экасістэме будзе меншай, чым колькасць траў.

Суадносіны паміж колькасцю вусеняў жукоў лістаедаў, якія харчуюцца лісцем дрэў, і буйных капытных мле-

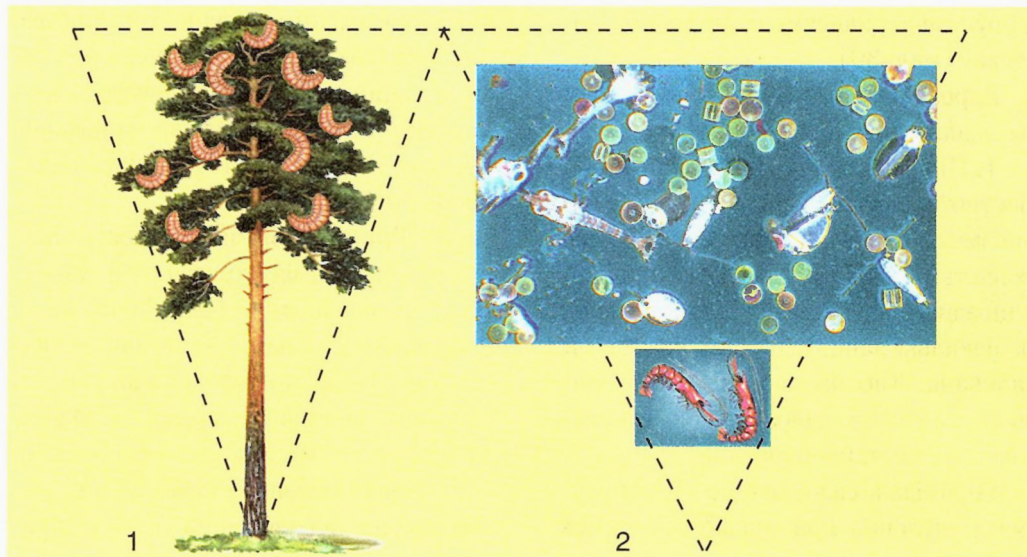
какормячых, што ядуць травяністыя расліны, таксама будуць зусім рознымі. У першым выпадку піраміда колькасцей будзе перавернутай: колькасць вусеняў будзе большай, чым колькасць дрэў (мал. 32).

**2. Піраміда біямас** адлюстроўвае суадносіны паміж трафічнымі ўзроўнямі, выражанымі ў біялагічнай масе, якая маецца на дадзены момант у экасістэме. Біямасу выражаюць у г, кг, т сырога ці сухога рэчыва на адзінку прасторы —  $\text{м}^2$ ,  $\text{км}^2$ , га,  $\text{м}^3$  і да т. п. Знойдзеная велічыня біямасы пры неабходнасці пераводзіцца на ўсю прастору экасістэмы.

Разлічаныя такім спосабам велічыні суадносіны паміж трафічнымі ўзроўнямі таксама залежаць ад памераў уваходзячых у іх арганізмаў, гэтаксама як і ў пірамідзе колькасцей. Калі прадукцыю прадстаўлены арганізмамі дробных памераў, то піраміда будзе перавернутай, г. зн. біямаса прадук-



Мал. 31. Тыпы экалагічных пірамід



Мал. 32. Адваротныя піраміды: 1 — лікаў; 2 — біямас

цэнтаў будзе меншая за біямасу кансументаў, напрыклад планктон і крэветкі (гл. мал. 32).

**3. Піраміда энергіі ежы, ці рацыёну,** з'яўляецца найбольш правільным спосабам знаходжання сапраўдных суадносін паміж трафічнымі ўзроўнямі, паколькі ў яе аснове ляжаць функцыянальныя паказчыкі. На структуру экасістэмы ў вялікай ступені аказвае ўплыў не колькасць фіксаванай энергіі, а хуткасць утварэння ежы. Гэта форма выяўлення суадносін паміж трафічнымі ўзроўнямі не залежыць ад памераў арганізмаў, і піраміда заўсёды будзе мець шырокую аснову і звужацца ўгору.

Заканамернасць колькасных суадносін паміж арганізмамі розных трафічных узроўняў устанавіў у 1942 г.

амерыканскі экалаг Р. Ліндэман. Ён сфармуляваў **правіла піраміды энергіі («правіла 10 %»)**, згодна з якім з аднаго трафічнага ўзроўню на іншы праз харчовыя ланцугі пераходзіць у сярэднім каля 10 % энергіі папярэдняга ўзроўню. Астатняя энергія губляецца ў выглядзе цеплавога выпраменьвання, затрат на рух і г. д. Арганізмы ў выніку падтрымання працэсу жыццядзейнасці ў кожным звяне харчовага ланцуга губляюць каля 90 % усёй энергіі.

Прыкладзём спрошчаны прыклад дзеяння «правіла 10 %». Калі на першым узроўні трафічнай піраміды раслінамі ўтворана 1000 Дж энергіі, то пры поўным з'яданні яе траваеднымі жывёламі (кансументамі I парадку) у цэла апошніх застаецца толькі 100 Дж,





а ў целе драпежніка (кансумента II парадку) — толькі 10 Дж энергіі. Калі ж гэты драпежнік будзе з'едзены іншым (кансументам III парадку), то на яго долю прыйдзеца толькі 1 Дж. Такім чынам, запас энергіі, назапашаны зялёнымі раслінамі, у ланцугах харчавання імкліва знікае.

Яшчэ прыклад: калі заяц з'еў 10 кг расліннай масы, то яго ўласная маса можа павялічыцца на 1 кг. Ліса ці воўк, з'ядаючы 1 кг зайчаціны, павялічваюць сваю масу ўжо толькі на 100 г. Прычым у дрэвавых раслін гэты паказчык ніжэйшы з-за таго, што драўніна дрэнна засвойваецца арганізмамі, якія яе спажываюць. Для траў і водарасцей гэта велічыня значна большая, паколькі ў іх практычна адсутнічаюць цяжка засваяльныя тканкі. Аднак агульная заканамернасць працэсу перадачы энергіі застаецца: праз верхнія трафічныя ўзроўні яе праходзіць значна менш, чым праз ніжнія.

Вось чаму ланцугі харчавання звычайна не могуць мець больш за 3—5 (рэдка 6) звёнаў, а экалагічныя піраміды не могуць складацца з вялікай

колькасці ўзроўняў. Да канцавага звяна харчовага ланцуга, гэтаксама як і да верхняга ўзроўню экалагічнай піраміды, будзе паступаць так мала энергіі, што яе не хопіць на ажыццяўленне працэсаў жыццядзейнасці вялікай колькасці арганізмаў.

Гэту заканамернасць лёгка зразумець, прасачыўшы, куды затрачваецца энергія спажытай ежы (С). Частка яе ідзе на пабудову новых клетак, рост тканак, г. зн. на прырост (Р). Частка расходзецца на забеспячэнне энергетычнага абмену, ці на дыханне (R). Паколькі засваяльнасць ежы не можа быць поўнай, г. зн. 100-працэнтнай, то частка незасвоенай ежы ў выглядзе экскрэментаў выдаляецца з арганізма (F). Балансавая роўнасць будзе выражацца наступным чынам:

$$C = P + R + F.$$

Улічваючы, што энергія, затрачаная на дыханне, не перадаецца на наступны трафічны ўзровень і выходзіць з экасістэмы, становіцца зразумелым, чаму кожны наступны ўзровень заўсёды будзе меншы за папярэдні.



1. Што такое харчовы ланцуг?
2. Чым адрозніваецца харчовая сетка ад харчовага ланцуга?
3. Чым звязана наяўнасць харчовых сетак у біяцэнозе?
4. Чым адрозніваецца пашавы ланцуг ад дэтрытнага?
5. У якой з сістэм — воднай ці наземнай — роля дэтрыту пераважае? Чаму?
6. Якія суадносіны выяўляе экалагічная піраміда?
7. Якімі спосабамі можна пабудаваць экалагічную піраміду? Які з іх найбольш аб'ектыўны?
8. Чым адрозніваецца перадача рэчыва ад перадачы энергіі па трафічных узроўнях?



## 14. Прадукцыйнасць экасістэм

Адной з асноўных уласцівасцей жывых арганізмаў з'яўляецца здольнасць да размнажэння і росту, у выніку якіх у біяцэнозах ствараецца новая біямаса. Гэта ўласцівасць ляжыць у аснове паняцця прадукцыйнасці экасістэм.

**Біямаса і прадукцыя.** Для характарыстыкі экасістэмы і працэсаў, якія ў ёй адбываюцца, важнейшымі паказчыкамі з'яўляюцца біямаса і прадукцыя.

**Біямаса** — гэта выражаная ў адзінках масы колькасць жывых арганізмаў, якая прыходзіцца на адзінку прасторы месцапражывання (напрыклад, г/м<sup>2</sup>, г/м<sup>3</sup>, кг/га, т/км<sup>2</sup> і да т. п.). Для супастаўнасці біямас розных арганізмаў яе часцей за ўсё выражаюць у сухой масе.

Адрозніваюць раслінную масу — **фітамасу**, жывёльную — **заамасу**, **бактэрыямасу** альбо біямасу якіх-небудзь канкрэтных груп ці арганізмаў асобных відаў.

Біямасы розных экасістэм значна адрозніваюцца. Найбольшую велічыню яны маюць у экасістэмах вільготных трапічных лясоў і найменшую — у пустынях і тундры.

Біямаса не застаецца пастаяннай, яе велічыня мяняецца ў залежнасці ад пары года, ступені выдання кансументамі розных парадкаў, міграцыі жывёл і іншых прычын. Напрыклад, ва ўмо-

вах Рэспублікі Беларусь самая нізкая велічыня біямасы травяністых шматгадовых раслін бывае ранняй вясной, позняй восенню і зімой, паколькі яна ў гэты час прадстаўлена толькі іх падземнымі органамі. У перыяд з мая па верасень яе велічыня будзе значна большай за кошт развіцця надземных частак расліны.

Прыкладам зменлівасці заамасы донных згуртаванняў водных экасістэм можа служыць яе рэзкае змяншэнне ў перыяд масавага вылету дарослых камароў у канцы мая — пачатку чэрвеня, а затым яе маруднае ўзрастанне пад восень за кошт выхаду лічынак з яец, адкладзеных самкамі камароў у вадаём, і іх наступнага росту.

**Прырост біямасы за пэўны перыяд часу на адзінцы прасторы называецца біялагічнай прадукцыяй.** Яна выражаецца ў тых жа адзінках, што і біямаса, але з указаннем часу, за які яна была створана (напрыклад, 10 кг сухой масы/га за месяц).

Адрозніваюць два віды прадукцыі — першасную і другасную.

**Першасная прадукцыя** — прырост біямасы аўтатрофных арганізмаў на адзінцы прасторы за адзінку часу. Першаснай яна называецца таму, што ўтворана з неарганічных рэчываў у працэсе фота- ці хемасінтэзу. Гэта важны параметр, паколькі





ім вызначаецца агульная колькасць арганічнага рэчыва, за кошт якога могуць існаваць і ствараць прадукцыю ўсе гетэратрофныя звёны экасістэмы.

Асноўнымі першаснымі прадукцэнтамі на планеце Зямля з'яўляюцца зялёныя расліны, пратэсты і цыянабактэрыі, якія ўтвараюць сумарна каля 98 % усяго арганічнага рэчыва. Эфектыўнасць, з якой сонечная энергія пераўтвараецца імі ў энергію хімічных сувязей арганічных малекул у працэсе фотасінтэзу, складае каля 1 %.

Агульная колькасць прадуктаў фотасінтэзу, утвораных за пэўны адрэзак часу на адзінцы прасторы, называецца **валавой першаснай прадукцыяй (ВПП)**. Значная яе частка (прыкладна 20—60 %) выкарыстоўваецца самім фотаўтатрофным арганізмам на дыханне, транспірацыю і іншыя патрэбы (R). Розніца паміж ВПП і R называецца **чыстай першаснай прадукцыяй**. Яе нескладана ўлічыць. Для гэтага неабходна сабраць, засушыць і ўзважыць раслінную масу, напрыклад, пры ўборцы ўраджаю. Менавіта чыстая першасная прадукцыя даступна для выкарыстання ў харчовых ланцугах кансументаў.

Штогод на планеце Зямля ў працэсе фотасінтэзу ствараецца каля 150 млрд сухой арганічнай масы. Гэта верхняя мяжа арганічнай ежы, якую могуць мець гетэратрофныя арганізмы.



Розныя экасістэмы адрозніваюцца паводле хуткасці ўтварэння першаснай прадукцыі. Найбольш прадукцыйнымі з'яўляюцца экасістэмы вільготных трапічных лясоў са штогадовай прадукцыяй сухой масы да 3 кг/м<sup>2</sup>, а таксама субтрапічных лясоў — да 2,5 кг/м<sup>2</sup>. Лясы сярэдніх шырот прадукцуюць каля 1 кг/м<sup>2</sup> сухой масы ў год. Невысокая прадукцыя зон адкрытага акіяна — у год прыкладна 0,5 кг/м<sup>2</sup>. Самую нізкую прадукцыю, каля 0,1 кг/м<sup>2</sup> у год, маюць пустыні і тундры.

**Другасная прадукцыя** — гэта біямаса, створаная гетэратрофнымі арганізмамі за адзінку часу на адзінцы прасторы. Разлік прыросту біямасы праводзяць асобна для кожнага трафічнага ўзроўню. Гэта абумоўлена тым, што пры руху рэчыва і энергіі ад аднаго трафічнага ўзроўню да другога другасная прадукцыя ўтвараецца за кошт паступлення арганічнага рэчыва з папярэдняга ўзроўню. Гетэратрофы, гэтаксама як і аўтатрофы, выкарыстоўваюць на прырост біямасы не ўсю энергію спажытай ежы. Частку яе яны расходуюць на энергетычны абмен і выводзяць з арганізма з экскрэментамі. Пры ўзмацненні фізічнай нагрузкі (напрыклад, у час міграцый) значная частка энергіі спажытай ежы затрачваецца на ўзрослы энергетычны абмен. Частка энергіі, якая выкарыстоўваецца на прырост, залежыць ад узроставага складу арганізмаў у папуляцыі: чым большая доля малодшых узроставак груп, здольных да росту, тым вышэйшая карысная прадукцыя (прырост) згуртавання. Павышэнне долі асо-



бін старэйшых узростаў, не здольных да росту, павялічвае расходы спажыватай ежы на энергетычны абмен, зніжаючы тым самым чыстую другасную прадукцыю згуртавання.

Другасная прадукцыя ў экасістэмах значна меншая за першасную, што тлумачыцца стратамі энергіі пры перадачы яе з аднаго ўзроўню на другі, а таксама няпоўным спажываннем раслінаеднымі арганізмамі прадукцыі раслін. Вядома, што ў наземных экасістэмах у пашавых харчовых ланцугах спажываецца толькі каля 7 % прадукцыі раслін, а ў водных — пры-

кладна 40 %. Астатняя частка прадукцыі раслін пасля адмірання паступае ў дэтрытныя ланцугі раскладання.

Агульную прадукцыйнасць экасістэмы нельга вылічыць як простую арыфметычную суму першаснай і другаснай прадукцыі, таму што прырост другаснай заўсёды адбываецца за кошт знішчэння якой-небудзь часткі як першаснай, так і другаснай прадукцыі. Таму ацэнку прадукцыйнасці экасістэм заўсёды робяць толькі па велічынях першаснай прадукцыі.



1. Што такое біямаса? 2. Што такое прадукцыя? Чым яна адрозніваецца ад біямасы? 3. Чым адрозніваецца першасная прадукцыя ад другаснай? 4. Што такое валавая і чыстая першасная прадукцыя? 5. Які дыяпазон адрозненняў велічынь першаснай прадукцыі розных наземных экасістэм? 6. Ці ўся першасная прадукцыя спажываецца раслінаеднымі арганізмамі ў экасістэмах?

## 15. Біятычныя сувязі арганізмаў у экасістэмах. Канкурэнцыя як від біятычных сувязей

**Біятычныя сувязі.** Кожны арганізм жыве ў акружэнні іншых жывых істот, уступаючы з імі ў разнастайныя адносіны. Такая сувязь з'яўляецца неабходнай умовай іх выжывання, паколькі яна забяспечвае магчымасць харчавання, размнажэння, рассялення. Не ўсе віды адносіны паміж арганізмамі ў роўнай ступені карысныя кожнаму з бакоў. Некаторыя з іх прыводзяць да прыгнечання ці нават гібелі аднаго з арганізмаў.

Жывое акружэнне арганізма складае яго *біятычнае* асяроддзе, а разнастайныя віды адносіны паміж жывымі арганізмамі называюцца *біятычнымі*. Разгледзім важнейшыя з іх.

**Канкурэнцыя.** Асобіны аднаго ці розных відаў могуць мець падобныя патрэбы, задавальненне якіх неабходна для іх жыцця. Аднак іх сумарныя патрэбы ў нейкім рэсурсе могуць у дадзены момант часу перавышаць яго





запас. У такім выпадку ўзнікае канкурэнцыя — узаемадзеянне (спаборніцтва) паміж асобінамі, якое выклікана падобнымі патрэбамі ў абмежаваным рэсурсе і прыводзіць да зніжэння выжывальнасці, хуткасці росту і размнажэння асобін, што канкуруюць.

У якасці рэсурсу для жывёл могуць выступаць розныя харчовыя аб'екты, прастора для замацавання на субстраце, месцы, зручныя для наладжвання гнёзд, норы, палавы партнёр. Для жыцця раслін — гэта элементы мінеральнага жыўлення, вільгаць, святло, цяпло і г. д.

Калі асобіны, якія канкуруюць, належаць да аднаго віду, то ўзаемаадносіны паміж імі называюцца *ўнутрывідавой* канкурэнцыяй; калі ж яны адносяцца да розных відаў — *міжвідавой* канкурэнцыяй.

Адрозніваюць дзве формы ўнутрывідавой і міжвідавой канкурэнцыі: прамую і ўскосную.

**Прямая канкурэнцыя** — гэта непасрэдны адмоўны ўплыў, падаўленне, выцясненне адных асобін іншымі. Яна можа выяўляцца ў розных формах узаемнага прыгнятання: бойках, перакрыцці доступу да рэсурсу, хімічным падаўленні канкурэнта і да т. п.

Прыкладам прамой канкурэнцыі могуць служыць абвостраныя адносіны ў вадаёмах Беларусі паміж двума відамі ракаў — *вузкапальцага* і *шыракапальцага*. Часцей за ўсё вуз-

капальцы рак як больш пладавіты і прыстасаваны да разнастайных умоў воднага асяроддзя выцясняе шыракапальцага.

У лясах Еўропы акліматызаваная *амерыканская норка* выцясняе *еўрапейскую*. Маючы большыя памеры, пладавітасць і хуткасць росту, яна хутчэй, чым еўрапейская, павялічвае сваю колькасць, што прыводзіць да скарачэння арэала распаўсюджвання еўрапейскай норкі.

Формай канкурэнцыі сярод раслін з'яўляецца хімічная атака таксічным рэчывам, якое падаўляе рост раслін іншых відаў. Напрыклад, лісце *каштана конскага*, якое гніе, выдзяляе ў глебу таксічныя злучэнні, што падаўляюць рост сеянцаў многіх відаў дрэў. *Ляшчына звычайная* і *дуб чарэшчаты* сваімі каранёвымі выдзяленнямі часта прыгнятаюць рост пад іх кронай травяністых раслін.



Некаторыя віды раслін, не патрабавальныя да высокай колькасці азоту ў глебе, здольныя падаўляць каранёвымі выдзяленнямі дзейнасць азотфіксуючых бактэрый і такім чынам «замацоўваць» за сабой бедныя на азот глебы, выцясняючы азоталюбівыя расліны.

Масава размнажаючыся ў вадаёмах, цыянабактэрыі сваімі таксічнымі выдзяленнямі падаўляюць рост планктонных пратыстаў і нярэдка становяцца адзінай дамінуючай групай фотаўтатрофных арганізмаў тоўшчы вады. Біялагічна актыўныя рэчывы — **фі-**



Мал. 33. Мечанне індывідуальнай тэрыторыі: 1 — зубром; 2 — антылопай

**танцыды**, якія выдзяляюцца раслінамі, і **антыбіётыкі**, што выпрацоўваюцца мікраарганізмамі, накіраваны на падаўленне жыццядзейнасці многіх відаў мікраарганізмаў. Чалавек навучыўся выкарыстоўваць гэтую форму ўзаемадзеяння арганізмаў для лячэння шэрага бактэрыяльных захворванняў.

Сярод рухомах жывёл канкурэнцыя нярэдка прымае такую форму, калі адна асобіна непасрэдна перашкаджае другой асобіне заняць частку месцапражывання і выкарыстаць рэсурсы, якія там знаходзяцца. Гэта форма ўнутрывідаввой канкурэнцыі праяўляецца ў ахове асобінай сваёй *індывідуальнай* тэрыторыі. У некаторых жывёл ахова свайго ўчастка ўключае жорсткія канфлікты паміж канкурэнтамі. У іншых відаў існуе больш тонкае ўзаемнае распазнаванне асобінамі, якія канкурыруюць, забараняльных сігналаў. Так, птушкі ў гнездавы перыяд у якасці маркіроўкі тэрыторыі

выкарыстоўваюць характэрную песню. Драпежныя млекакормячыя сямейства псовых мецяць межы свайго ўчастка мачой, а прадстаўнікі сямейства каціных — сакрэтам пахучых залоз і драпінамі на дрэвах. *Зубр* маркіруе свой індывідуальны ўчастак, здзіраючы кару з дрэў, а самец *антылопы* пакідае на дрэве метку з дапамогай сакрэту пахучай залозы, размешчанай перад вокам (мал. 33). У барацьбе за тэрыторыю перамагаюць больш моцныя асобіны, якія і пакідаюць патомства.

**Ускосная канкурэнцыя** выяўляецца ў тым, што асобіны, якія канкурыруюць, непасрэдна не ўзаемадзейнічаюць адна з адной, але рэагуюць на зніжэнне рэсурсу з-за прысутнасці і жыццядзейнасці іншых асобін. Так, карпы, якія канкурыруюць з-за ежы ў рыбаводных сажалках, уплываюць адзін на аднаго не прама, а праз змяншэнне колькасці ежы, якая прыходзіцца на кожную асобіну.





Калі насенне *морквы* пасеяць густа і своєчасова не прарадзіць, то к восені караняплоды вырастуць дробнымі. Гэта з'яўляецца прыкладам ускоснай унутрывідавой канкурэнцыі ў раслін за падобныя рэсурсы: вільгаць, мінеральнае жыўленне, святло.

Унутрывідавоя канкурэнтныя адносіны ў пазваночных жывёл, якія маюць складаныя формы паводзін, даюць магчымасць выстраіць іх сацыяльную супадначаленасць (іерархію). У жорсткай канкурэнтнай барацьбе выяўляецца мацнейшы — важак, а кожная асобіна займае сваё адваяванае месца. Такая сацыяльная структура дае магчымасць падтрымліваць парадак у групе, яе адзінства, паспяхова размнажацца і сумесна абараняцца, падпарадкоўваючыся волі важака.

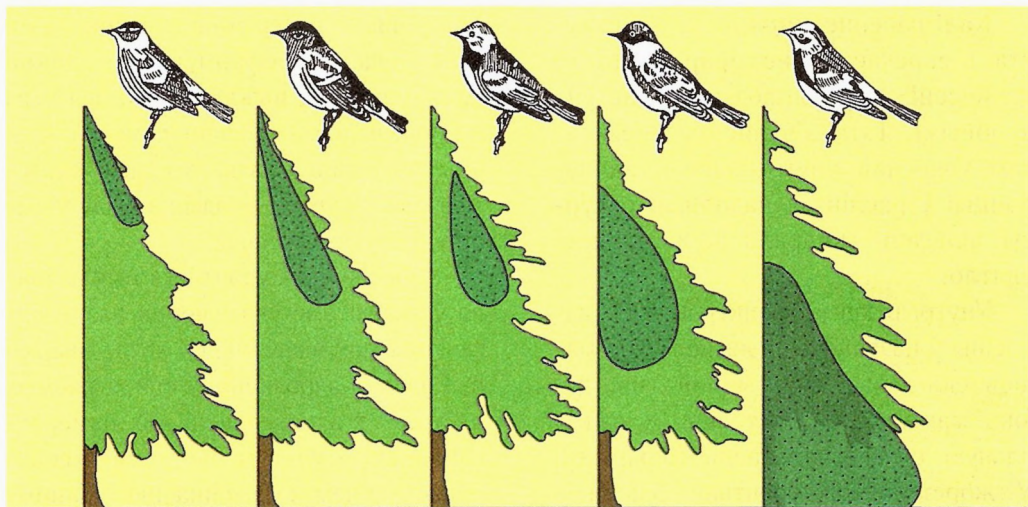
\*Вывучэнне міжвідавой канкурэнцыі ў прыродных умовах часта мае вялікія цяжкасці. Таму вынікі канкурэнтных узаемаадносін даследуюцца ў лабараторным эксперыменце. Класічным прыкладам такіх прац з'яўляюцца даследаванні рускага экалага Г. Ф. Гаўзе (1934 г.) на двух блізкароднасных відах *інфузорый*. Пры вырошчванні паасобку кожны від квітнеў. Пры сумесным росце выжываў толькі адзін з іх, які рос больш хутка. Паўтарэнне падобных эксперыментаў з пладовымі мушкамі *дразафіламі*, мышападобнымі грызунамі, аднагадовымі расліна-

мі прывяло да падобнага выніку. Гэта дало падставу сфармуляваць **закон канкурэнтнага выключэння**: два віды не могуць доўга існаваць сумесна, калі яны залежаць ад аднаго і таго ж лімітуючага рэсурсу, — адзін з відаў у выніку будзе выцеснены.

У выніку канкурэнтнага выключэння ў экасістэме ўжываюцца разам арганізмы тых відаў, якія ў ходзе эвалюцыі набылі адрозненні ў спажываемых рэсурсах у адпаведнасці з іх памерамі і формай, хімічным саставам, месцапражываннем і сезоннасцю. Напрыклад, чатыры віды *меданоснай пчалы*, што пражываюць сумесна, пазбягаюць канкурэнцыі дзякуючы розніцы ў даўжыні хабатка, які дае ім магчымасць збіраць нектар і пылок з кветак рознага памеру. Або, як паказана на малюнку 34, кожны з пяці відаў *валасянак*, што жывуць у яловых лясах, харчуюцца на розных частках кроны дрэў.

Такім чынам, у асобін аднаго віду ў прысутнасці асобін іншага віду, якія канкуруюць з імі, назіраюцца знешнія прыкметы або асаблівасці паводзін, што адрозніваюцца ад тых, якія маюцца пры адсутнасці канкурэнта. Гэта з'ява называецца **зрушэннем (разыходжаннем) прыкмет ці дывергенцыяй**.\*

Канкурэнтныя адносіны з'яўляюцца адным з важнейшых механізмаў відавога складу біяцэнозаў і прастора-



Мал. 34. Харчаванне розных відаў *валасянак* у розных ярусах дрэвастой

вага размеркавання ў іх асобін. Канкурэнтнае выключэнне і эвалюцыйная дывергенцыя, зніжаючы міжвідавую

канкурэнцыю, садзейнічаюць больш поўнаму выкарыстанню рэсурсаў у біяцэнозах.



1. Што такое біятычнае асяроддзе арганізмаў? Прывядзіце прыклады.
2. Што такое канкурэнцыя? Якія формы канкурэнцыі існуюць? 3. Чым ускосная канкурэнцыя адрозніваецца ад прамой? Прывядзіце прыклады.
- 4\*. Якая роля канкурэнтных адносін у эвалюцыйным развіцці відаў?

## 16. Узаемадзеянне драпежнік — ахвяра

**Драпежніцтва** — від біятычных сувязей. Драпежніцтва — гэта спосаб здабывання жывёламі ежы і харчавання, пры якім яны ловяць, умярцвяюць і паядаюць іншых жывёл (ахвяр). Драпежніцтва сустракаецца сярод арганізмаў большасці тыпаў жывёл, а таксама сярод насякомаедных раслін і грыбоў. Драпежніцтва ўяўляе

сабой асноўны спосаб, які забяспечвае перамяшчэнне рэчыва і энергіі ў экасістэмах.

Вядома каля 500 відаў насякомаедных раслін. На тэрыторыі Беларусі растуць тры з іх — *расіца кругалістая*, *пльвунец* і *тлушчанка звычайная* (мал. 35). З дапамогай разнастайных прыстасаванняў яны ловяць



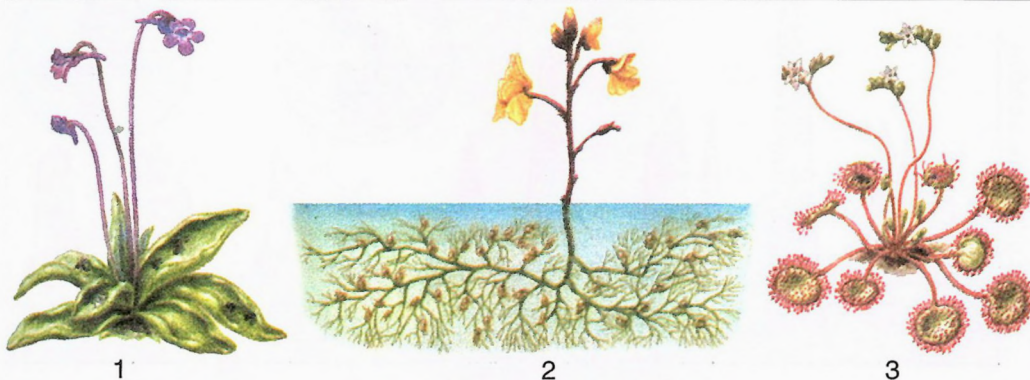
дробных насякомых, ператраўляюць іх і ўсмоктваюць. Жывёльная ежа ім патрэбна галоўным чынам як крыніца бялку для папаўнення недахопу азоту ў субстраце.

Некаторыя грыбы таксама выпрацавалі ў працэсе эвалюцыі адмысловыя прыстасаванні для захопу дробных жывёл. Напрыклад, *вешанка звычайная*, якая расце на драўніне, што гніе, выдзяляе рэчыва, якое робіць дробных круглых чарвей (*нематод*) нерухомымі. Пасля гэтага гіфы грыба апутваюць чарвей, пранікаюць у іх, ператраўляюць і ўсмоктваюць.

Найбольш разнастайныя і складаныя ўзаемадзеянні драпежнікаў і ахвяр сярод жывёл. Ступень уздзеяння драпежных жывёл на сваіх ахвяр розная і шмат у чым вызначаецца наяўнасцю ці адсутнасцю перавагі да пэўнага віду ахвяры — **выбіральнасцю харчавання**.

Жывёлы, у якіх цалкам або часткова адсутнічае выбіральнасць у спажыванні харчовых аб'ектаў, называюцца **неспецыялізаванымі драпежнікамі**. Напрыклад, *вайкі* выбіраюць як буйных ахвяр (*лось, алень, казуля*), так і дробных (*заяц, мышападобныя грызуны* і інш.). *Акунь, шчупак, судак* палююць на самыя розныя віды рыб. Рачкі *цыклопы* нападаюць на розных, больш дробных, чым яны самі, планктонных жывёл — *дафній, калаўротак*.

Неспецыялізаваныя драпежнікі, выключаючы нейкую колькасць ахвяр, зніжаюць іх колькасць, што не дае магчымасці ахвяры падарваць свае кармавыя рэсурсы. Пры зніжэнні колькасці аднаго віду ахвяр драпежнікі пераключаюцца на харчаванне іншым відам, што садзейнічае падтрыманню відавой разнастайнасці. Гэта тлумачыцца тым, што зніжэнне колькасці



Мал. 35. Насякомаедныя расліны: 1 — тлушчанка звычайная; 2 — пływунец звычайны; 3 — расіца кругалістая



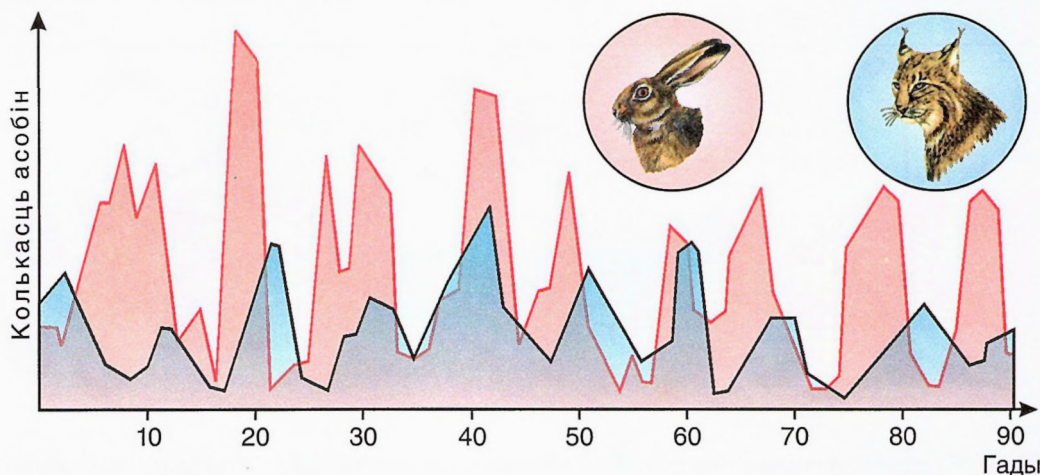
ахвяр розных відаў прыводзіць да адпаведнага аслаблення паміж імі як міжвідавой, так і ўнутрывідавой канкурэнцыі за падобныя рэсурсы.

Вучоныя-экалагі не раз адзначалі, што поўнае знішчэнне драпежнікаў прыводзіць спачатку да рэзкага павелічэння колькасці ахвяр, а затым да рэзкага зніжэння яе з-за хвароб, якія хутка распаўсюджваюцца, ці падрыву ўласнай кармавой базы.

**Спецыялізаваныя драпежнікі** харчуюцца адным ці нешматлікімі відамі арганізмаў. Выбар канкрэтнай ахвяры вызначаецца яе даступнасцю. У першую чаргу яны нападаюць на хворых, слабых, траўміраваных, больш уразлівых старых ці зусім маладых, неабароненых асобін ніжэйшага рангу. Такі выбіральны адбор павышае жыццяздольнасць папуляцыі ахвяры. Гэту ролю драпежнікаў ацэньваюць як *санітарную*.

Паколькі наяўнасць харчовай спецыялізацыі абмяжоўвае магчымасці пераключэння на іншыя віды ежы, могуць узнікнуць цыклічныя ваганні колькасці папуляцыі драпежніка і ахвяры.

Класічны прыклад гэтага — ваганні колькасці *зайца беляка* і *рысі* (мал. 36). На малюнку паказана, што колькасць зайцоў рэгулярна змяняецца з перыядам 8—11 гадоў. Прыкладна з такім жа перыядам змяняецца і колькасць рысяў, прычым максімум колькасці наступае на 1—2 гады пазней, чым у зайцоў. Гэта адбываецца таму, што пры нізкай колькасці драпежнікаў і ахвяр колькасць ахвяр узрастае хутчэй. Гэта тлумачыцца больш высокай пладавітасцю і хуткасцю росту зайцоў у параўнанні з рысямі. Па меры ўзрасцання колькасці зайцоў з некаторым адставаннем пачынае павялічвацца і колькасць рысяў. Гэта прыводзіць да



Мал. 36. Дынаміка колькасці зайцоў і рысяў



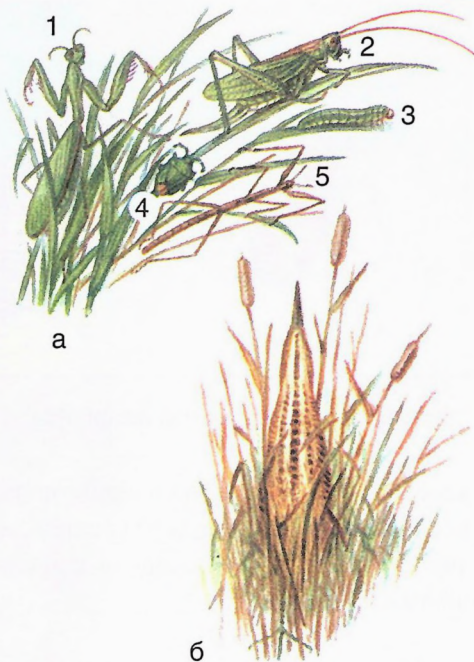
скарачэння колькасці зайцоў. Ахвяры да апошняй асобіны не знішчаюцца, паколькі гэта энергетычна нявыгадна драпежніку. Акрамя таго, узровень зніжэння колькасці ахвяр непасрэдна залежыць ад наяўнасці сховішчаў. Колькасць драпежнікаў зніжаецца з некаторым спазненнем пасля змяншэння колькасці ахвяр.

Больш кароткія, 3—4-гадовыя цыклы характэрны для *лемінгаў*, *мышэй* і *палёвак*, якія жывуць у паўночных шыроты. Адпаведна мяняецца і колькасць *пясцоў*, *ліс* і *палярных соў*, што харчуюцца імі.

Так усталёўваецца дынамічная раўнавага паміж колькасцю драпежніка і ахвяры, што садзейнічае падтрыманню стабільнасці ў экасістэме.

**Узаемныя прыстасаванні драпежніка і ахвяры.** Стратэгіі драпежніка і ахвяры процілеглыя: першы імкнецца знайсці і злавіць, другі — пазбегнуць гэтага. Таму паралельна ў ходзе доўгай сумеснай эвалюцыі адбываецца ўдасканалванне ўзаемных прыстасаванняў як у драпежніка, так і ў ахвяры, дзякуючы чаму паміж імі складаецца некаторая раўнавага.

Абарона ахвяр ад паядання драпежнікамі разнастайная. Гэта **ахоўная афарбоўка** і **форма цела**, што робіць ахвяру непрыметнай у асяроддзі пражывання (мал. 37). Вялікая хуткасць перамяшчэння і наяўнасць сховішчаў таксама дапамагаюць ахвяры ўцячы ад праследавання драпежніка.



Мал. 37. Ахоўная афарбоўка: а — у траве добра маскіруюцца: 1 — звычайны багамол, 2 — зялёны конік, 3 — вусень пядзеніка, 4 — зялёны шчытнік, 5 — палачнік; б — бугай сярод лісця рагозу

У многіх жывёл, якія не маюць сховішчаў, своеасаблівым спосабам кампенсацыі страт ад знішчэння драпежнікамі з'яўляецца **ўзмацненне размнажэння**. Гэты спосаб характэрны, напрыклад, для *тлі*, многіх планктонных ракападобных (*дафній*), *калаўротак*, якія набылі партэнагенетычны спосаб размнажэння. Высокая пладавітасць, хуткае палавое выпяванне, з'яўленне ў патомстве толькі партэнагенетычных самак даюць магчымасць за кароткі праме-



Мал. 38. Перасцерагальная афарбоўка: 1 — ядавіты жук шпанка; 2 — скунс; 3 — дрэвалаз

жак часу значна павялічваць колькасць асобін. Гэтыя прыстасаванні дазваляюць ахвяры процістаяць драпежнікам.

\*Як сродак абароны ад паядання многія жывёлы выпрацоўваюць яды і таксіны. У гэтым выпадку яны маюць яркую **перасцерагальную афарбоўку** (мал. 38). Механізм дзеяння ядаў розны. Так, некаторыя віды *мнаганожак* (трахейнадыхаючых членіста-ногіх) у якасці абарончага сродку сакратуюць **сінільную кіслату**, якая выклікае ў нападаючых на іх жывёл сутаргі, параліч, удушша. Жукі *шпанкі* і *шпанскія мышкі* сінтэзуюць **кан-**

**тарыдзін** — рэчыва скурна-нарыўнога дзеяння. **Батрахатаксін** ядавітых *жаб* з Калумбіі парушае работу нервовых і мышачных тканак. **Буфаталін** — таксін еўрапейскіх відаў *рапух* — спыняе ў драпежнікаў скарачэнне сэрца.

Кантрастная афарбоўка *скунса* папярэджвае, што ён валодае страшнай «зброяй» — сакрэтам анальных залоз, якія вельмі моцна смярдзяць.\*

Такім чынам, у выніку сумеснай эвалюцыі драпежнікі і ахвяры выпрацавалі складаныя механізмы ўзаемных прыстасаванняў, якія садзейнічаюць захаванню балансу паміж імі.



**1.** Чаму драпежніцтва разглядаецца ў якасці галоўнага спосабу перамяшчэння рэчыва і энергіі ў экасістэмах? **2.** Што такое выбіральнасць харчавання драпежніка? **3.** Якая роля спецыялізаваных драпежнікаў у экасістэмах? **4.** Як спецыялізаваныя драпежнікі выконваюць санітарную функцыю ў біяцэнозах? Прывядзіце прыклады. **5.** Якія наступствы дынамікі колькасці спецыялізаваных драпежнікаў і іх ахвяр? Прывядзіце прыклады. **6.** Якія спосабы абароны ахвяр ад знішчэння драпежнікамі?



## 17. Сімбіёз як форма біятычных узаемаадносін

*Сімбіёз* — гэта форма цесных узаемаадносін паміж арганізмамі розных відаў, выгадная хаця б для аднаго з іх (каменсалізм, сінайкія, паразітызм) ці для абодвух (мутуалізм). Сімбіятычныя адносіны шырока распаўсюджаны ў прыродзе.

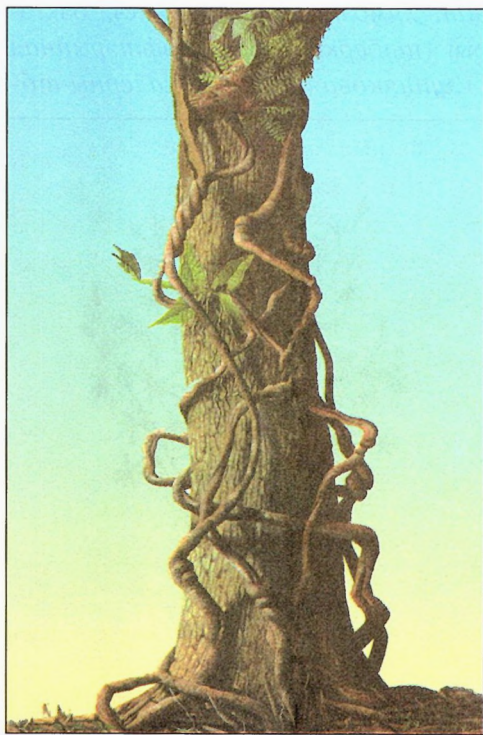
**Каменсалізм** (нахлебніцтва, сатрапезніцтва) (лац. *com* — сумесна, разам, *mensa* — трапеза, стол) — форма адносін паміж арганізмамі розных відаў, пры якой адзін з іх (каменсал) харчуецца рэшткамі ці лішкам ежы другога, не робячы яму шкоды. Выгаду ад сумеснага існавання атрымлівае толькі каменсал, прысутнасць якога для партнёра з'яўляецца фактычна абыхакавай.

Такія ўзаемаадносіны *белых мядзведзяў* і *пясцоў*, якія паядаюць рэшткі ежы, здабытай і недаедзенай мядзведзем. Каменсаламі буйных рыб, напрыклад *акул*, з'яўляюцца *рыбы прыліпалы*. З дапамогай прысосак на галаве яны прымацоўваюцца да бруха акулы, перамяшчаючыся разам з ёй і пры выпадку дзелячы з ёй здабычу. Акуле яны не прыносяць ні шкоды, ні карысці. Некаторыя віды марскіх кольчатых чарвей роду *нерэіс* пасяляюцца на ракавіне, якую займае *рак-пустэльнік*, і харчуюцца рэшткамі яго ежы.

**Сінайкія** (сумеснае жыццё) (грэч. *syn* — разам і *oikos* — дом, жыллё) — найменш цеснае сумеснае жыццё арганізмаў розных відаў, якое абмяжоў-

ваецца сумесным месцапражываннем, абыхакавым для аднаго, але карысным для другога. Так, у гнёздах птушак, норах грызуноў, расколінах кары дрэў пасяляюцца разнастайныя віды членістаногіх, якія знаходзяць там падыходзячы для іх жыцця мікраклімат. Некаторыя віды рыб на каралавых рыфах жывуць сярод шчупальцаў актыній і медуз.

Да сінайкіі адносяць таксама пасяленні ліян (мал. 39), плюшчоў, лішайнікаў, імхоў на ствалах дрэў.



Мал. 39. Ліаны



**Паразітызм** — форма міжвідавых узаемаадносін, якая мае антаганістычны характар, калі адзін з відаў (паразіт) выкарыстоўвае другога (гаспадара) у якасці асяроддзя пражывання і крыніцы ежы.

Сярод паразітаў адрозніваюць энда- і эктапаразітаў.

Эндапаразіты жывуць у целе гаспадара і харчуюцца яго тканкамі ці змесцівам кішэчніка. Да іх належаць плоскія чэрві (пячоначны смактун, бычыны і свіны цэпні, эхінакок), круглыя чэрві (аскарыда, трыхіна, воласагалоў, вастрыца дзіцячая), пратысты (малярыйны паразіт, лямблія, трыхамонас), бактэрыі (туберкулёзная, дыфтэрыяная і скупняковая палачкі, халерны віб-

рыён і інш.), вірусы, якія выклікаюць небяспечныя захворванні чалавека: грып, адзёр, СНІД, поліяміэліт, свінку, шаленства і інш.

Эктапаразіты жывуць пераважна на кожным покрыве гаспадара. Яны смочуць яго кроў, паядаюць шэрсьць млекакормячых, пер'е птушак. Маючы пэўную рухомасць, яны могуць пераходзіць ад аднаго гаспадара да другога. Эктапаразітамі з'яўляюцца вошы, блохі, кляшчы і інш.

Паразіты маюць спецыялізаванае покрыва, якое абараняе іх ад уздзеяння стрававальных сокаў гаспадара, органы прымацавання (прысоскі, кручкі). Многім эндапаразітам уласцівы складаныя цыклы развіцця са зменай гаспадароў, вялікая пладавітасць.

**Мутуалізм** (лац. *mutuus* — узаемны) — форма абавязковага сумеснага жыцця арганізмаў двух ці больш відаў, пры якой кожны мае карысць ад аднаго і ніводзін з іх не можа існаваць самастойна.

Прыкладам мутуалістычных узаемаадносін з'яўляецца сумеснае жыццё клубеньчыкавых бактэрыі роду *рызобіум* з каранямі раслін сямействаў бабовых (мал. 40), мімозавых. Укараненне бактэрыі у расліну адбываецца праз каранёвыя валаскі. Тканкі караня пад уплывам роставага рэчыва, якое выдзяляецца бактэрыямі, узмоцнена разрастаюцца і ўтвараюць клубеньчыкі. Бактэрыі ў клубеньчыках хутка размнажаюцца, запаўняючы клеткі. У выніку



Мал. 40. Клубеньчыкавыя азотфіксуючыя бактэрыі на каранях *лубіну жоўтага*



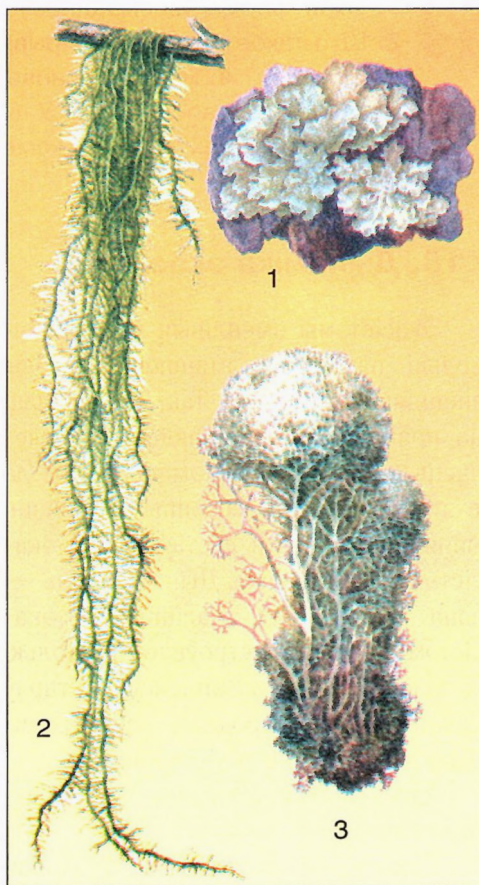


такога цеснага сумеснага жыцця расліна забяспечвае бактэрыі пажыўнымі рэчывамі (пераважна цукрамі) і стварае аптымальныя ўмовы для іх жыцця. Бактэрыі, у сваю чаргу, звязваюць атмасферны малекулярны азот і ператвараюць яго ў злучэнні, якіх дастаткова і для бактэрыі, і для раслін. Пасля адмірання каранёў глеба ўзбагачаецца злучэннямі азоту, што павышае яе ўрадлівасць.

Узаемавыгаднае сумеснае жыццё існуе таксама паміж каранямі большасці груп голанасенных і кветкавых раслін і грыбамі, якое называецца **мікарызай (грыбакоранем)**. Пры гэтым міцэлій грыба аплятае карані раслін і пранікае пад эпідэрміс ці нават у клеткі парэнхімы караня, дзе можа ўтвараць скопішчы ў выглядзе клубкоў. Мікарызны грыб павялічвае ўсмоктвальную паверхню караня ў 10—14 разоў. Ён выдзяляе вітаміны, роставыя рэчывы, якія стымулююць развіццё караня, павышае ўсмоктванне фосфару з глебы. Ад расліны грыб атрымлівае цукры і іншыя арганічныя злучэнні, каранёвыя выдзяленні, якія садзейнічаюць прарастанню яго спор.

**Лішайнікі** (мал. 41) таксама ўяўляюць сабой мутуалістычнае сумеснае жыццё грыба з фотааўтатрофнымі арганізмамі — цыянабактэрыямі і пратыстамі. Фотааўтатрофны кампанент дастаўляе грыбу арганічныя рэчывы. Большасць відаў цыянабактэрыі, якія ўваходзяць у склад лішайнікаў, здольны фіксаваць атмасферны азот. Такія

лішайнікі могуць расці там, дзе азоту мала. У сваю чаргу грыб пастаўляе фотааўтатрофнаму арганізму ваду з растворанымі мінеральнымі солямі, абараняючы яго ад высыхання. Такая арганізацыя лішайнікаў дае магчымасць ім атрымліваць харчаванне з паветра, атмасферных ападкаў, расы і туманаў, пылу, які асядае на слявішча. Таму лішайнікі шырока распаўсюджаны ў пры-



Мал. 41. Лішайнікі: 1 — пармелія; 2 — уснея; 3 — кладонія



родзе. Яны жывуць па ўсім свеце — ад бязводных пустынь да Арктыкі: на голай глебе, ствалах дрэў, распаленых сонцам скалах, на дахах, агароджах і да т. п.

У стрававальным тракце жвачных парнакапытных жывёл, тэрмітаў і тараканаў жывуць сімбіёнты — бактэрыі, інфузоры і жгуцікавыя. Яны выпрацоўваюць спецыяльныя ферменты,

якія дапамагаюць жывёле-гаспадару ператраўліваць жорсткі раслінны корм. Жывёла-гаспадар дае арганізмам-сімбіёнтам месца для пражывання і ежу.

Такім чынам, разнастайнасць форм узаемаадносін паміж арганізмамі розных відаў стварае тое неабходнае біятычнае асяроддзе, у якім магчыма іх нармальнае існаванне.



1. Якая форма ўзаемаадносін паміж арганізмамі называецца сімбіёзам?
2. Што такое мутуалізм? Прывядзіце прыклады.
3. Якая роля мутуалізму ў экасістэмах?
4. На якой аснове ўзнікае сінайкія?
5. Чым паразітызм адрозніваецца ад драпежніцтва? У чым іх падабенства?
6. Якая роля паразітызму ў экасістэмах?
7. Чым каменсалізм адрозніваецца ад іншых відаў сімбіёзу?

## \*18. Дынаміка экасістэм

Экасістэмы зменлівыя ў часе, паколькі пастаянна змяняюцца ўмовы знешняга асяроддзя. Так, напрыклад, на працягу сутак мяняюцца асветленасць, вільготнасць, тэмпература і да т. п. У адказ на сезонныя змяненні мяняецца і жывая састаўляючая экасістэмы — біяцэноз. Дынамічнасць — адна з асноўных уласцівасцей экасістэм. Яна адлюстроўвае не толькі іх залежнасць ад комплексу фактараў навакольнага асяроддзя, але і рэакцыю экасістэм на іх уздзеянне.

Адрозніваюць сутачную, сезонную і шматгадовую дынаміку.

**Сутачная дынаміка.** У любой экасістэме ёсць групы арганізмаў, актыўнасць якіх звязана з розным часам

сутак (мал. 42). Напрыклад, дзённыя матылі і пчолы актыўныя пасля паўдня, калі тэмпература паветра найбольш высокая. У прыцемкавы і начны час актыўнымі становяцца начныя матылі (*бражнікі*), камары.

Сярод птушак вядомы дзённы драпежнікі (*сокал, арол, ястраб цецяроўнік*), якія выяўляюць ахвяру з дапамогай зроку, і начныя драпежнікі (*совы, пугачы*), якія знаходзяць ахвяру з дапамогай вострага слыху.

Паўзуны сярэдніх шырот найбольш актыўныя ў дзённы час, а ў пустыні, наадварот, іх актыўнасць узрастае ў прыцемак і ноччу, калі спадае гарачыня і асноўны аб'ект іх харчавання — грызуны выхо-





Мал. 42. Дзённыя і начныя насякомыя

дзяць са сваіх нор адшукваць раслінную ежу.

Сутачная дынаміка жыццядзейнасці назіраецца і ў раслін. Так, фотасінтэз з выдзяленнем кіслароду ажыццяўляецца ў дзённы час, а ноччу расліны, як і жывёлы, спажываюць кісларод і выдзяляюць вуглякіслы газ. Кветкі некаторых відаў раслін (напрыклад, *бружмель капрыфоль*) пачынаюць пахнуць толькі ў вячэрні і начны час, каб сваім водарам прывабіць начных насякомых-апылельнікаў (гл. мал. 42).

Надзвычай цікавыя і грандыёзныя паводле сваіх маштабаў сутачныя вертыкальныя міграцыі зоопланктону ў морах і прэсных вадаёмах. Днём жывёлы трымаюцца ў больш глыбаководных зонах, а ноччу падымаюцца ў паверхневыя слаі вадаёмаў.

**Сезонная дынаміка экасістэм** вызначаецца зменай пор года. Яна выяўляецца не толькі ў змяненні стану і актыўнасці арганізмаў асобных відаў, але і ў змяненні суадносін паміж арганізмамі розных відаў.

Большасць дрэў і кустоўяў да зімы скідваюць лісце. Перад гэтым адбываецца адток пажыўных рэчываў з лісця ў тканкі сцябла і караня. Прыпыняецца актыўнае дзяленне клетак утваральнай тканкі. У аднагадовых раслін да гэтага неспрыяльнага перыяду года паспявае саспець насенне, а вегетатыўныя органы адміраюць. У многіх траў застаюцца жыццяздольнымі толькі каранёвая сістэма і зімуючыя пупышкі, прыкрытыя ад марозу глебай і снежным покрывам.

Жывёлы некаторых відаў, здольныя забяспечыць сябе ежай, заста-





юцца зімаваць у экасістэме, ведучы актыўны спосаб жыцця. Другія жывёлы ўпадаюць у спячку, папярэдне сабраўшы запасы энергетычнай сыравіны — тлушчу. Трэція, тыя, хто не ў стане пракарміцца ў зімовы перыяд з-за адсутнасці традыцыйных відаў корму (насякомых, земнаводных, травяністых раслін), мігрыруюць у больш паўднёвыя раёны, дзе могуць іх здабыць. Такая з’ява добра вядома для *пералётных* птушак, шэрага відаў капытных млекакормячых і інш. Такім чынам, *аселыя* віды складаюць ядро біяцэнозу, у той час як *сезонныя* вызначаюць яго выгляд у асобныя перыяды года.

З наступленнем вясны жыццё ў экасістэме актывізуецца. Раней за іншыя расліны на прагалінах расцвітаюць першацветы (*пералескі*, *падбел*,



Мал. 43. *Сон-трава*

*сон-трава* — мал. 43), адбываецца апыленне вольхі, ляшчыны. З мясцін зімовак вяртаюцца пералётныя птушкі (шэрыя гусі, шпакі, буслы і інш.) і, як і зімуючыя віды, будуць гнёзды, адкладаюць і наседджаюць яйцы, кормяць птушанят.

У летні час адбываецца актыўны рост, цвіценне, плоданашэнне большасці відаў пакрытанасенных раслін. У жывёл з’яўляецца патомства, яны актыўна харчуюцца і растуць, рыхтуючыся да асенняга пахаладання і зімы.

Сезонная дынаміка лепш за ўсё выяўлена ў ландшафтна-кліматычных зонах, лета і зіма якіх рэзка адраўняюцца. У прыватнасці, гэта датычыцца тундры, для якой у летні час характэрна вялікая разнастайнасць відаў птушак, насякомых і іншых жывёл. На зіму большая частка з іх мігрыруюць на поўдзень (большасць птушак, *паўночныя алені*), а другія ўпадаюць у здранцвенне і выключаюцца з актыўнага жыцця (насякомыя і іншыя беспазваночныя).

У тропіках сезоннасць у біяцэнозах выяўлена не так відавочна, але ўсё ж яна ёсць. Найбольш распаўсюджаная яе форма — змена засушлівых і вільготных перыядаў.

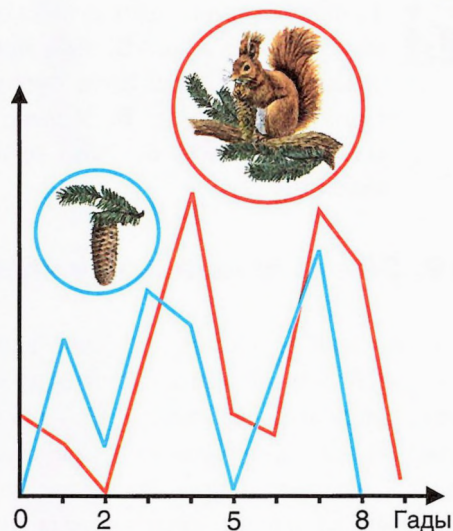
Расліны і жывёлы прыстасаваліся да ўмоў розных сезонаў года на працягу доўгага перыяду іх эвалюцыйнага развіцця. Усе адаптацыі накіраваны на выжыванне арганізмаў



у зменлівых умовах асяроддзя пражывання.

**Шматгадовая дынаміка.** Гэта з'ява ў большай ці меншай ступені ўласціва розным групам жывых арганізмаў. Яна заключаецца ў значным, часам вельмі рэзкім, змяненні колькасці папуляцый розных відаў, якія ўваходзяць у склад біяцэнозу. Напрыклад, вядома міжгадовая розніца ў прадукцыйнасці раслін, што адбываецца на прадукцыйнасці жывёл, якія харчуюцца іх вегетатывнымі часткамі, насеннем і пладамі. Так, у багатыя на корм гады дарослыя *вавёркi* маюць у сярэднім тры прыплоды, па 4—6 ваверчанят у кожным, а пры недахопе корму па 2—3 ваверчаняці. Таму ва ўраджайныя гады колькасць вавёрак можа ўзрасці ў 7—10 разоў у параўнанні з неўраджайнымі гадамі (мал. 44). Такія ж рэзкія міжгадовыя ваганні колькасці ўласцівы іншым відам грызуноў (напрыклад, тундравым *лемінгам*), драпежным млекакормячым (напрыклад, *пясцам*).

Апісаны значныя міжгадовыя ваганні колькасці дробных грызуноў, якія ў гады з максімальнай колькасцю называюцца «мышынымі напясцямі». Нярэдка бываюць гады моцнага размнажэння хваробатворных мікраарганізмаў, якія выклікаюць масавыя захворванні раслін і жывёл і зніжаюць іх колькасць і прадукцыйнасць.



Мал. 44. Залежнасць колькасці вавёрак ад ураджаю насення елкі

Прычынай міжгадовых ваганняў колькасці з'яўляюцца змяненні кліматычных умоў і іншых знешніх фактараў, якія звычайна ўздзейнічаюць на арганізмы экасістэмы.

Апісаныя вышэй сутачныя, сезонныя, міжгадовыя аспекты дынамікі біяцэнозаў звязаны са змяненнем актыўнасці розных відаў і іх суадносінамі. Пры гэтым рэзкага змянення параметраў біяцэнозу дадзенага тыпу не адбываецца, паколькі мае месца толькі яго пульсаванне з наступным узнаўленнем.

Прынцыпова іншы характар дынамікі біяцэнозаў назіраецца ў выпадку, калі адны згуртаванні змяняюцца іншымі.



**1.** Якія прычыны, што выклікаюць змяненні экасістэм? **2.** Якія віды дынамікі экасістэм існуюць? **3.** Якія прычыны рознай сутачнай актыўнасці жывёл у экасістэмах? **4.** Ці існуе сутачная зменлівасць актыўнасці ў раслін? Прыкладзіце прыклады. **5.** У чым выяўляецца сезоннасць дынамікі экасістэм умеранай зоны? **6.** Якімі прычынамі выклікаецца шматгадовая дынаміка экасістэм?\*

## 19. Змена біяцэнозаў у часе. Экалагічныя сукцэсіі

Ніводная экасістэма не існуе вечна, раней ці пазней яна змяняецца іншай. Здольнасць да змены — адна з важнейшых натуральных уласцівасцей экасістэм. Доўгае існаванне папуляцый на адным месцапражыванні так змяняе ўмовы існавання арганізмаў — біятоп, што ён паступова становіцца малапрыдатным для адных відаў, але прыдатным для іншых. У выніку на гэтым месцапражыванні развіваецца іншы, больш прыстасаваны да новых умоў асяроддзя біяцэноз. Такая **паслядоўная, накіраваная, незваротная змена аднаго біяцэнозу іншым называецца экалагічнай сукцэсіяй.**

Прасочым, як будзе развівацца біяцэноз на новым месцапражыванні, пазбаўленым глебы і яшчэ ні разу не заселеным жывымі арганізмамі. Прыкладам такога месцапражывання можа быць астылая пасля вывяржэння вулкана лава. Насенныя расліны не могуць засяліць такое малапрыдатнае для жыцця месца. Нават калі іх насенне, трапіўшы сюды, прарасце, то ўсходы хутка загінуць з-за недахопу вады

і элементаў мінеральнага жыўлення, а таксама пад прамым уздзеяннем ветру і сонца. Такія ўмовы, аднак, вытрымліваюць імхі і лішайнікі. Споры імхоў здольны прарасці ў трэшчынах лавы. У выпадку засухі імхі могуць пераходзіць у малаактыўны стан, захоўваючы жыццяздольнасць. Пры самым малым увільгатненні іх здольнасць да росту будзе ўзнаўляцца. Замацоўваюцца на лаве таксама і лішайнікі, паколькі яны могуць пры адсутнасці ападкаў выкарыстоўваць вільгаць і азот атмасферы. Кіслоты, якія выдзяляюць лішайнікі, паступова разбураюць і раствараюць лаву, а адмерлыя часткі лішайнікаў і імхоў ідуць на ўтварэнне гумусу. Гэты працэс адбываецца надзвычай марудна, аднак паступова вулканічная лава пакрываецца імхамі і лішайнікамі.

Так, ва ўмовах фарміравання глебы, хай сабе і невялікага яе слоя, з'яўляецца магчымасць для жыцця насенных раслін. Імхі і лішайнікі, утрымліваючы вільгаць, ствараюць умовы для прарастання насення і замацавання праросткаў. Буйныя расліны, замацаваўшыся на пераўтвора-





най лаве, працягваюць удзельнічаць у глебаўтваральным працэсе, крышачы лаву сваімі каранямі. Нарэшце, глебы становіцца дастаткова для развіцця кустовай і дрэвавай расліннасці. Пад яе полагам ужо могуць знайсці ўмовы для росту і цэневынослівых расліны. Адначасова адбываецца засяленне расліннага згуртавання жывёламі, грыбамі і мікраарганізмамі. Так, паступова, на безжыццёвай вулканічнай пародзе развіваецца шматвідавая экасістэма лесу.

Апісаная паслядоўная змена біяцэнозаў, якая адбываецца на нанавы ўтвораных і раней не заселеных месцапражываннях, уяўляе сабой прыклад **першаснай сукцэсіі**.

Аналагічны працэс развіцця біяцэнозаў і іх змена адбываюцца на нанавы ўтвораных пясчаных дзюнах, наносах рэк, пародах, якія агаліліся ў выніку эрозіі глебы ці адступлення ледавікоў, на голых скалах.

Першасныя сукцэсіі — працэс марудны, які адбываецца на працягу сотняў і нават тысяч гадоў, паколькі ён пачынаецца на месцах, дзе няма запасаў арганічнага рэчыва і глебы.

**Другасныя сукцэсіі** адбываюцца на месцы сфарміраваных экасістэм пасля іх парушэння ў выніку эрозіі, засухі, пажару. У такіх месцах звычайна захоўваюцца запасы арганічнага рэчыва, глеба. Гэта цягне за сабой хуткую сукцэсію аднаўленчага тыпу. Часам падобныя змены праходзяць на

вачах аднаго пакалення людзей. Гэта зарастанне вадаёмаў, лясоў пасля высечкі, узнаўленне лугоў пасля пажару і інш.

Прыкладам другаснай сукцэсіі можа служыць узнаўленне лясной экасістэмы пасля высечкі ці пажару ў яловым лесе. На адкрытых прасторах, якія з'явіліся, рэзка мяняецца рэжым асвятлення, тэмпературы, вільготнасці і інш. На асветленых, адносна сухіх і добра праграваемых месцах фарміруецца часовае аднаяруснае згуртаванне са святлолюбівых траў. Першымі тут развіваюцца віды з лёгка распаўсюджваемым насеннем: *пажарніца*, *скрыпень*, ці *іван-чай* (мал. 45), і інш. Гэта стадыя адкрытай высечкі. Пазней пачынаюць па-



Мал. 45. *Скрыпень (іван-чай)*



сяляцца кустоўі. Адначасова фарміруецца звязаны з лугава-кустовай расліннасцю комплекс жывёльнага насельніцтва: шматлікія і разнастайныя насякомыя і іншыя беспазваночныя, грызуны, звязаныя ў сваім жыцці з лугамі і ляснымі палянамі. Развіццё ягаднага кустоўя прыцягвае вялікую колькасць відаў птушак, нааўнасць добра праграваемых месцаў — рэптылій і г. д. Фарміруецца багатае і разнастайнае згуртаванне зарастаючай высечкі.

Гэта стадыя займае 3—5 гадоў, пасля чаго пачынаецца інтэнсіўнае развіццё святлолюбівых драбналісцевых дрэвавых парод (*асіна*, *бяроза*, *вярба* і інш.). Паступова дрэвы, якія падраслі, выцясняюць кустоўі і найбольш святлолюбівыя віды траў: кустова-лугавое згуртаванне змяняецца маладым лісцевым лесам з несамкнутымі кронамі. Гэта цягне за сабой збядненне жывёльнага насельніцтва ў сувязі са знікненнем багатага разнатраўя і кустовай расліннасці. Пасля змыкання крон і пераходу згуртавання ў фазу больш спелага лісцевага лесу з самкнутай кронай (праз 15—20 гадоў ад пачатку сукцэсіі) біяцэноз зноў некалькі ўскладняецца. У ім фарміруецца больш ці менш поўны комплекс расліннага і жывёльнага насельніцтва, характэрны для спелых лісцевых лясоў.

Пад дрэвавым полагам, ва ўмовах зацянення і павышанай вільготнасці,

пачынаецца інтэнсіўнае прарастанне насення елкі. Паступова хвойны маладняк канчаткова заглушае лугавую травяністую расліннасць, яе змяняюць імхі і лясное разнатраўе. Паляпшэнне ўмоў для росту елкі стрымлівае развіццё драбналісцевых лясных парод. Старыя лісцевыя дрэвы зацяняюцца елкамі, якія выходзяць у першы (верхні) ярус. Змыканне яловых крон яшчэ больш прыгнятае рост бярозы і асіны, якія з гэтага моманту становяцца другараднымі членамі дрэвастою. У рэшце рэшт лісцевыя дрэвы цалкам выпадаюць, і аднаўляецца зыходны тып лясной экасістэмы з панаваннем елкі. Аднак змяняецца і жывёльнае насельніцтва, якое ў працэсе сукцэсіі прайшло стадыі пустазельна-лугавой расліннасці, кустоўяў, лісцевага маладога і спелага лясоў і, нарэшце, адноўленага яловага лесу. Увесь працэс ад высечкі (пажару) да фарміравання ўстойлівага яловага біяцэнозу займае ў сярэднім 90—150 гадоў.



Яшчэ адным прыкладам другаснай сукцэсіі з'яўляецца паступовая змена сажалкавай ці азёрнай экасістэмы лясной ці лугавой (мал. 46). Ручаі і рэкі, якія ўпадаюць у возера ці сажалку, нясуць часцінкі глебы, што асядаюць на дно. Паступова глыбіня возера змяншаецца, яно мялее, мелкаводныя ўчасткі зарастаюць воднымі раслінамі — *гарлачыкамі*, *трыснягом*, *чаротам*, *рагозам* і інш. Некаторыя віды *асок* пачынаюць расці паблізу берагоў суцэльным дываном. Часам яны зацягваюць усю паверхню вадаёма яшчэ



да таго, як ён запоўніцца асадкамі. Гэта расліннае покрыва вагаецца пад нагамі, таму такія мясціны называюцца дрыгвой. Адмерлыя раслінныя рэшткі — дэтрыт — паскараюць асідканазапашванне, паколькі на моцна зарослых участках вадаёма вада застоіваецца, дрэнна аэрыруецца, і дэтрыт слаба гніе. Нарэшце, асадкаў становіцца так шмат, што дно агаляецца з-пад вады і засяляецца сухапутнымі травамі, а затым кустоўямі і дрэвамі. У выніку водная экасістэма замяшчаецца наземнай.

Як вы маглі пераканацца на прыкладах, вызначальную ролю ў ходзе сукцэсій адыгрываюць зялёныя расліны. Змена адных раслінных згуртаванняў другімі непазбежна прыводзіць да змянення відавочнага складу жывёл і арганізмаў іншых царстваў. Па меры ўскладнення згуртавання ўскладняюцца і сувязі паміж яго членамі. Менш прыстасаваныя да новых умоў замяшчаюцца больш прыстасаванымі. Гэта адбываецца да той пары, пакуль не з'явіцца віды, якія будуць цалкам адпавядаць новым умовам асяроддзя і здольныя доўга жыць у дадзеным біяцэнозе. З гэтага перыяду ўстанаўліваецца **спелы (клімаксы) стан** экасістэмы, у якой арганізмы розных відаў маюць адносна пастаянныя колькасныя суадносіны, і наступнай змены яе відавочнага складу практычна не адбываецца. Такая экасістэма характарызуецца большай устойлівасцю ў параўнанні з раннімі стадыямі сукцэсіі.

Спелая экасістэма можа існаваць доўгі час, іншы раз сотні гадоў, па-



Мал. 46. Ператварэнне возера ў лес

куль якія-небудзь сур'ёзныя ўздзеянні (змена клімату, адступленне ледавікоў, антрапагенны фактар і інш.) не знізяць яе стабільнасць. Змена флоры і фауны, якая адбываецца ў геалагічных маштабах, адрозніваецца ад тыповых, апісаных вышэй экалагічных сукцэсій тым, што яна пачынаецца не з засялення не занятых жыццём мясцін, а з перабудовы ўнутраных сувязей ужо складзеных і функцыянуючых экасістэм. Віды, прыстасаваныя да папярэдніх умоў асяроддзя, у новых змененых умовах замяшчаюцца іншымі відамі, адаптаванымі да новых умоў. Такія змены экасістэм ужо адбываліся ў гісторыі нашай планеты неаднаразова (напрыклад, калі адступалі ледавікі).

Такім чынам, у ходзе экалагічнай сукцэсіі змяняецца не толькі відавы



склад, але і многія іншыя параметры экасістэмы. Напрыклад, відавая разнастайнасць арганізмаў розных царстваў, нізкая на пачатковых стадыях сукцэсіі, становіцца найбольшай у яе позняй спелай стадыі. Хуткарослыя віды арганізмаў ранніх стадый сукцэсіі змяняюцца марудна растучымі, але больш канкурэнтаздольнымі. Агульная біямаса раслін, жывёл, грыбоў і мікраарганізмаў павялічваецца і становіцца максімальнай у спелай стадыі. Гэта ж заканамернасць датычыцца велічыні агульнай прадукцыі экасістэмы.

Ход сукцэсіі суправаджаецца зменай вільготнасці, асветленасці, ветру. Глебаўтваральныя працэсы адбываюцца хутчэй, назапашваюцца элементы мінеральнага жыўлення, узрастае доля дэтрыту, кругаварот рэчываў становіцца ўсё больш замкнутым.

У адрозненне ад апісаных тыпаў змена біяцэнозаў можа адбывацца некалькі іншымі шляхамі. Напрыклад, другасная сукцэсія аднаўлення тыпу можа не дасягнуць зыходнага біяцэнозу. Напрыклад, выпас жывёлы на высечках і пажарышчах можа павярнуць ход сукцэсіі ў бок фарміравання сухадольнага лесу. Лішкавае ўвільгатненне можа прывесці да забалочвання высечкі, што будзе перашкаджаць аднаўленню дрэвавай расліннасці. У пэўных умовах працэс можа спыніцца на стадыі бярозава-асінавага лесу. Часам назіраецца выпадзенне асобных стадый развіцця сукцэсіі, частковае сумяшчэнне ці, наадварот, іх расцягнутасць у часе. Аднак тэндэнцыі апісаных вышэй працэсаў з'яўляюцца найбольш тыповымі для розных стадый сукцэсіі.



**1.** Якія прычыны ляжаць у аснове змены біяцэнозаў у часе? **2.** Што такое экалагічная сукцэсія? **3.** Якія віды сукцэсій вядомы? **4.** З якіх арганізмаў пачынаецца першасная сукцэсія? Чаму? **5.** Якія асноўныя сукцэсійныя стадыі можна адзначыць на запушчаным полі пры ператварэнні яго ў лясную экасістэму? Як можна растлумачыць менавіта такую паслядоўнасць? **6.** Якія заканамернасці змянення велічынь біямас, прадукцыі, відавой разнастайнасці па меры набліжэння экасістэмы да спелага стану?

## \*20. Разнастайнасць экасістэм

*Паняцце біёму.* Вы ўжо ведаеце, што экасістэмы паводле памеру бываюць рознымі: невялікімі, напрыклад сажалка, пень, які гніе, акварыум, і буйнымі (тундра, пустыня, акіяны). Па-

знаёмімся больш падрабязна з буйнымі экасістэмамі.

На нашай планеце існуюць розныя геаграфічныя зоны, якія характарызуюцца пэўным комплексам фак-





тараў асяроддзя, што вызначае асаблівасці існавання арганізмаў розных відаў. Гэтыя зоны заселены толькі той сукупнасцю відаў, якія ў ходзе доўгага эвалюцыйнага развіцця набылі адпаведныя прыстасаванні, што далі магчымасць ім жыць у гэтых умовах. Такая буйная сукупнасць жывых арганізмаў розных відаў і асяроддзя іх пражывання ў пэўнай ландшафтна-геаграфічнай зоне планеты называецца біёмам (грэч. *bios* — жыццё і лац. *omat*, *ota* — заканчэнне, якое абазначае сукупнасць).

Прыкладамі наземных біёмаў з'яўляюцца тундра, тайга, лістападныя лясы ўмеранай зоны, субтрапічныя вечназялёныя лясы, стэпы і прэрыі, саванны, вечназялёныя трапічныя лясы (джунглі), пустыні (гл. форзац I). Знаёмства з некаторымі з іх дае магчымасць пераканацца ў наяўнасці вельмі цеснай сувязі жывых арганізмаў са спецыфічным асяроддзем пражывання, уласцівым кожнаму біёму.

**Біём лістападных лясоў умеранай зоны** (мал. 47) займае вобласці з вялікай колькасцю раўнамерна размеркаваных на працягу года ападкаў (750—1500 мм) і ўмеранай тэмпературай, для якой характэрны розныя сезонныя ваганні. Лістападныя лясы — адзін з найбольш прадукцыйных біёмаў біясферы. Для яго характэрны магутны глебавы слой, значныя запасы гумусу, добра развіты подцціл.



Мал. 47. Лісцевы лес умеранай зоны

**Расліннасць.** У лесе добра заўважана шмат'яруснасць. Дамінуюць высокія лісцевыя дрэвы: *бук*, *дуб*. Роля бярозы, як і граба, ясеня, ліпы, абмежавана. Пад іх палагам размяшчаюцца высокія кустоўі: *ляшчына*, *бузіна*. У ніжнім ярусе растуць шматгадовыя кустыкі: *брусніцы*, *чарніцы*, *багун*, а таксама кветкавыя травяністыя і споравыя расліны: папараці, імхі.

**Жывёлы.** Добра выяўленая ярусная структура лістападных лясоў, багаты подцціл і магутны гумусавы слой забяспечваюць багацце жывёльнага насельніцтва. Цёплае вільготнае лета і халодная зіма са снежным покрывам вызначаюць выразную сезонную дынаміку актыўнасці жывёл. На зіму многія пайкілатэрмныя (халаднакроўныя) жывёлы ўпадаюць у спячку. Шэ-





раг птушак і млекакормячых мігрыруюць у больш цёплыя рэгіёны, другія ўпадаюць у спячку ці зімовы сон. Толькі няшмат якія захоўваюць круглагадавую актыўнасць, пераходзячы на харчаванне карой і галінамі дрэў і кустоўяў, спячымі насякомымі і г. д.

У магутным слоі ападу дрэвавых і кустовых парод жыве вялікая і разнастайная група жывёл-сапрафагаў, сярод якіх шмат *дажджавых чарвей*, *мнаганожек*, *кляшчоў*, *лічынак насякомых*.

У ствалах і галінах ніжняй і сярэдняй частак дрэвастою пасяляюцца спажывцы драўніны: лічынкі *вусачоў* (*дрывасекаў*), *златак*, *жукоў-аленяў* (мал. 48). У кронах ліставых парод дрэў мноства насякомых, якія паядаюць зялёнае лісце. Сярод іх дамінуюць вусені розных матылёў — *пядзенікаў*, *шаўкапрадаў*, *ліставёртак*, дарослыя формы жукоў — *лістаедаў*, *хрушчоў*. Асобую групу раслінаедных насякомых утвараюць сокасмактальныя віды — *тлі*, *цыкады*, *лістаблошкі*, *клапы* і інш.

Шмат фітафагаў і сярод пазваночных. У наземным ярусе жывуць дробныя грызуны: *рыжая палёўка*, *лясная* і *жаўтагорлая мышы* і інш.

Буйныя капытныя (*ласі*, *алені*, *лані*, *дзікі*) летам удзельнічаюць у спажыванні зялёнай масы раслін, а зімой — галінкавых кармоў і кары дрэў.

Драпежныя жывёлы насяляюць усе ярусы лістападных лясоў. У глебава-падсцілачным ярусе жывуць драпежныя *мнаганожкі касцянькі*, жукі *жужалі*, драпежныя *павукі* і *кляшчы*. Вядучае месца сярод драпежных беспазваночных займаюць *мураўі*, якія будуць наземныя гнёзды, але ў пошуках корму абследаюць усе ярусы лесу. Верхнія гарызонты глебы асвойваюць *краты*.

У наземным ярусе звычайныя назельнікі амфібіі і паўзуны: *жабы*, *трытоны*, *яшчаркі*, *змеі*.



1



2



3

Мал. 48. Жыхары лесу: 1 — жук-алець; 2 — чорны дрозд; 3 — ліс звычайны



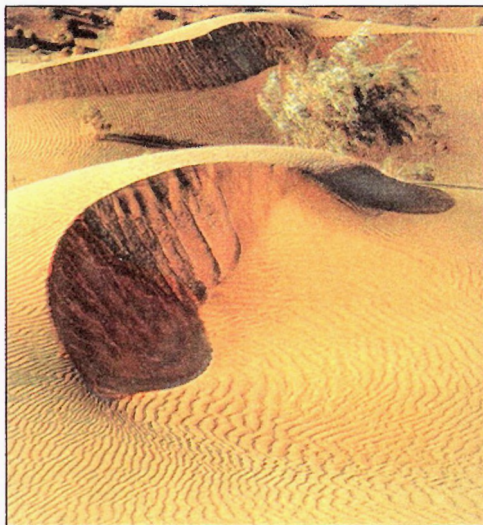
Насякомаедныя птушкі збіраюць корм пераважна ў кронах дрэў і ў падсціле. Гэта звычайна *дразды, мухалоўкі, сініцы, валасянки і пеначкі*.

Драпежныя звяры характэрны як для наземнага (*ліс звычайны, воўк, буры мядзведзь, янотападобны сабака, гарнастай, ласка*), так і для дрэвавага ярусаў (*рысь, куніца*).

Доўгае і інтэнсіўнае сельскагаспадарчае асваенне рэгіёнаў лістападных лясоў прывяло да рэзкага збыднення іх жывёльнага насельніцтва, да поўнага знікнення многіх відаў, асабліва буйных пазваночных, напрыклад *дзікага ляснога ката*.

**Біём пустыні** (мал. 49). Важнейшай асаблівасцю абласцей развіцця пустынных біёмаў з'яўляецца рэзкая перавага выпарэння над ападкамі. Недахоп вільгаці ў спалучэнні з высокім выпарэннем, сухасцю паветра і інтэнсіўнай сонечнай радыяцыяй вызначае галоўныя ўмовы пустынь. Колькасць ападкаў у розных пустынных рэгіёнах і ўнутры іх вагаецца ад 150—200 да 40—50 мм у год аж да поўнай адсутнасці.

**Расліннасць.** Стратэгія выжывання раслін у пустынях розная. Так, пустынныя расліны-склерафіты, пераважна дрэвы і кустоўі (*вярблюджая калючка, саксаул*), развіваюць магутныя стрыжнёвыя каранёвыя сістэмы. Яны могуць пранікаць у глыбокія падземныя гарызонты павышанай вільготнасці, за



Мал. 49. Пустыня

кошт чаго і існуюць расліны. Насупраць, многія злакі ўтвараюць густую валасніковістую каранёвую сістэму ў верхніх глебавых гарызонтах. Іх ніцэпадобныя карані пранікаюць у глебу на метр ці крыху болей, але паверхневае размяшчэнне каранёў дае магчымасць выкарыстоўваць прыглебавую ранішнюю расу ці рэдка выпадальную дажджавую ваду.

Іншыя пустынныя расліны — суккуленты — назапашваюць вільгаць у воданазапашвальнай парэнхіме сцёблаў (кактусы, малачаі) ці ў лісці (алоэ, агавы). Марудны расход назапашанай вады дае ім магчымасць выжываць у самыя засушлівыя перыяды года.

Асобую групу ўяўляюць расліны са скарачаным жыццёвым цыклам, змешчаным на адносна больш віль-





Мал. 50. Пустынны эфемер — мак каліфарнійскі, ці эшольцыя

готныя адрэзкі года (4—6 тыдняў у пачатку вясны ці ў канцы восені). Гэта травяністыя расліны — эфемеры (мал. 50) і эфемероіды. Насенне аднагадовых эфемераў (*мак, крупка, крынічнік*) і падземныя органы (цыбуліны, клубні, карэнішчы) шматгадовых эфемероідаў (*цюльпан, гусіная цыбуля*) захоўваюць жыццяздольнасць на працягу некалькіх гадоў, дзякуючы чаму яны і перажываюць малаводныя гады.

Раслінным згуртаванням пустынь уласцівы разрэджаны рост над глебай і значная самкнутасць у падземнай частцы.

**Жывёлы.** Для іх таксама, як і для раслін, характэрна разрэджанасць і мазаічнасць размеркавання па тэрыторыі, наяўнасць доўгага перыяду спакою ў неспрыяльныя для актыўнага жыцця сезоны года. Рухомасць жывёл дае ім магчымасць закопвацца пад зямлю і праводзіць там усё жыццё ці асобныя яго цыклы (*тэрміты, макрыцы*, лічынкі многіх насякомаых і інш.).

У жывёл пустынь добра развіты разнастайныя прыстасаванні (адаптацыі) для эканоміі вільгаці: рагавое скурнае покрыва ў паўзуноў, назапашванне тлушчу як рэзерву вады ў некаторых органах у капытных, у хвасце ў грызуноў, у горбе ў вярблюдаў (мал. 51). Многім капытным і большасці птушак уласцівы міграцыі і далёкія качаванні ў пошуках вады і





1



2

Мал. 51. Адаптацыі жывёл пустынь для эканоміі вільгаці: 1 — двухгорбыя вярблюды; 2 — грывучая змяя

ежы. Для многіх жывёл (*насякомых, яшчарак, дробных птушак*) характэрны начны і прыцемкавы спосаб жыцця, пры якім актыўнасць прыпадае на найбольш прыдатныя гадзіны сутак. Некаторыя дзённыя яшчаркі (*агамы*) і змеі ў сярэдзіне дня залазяць на высокія галіны кустоўяў, дзе паветра менш нагрэтае, чым у прыземным слоі.

Такім чынам, параўнанне двух раз-

гледжаных біёмаў дае вельмі выразнае ўяўленне пра цесную сувязь знешняй будовы, фізіялагічных і біяхімічных асаблівасцей жывых арганізмаў з асяроддзем іх пражывання. Разнастайнасць умоў жыцця ў розных рэгіёнах планеты цягне за сабой разнастайнасць жывых арганізмаў, якія іх засяляюць, а значыць, і фарміраванне самых разнастайных экасістэм — «цаглінак» біясферы.



**1.** Што такое біём? Прывядзіце прыклады біёмаў. **2.** Якімі асноўнымі фактарамі знешняга асяроддзя характарызуюцца біёмы лістападных лясоў? пустынь? **3.** Параўнайце стратэгіі выжывання дамінуючых груп раслін у біёмах лістападных лясоў і пустынь. Прывядзіце прыклады. **4.** Якія асаблівасці вертыкальнага размеркавання жывёл лістападных лясоў? пустынь? Чым яны тлумачацца?\*



## 21. Аграэкасістэмы і іх асаблівасці

**Паняцце аграэкасістэмы.** У біясферы, акрамя натуральных экасістэм (лясы, тундры, стэпы, пустыні, рэкі, моры і г. д.), існуюць **аграэкасістэмы** (грэч. *agrós* — поле) — згуртаванні раслін, жывёл, грыбоў і мікраарганізмаў, створаныя чалавекам для атрымання сельскагаспадарчай прадукцыі ці рэкрэацыі (адпачынку).

Прыкладамі такіх экасістэм з'яўляюцца палі, агароды, сады, паркі, лугі, зялёныя насаджэнні, наземныя і марскія пашы (мал. 52).

У аграэкасістэмах чалавек стварае спрыяльныя ўмовы для арганізмаў, якія вырошчвае, ажыццяўляе кантроль за ўсімі этапамі вытворчасці карыснай для яго прадукцыі і развіцця самой сістэмы. Для гэтага ён ужывае спецыяльна распрацаваныя агратэхнічныя прыёмы: сяўбу (пасадку) высокапрадукцыйных сартоў раслін, пры неабходнасці штучнае арашэнне, унясенне ўгнаенняў, розныя спосабы апрацоўкі глебы (узворванне, баранаванне, дыскаванне і інш.), барацьбу з пустазеллем, шкоднікамі і хваробамі раслін.

### **Структура аграэкасістэмы.**

Як і любая прыродная экасістэма, аграэкасістэма (аграцэноз) валодае пэўным складам арганізмаў (культурныя расліны, пустазелле, насякомаыя, дажджавыя чэрві і інш.) і характэрнымі ўзаемаадносінамі паміж імі і асяроддзем пра-

жывання. Гэтыя ўзаемаадносіны найбольш выразна праяўляюцца на ўзроўні трафічных сувязей, у якія і ўмешваецца чалавек, рэгулюючы іх з карысцю для арганізмаў, што вырошчвае.

У аграцэнозе (напрыклад, на пшанічным полі) складваюцца тыя ж харчовыя ланцугі, што і ў прыроднай экасістэме. Прадцэнентамі з'яўляюцца *пшаніца* і *пустазелле*, кансументамі — *насякомаыя*, *птушкі*, *палёўкі*, *лісы*, рэдуцэнтамі — *грыбы* і *бактэрыі*. У функцыянаванні кожнага звяна харчовага ланцуга ўмешваецца чалавек, ствараючы з дапамогай агра-тэхнічных прыёмаў прыдатнае асяроддзе для атрымання высокіх ураджаяў пшаніцы.

**Адрозненні аграэкасістэм ад натуральных экасістэм.** Паміж натуральнымі і штучнымі экасістэмамі побач з падабенствам маюцца і вялікія адрозненні, якія неабходна ўлічваць у сельскагаспадарчай практыцы.

Па-першае, у прыродных экасістэмах у выніку доўгай эвалюцыі арганізмы набылі карысныя адаптацыі для жыцця ў канкрэтных тыпах экасістэм. Усе неканкурэнтаздольныя віды былі выключаны са складу біяцэнозу самой прыродай у ходзе *натуральнага* адбору. Таму натуральны біяцэноз характарызуецца ўстойлівасцю і прыстасаванасцю да ўмоў асяроддзя пра-жывання.





1



2



3

Мал. 52. Аграэнозы: 1 — агарод; 2 — поле; 3 — паша

У аграэкасістэмах вырошчваюцца арганізмы з патрэбнымі для чалавека прыкметамі, уласцівасцямі, якія ён стварыў *штучным* адборам. Таму атрыманыя чалавекам сарты раслін, пароды жывёл, якія маюць шэраг карысных для яго прыкмет, не могуць канкураваць з прадстаўнікамі дзікай флоры і фауны. Вось чаму чалавек павінен ахоўваць, абараняць, ствараць аптымальныя ўмовы для арганізмаў, якія вырошчвае. Па гэтай прычыне ўстойлівасць аграэнозаў невялікая. Яны не здольны да самападтрымання, для іх існуе пагроза гібелі ад масавага размнажэння пустазелля, шкоднікаў і ўзбуджальнікаў хвароб.

Няцяжка ўявіць, якім будзе ўраджай бульбы, калі чалавек не прыме меры па ахове пасеваў ад *каларадскага жука*. Наўрад ці можна атрымаць высокі ўраджай яблыкаў, калі не змагацца са шкоднікамі гэтай культуры — *яблыневай пладажэркай* і *яблыневым кветаем*. Без

падаўлення развіцця фітапатагенных грыбоў (*іржаўных, мучністарасных, фузарыевых* і інш.) немагчыма вырасціць высокі ўраджай зерневых культур, пладоў і гародніны. Таму без удзелу чалавека, яго няспыннай увагі і актыўнага ўмяшальніцтва ў жыццё аграэкасістэмы яна праз нейкі час разбураецца пад ціскам больш прыстасаваных арганізмаў натуральнай флоры і фауны.

Па-другое, для натуральных экасістэм асноўнай крыніцай энергіі з'яўляецца Сонца. Для падтрымання жыцця аграэкасістэмы, акрамя сонечнай, неабходна дадатковая энергія, якую чалавек затрачвае на вытворчасць угнаенняў, прэпаратаў для барацьбы з пустазеллем і шкоднікамі, на арашэнне і асушэнне зямель, узворванне, баранаванне, праполку і г. д. Без гэтага існаванне аграэнозаў практычна немагчыма.

Па-трэцяе, у аграэкасістэмах у параўнанні з натуральнымі згур-



таваннямі рэзка зніжана відавая разнастайнасць жывых арганізмаў. На палях звычайна вырошчваюць адзін ці некалькі відаў (сартоў) раслін, што прыводзіць да істотнага збыднення відавога складу натуральнай фауны, грыбоў і мікраарганізмаў. Больш таго, біялагічная аднастайнасць вырошчваемых культурных раслін, якія займаюць велізарныя плошчы, з'яўляецца асноўнай прычынай узнікнення масавага размнажэння («экалагічнага выбуху») іх шкоднікаў і ўзбуджальнікаў хвароб.

Па-чацвёртае, істотным адрозненнем паміж натуральнай экасістэмай і аграэкасістэмай з'яўляецца розны баланс пажыўных элементаў. У прыродных экасістэмах першасная і другасная прадукцыя спажываецца і пераўтвараецца ўнутры экасістэмы, г. зн. у замкнутым кругавароце рэчываў. У аграцэнозе кругаварот рэчываў парушаецца, ён становіцца адмоўным, паколькі значная частка рэчыва забіраецца чалавекам з ураджаем і пакідае экасістэ-

му. Вось чаму для наступнага падтрымання ўраджайнасці вырошчваемых культур неабходна пастаяннае пакрыццё страт рэчыва шляхам унясення ў глебу ўгнаенняў (азотных, фосфарных, калійных, мікраэлементаў).

Такім чынам, у параўнанні з натуральнымі прыроднымі экасістэмамі аграэкасістэмы маюць абмежаваны склад раслінных і жывёльных кампанентаў, не здольны да самарэгуляцыі, для іх існуе пагроза гібелі ад масавага размнажэння шкоднікаў ці ўзбуджальнікаў хвароб. Таму яны патрабуюць няспыннай падтрымкі з боку чалавека.



Аграэкасістэмы займаюць прыкладна 10 % усёй паверхні сушы (1,2 млрд га) і даюць чалавецтву каля 90 % харчовай энергіі. Іх бясспрэчны перавагі перад натуральнымі экасістэмамі заключаюцца ў большых патэнцыяльных магчымасцях павелічэння прадукцыйнасці. Гэтага можна дасягнуць толькі пры пастаянным, навукова абгрунтаваным доглядзе за глебай, забеспячэнні раслін вільгаццю і элементамі мінеральнага жывлення, ахове вырошчваемых арганізмаў ад дзеяння неспрыяльных фактараў асяроддзя.



**1.** Што такое аграцэноз? Прывядзіце прыклады аграцэнозаў. **2.** Чым адрозніваюцца аграцэнозы і натуральныя экасістэмы? **3.** Якія асаблівасці кругавароту рэчываў у аграцэнозах? **4.** Якія шляхі павышэння прадукцыйнасці аграцэнозаў? **5.** Якая прычына «экалагічных выбухаў» у аграцэнозах і іх небяспека?





# Раздзел 3

## ВІД І ПАПУЛЯЦЫЯ

*Прырода не ведае ніякіх вышэйшых інтарэсаў, чым тыя, што датычацца віду, паколькі від адносіцца да індывіда, як бясконцае да канечнага.*

**Э. Гартман**

- Як адрозніваюць віды жывых істот?
- Чым папуляцыя адрозніваецца ад паасобных асобін, з якіх яна складаецца?
- Чаму колькасць папуляцыі зменлівая?







## 22. Від. Прыкметы і крытэрыі віду

*Паняцце віду.* Від — гэта сукупнасць асобін, якія валодаюць спадчынным падабенствам, могуць свабодна скрыжоўвацца і даваць пладавітае патомства, прыстасаваны да пэўных умоў жыцця і займаюць пэўную тэрыторыю. Від уяўляе сабой асноўную, рэальна існуючую адзінку жывой прыроды. Від — гэта універсальная форма існавання жыцця на Зямлі. Астатнія сістэматычныя катэгорыі (роды, сямействы, атрады і да т. п.) з'яўляюцца вытворнымі віду, якія вылучаюцца на аснове розных прыкмет.

*Прыкметы віду.* Агульнымі прыкметамі віду, якія характарызуюць яго як асобую форму арганізацыі жыцця, з'яўляюцца наступныя.

Кожны від характарызуецца **падабенствам знешняй і ўнутранай будовы** асобін. Асобіны кожнага віду жывуць толькі ў межах **пэўнай тэрыторыі** і ў **пэўных экалагічных умовах**.

Кожны від аддзелены ад іншых відаў у прасторы паводле асаблівасцей размнажэння, г. зн. валодае **рэпрадуктыўнай ізаляцыяй**.

Від уяўляе сабой не проста сукупнасць асобін, а **складана арганізаваную сістэму**, якая мае ўнутраную структуру. Унутрывідавоя адзінкі (падвід, разнавіднасць, папуляцыя,

сям'я, асобіна) аб'яднаны ў адзіную сістэму.

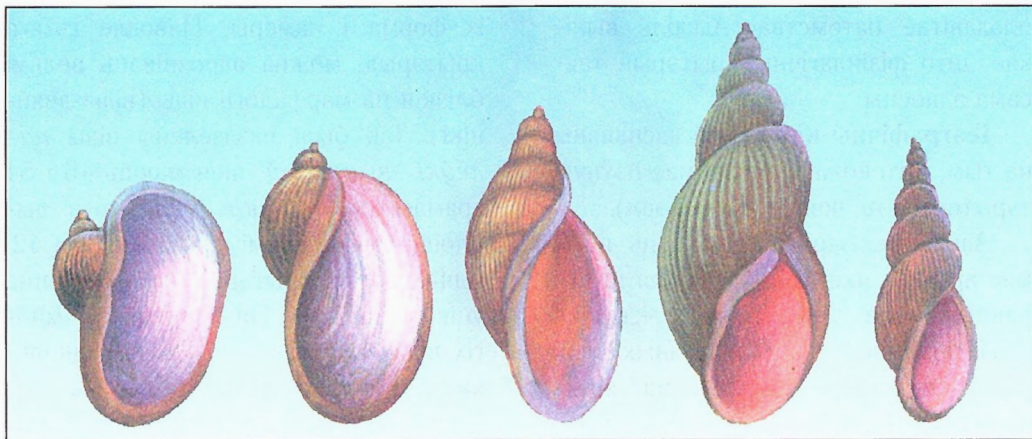
У асобін, што складаюць від, працягласць жыцця абмежаваная. Сам жа від за кошт змены пакаленняў можа існаваць неакрэслена доўга, г. зн. ён **устойлівы**. Праўда, устойлівасць віду ў часе адносная, паколькі змены ўмоў асяроддзя могуць стаць прычынай яго вымірання. Такім чынам, від узнікае, развіваецца, а затым па розных прычынах знікае, саступаючы месца іншым відам, ці змяняецца, даючы пачатак іншым формам.

*Крытэрыі віду.* Віды адрозніваюцца адзін ад аднаго шэрагам уласцівасцей. У адных выпадках віды ўнутры роду адрозніваюцца паводле будовы — марфалагічна (мал. 53), у другіх — асаблівасцямі геаграфічнага размеркавання, а блізкія віды жывёл, якія жывуць сумесна, — толькі характарам паводзін, напрыклад шлюбных.

Прыкметы, паводле якіх адзін від можна адрозніць ад другога, называюцца крытэрыямі віду.

**Марфалагічны крытэрыі** мае на ўвазе апісанне знешніх (марфалагічных) прыкмет асобін, якія ўваходзяць у склад пэўнага віду. Гэты крытэрыі — самы прасты і зручны, і таму шырока выкарыстоўваецца ў сістэматыцы. Аднак марфалагічныя прыкметы вельмі зменлівыя. Напрыклад, у межах аднаго віду могуць





Мал. 53. Марфалагічныя адрозненні будовы ракавін малюскаў *балацяннікаў* розных відаў

быць асобіны, якія моцна адрозніваюцца знешне (такая з'ява атрымала назву **полімарфізм**). Гэта можа быць звязана з наяўнасцю розных стадый развіцця раслін і жывёл, чаргаваннем у жыццёвым цыкле палавога і бесполога пакаленняў і да т. п. Так, лічынкавыя і дарослыя стадыі многіх насякомых зусім не падобныя адна на адну. Марфалагічна адрозніваюцца стадыі медуз і паліпаў у кішачнаполасцевых, гаметафітаў і спарафітаў у імхоў, хвашчоў і папарацей.

Існуюць і віды-**двайнікі**, практычна аднолькавыя паводле марфалогіі, але якія не скрыжоўваюцца між сабой па шэрагу прычын (віды малярыйнага камара, чорных пацукоў і інш.). Каля 5 % усіх відаў чарвей, насякомых, земнаводных, рыб, птушак складаюць віды-двайнікі.

Не ведаючы гэтага, кожны марфалагічны тып можна прыняць за самастойны від ці, наадварот, за розныя, але марфалагічна падобныя віды можна няправільна аднесці да аднаго віду. Такім чынам, марфалагічны крытэрыі не можа быць адзіным пры вызначэнні віду.

**Фізіялагічны крытэрыі** заключаецца ў падабенстве ўсіх працэсаў жыццядзейнасці ў асобін аднаго віду, перш за ўсё ў падабенстве размнажэння. Асобіны розных відаў, як правіла, не скрыжоўваюцца між сабой па прычыне розніцы тэрмінаў выпявання палавых клетак, будовы палавога апарату, паводзін у шлюбны перыяд і да т. п. Паміж рознымі відамі існуе фізіялагічная ізаляцыя, хаця ў некаторых выпадках (розныя віды канарэек, зяблікаў, зайцоў, таполяў, вербаў) магчыма скрыжоўванне, якое дае



пладавітае патомства. Адсюль вынікае, што фізіялагічны крытэрыі таксама адносны.

**Геаграфічны крытэрыі** заснаваны на тым, што кожны від займае пэўную тэрыторыю ці акваторыю (арэал).

Аднак велізарная колькасць відаў мае арэалы, якія накладваюцца ці перакрываюцца. Акрамя таго, існуюць віды, што не маюць выразных меж распаўсюджвання, а таксама віды-касмапаліты, якія жывуць на велізарных прасторах сушы ўсіх кантынентаў ці акіяна. Таму геаграфічны крытэрыі, як і іншыя, не з'яўляецца абсалютным.

**Экалагічны крытэрыі** заснаваны на тым, што кожны від можа існаваць толькі ў пэўных умовах, выконваючы ўласцівыя яму функцыі ў пэўнай экасістэме.

Напрыклад, *канюшына лугавая* расце на лугах, у светлых і сухіх лясах, *канюшына пашавая* — у пасевах культурных раслін, *канюшына паўзучая* — на пашах, *канюшына сунічная* — у далінах рэк. Існуюць, аднак, віды, якія не маюць дакладнай экалагічнай прымеркаванасці. Да іх належаць многія віды пустазелля, пакаёвыя і культурныя расліны, свойскія жывёлы.

**Генетычны (цытамарфалагічны) крытэрыі** мае на мэце, што кожнаму віду ўласцівы пэўны набор храмасом (вы ўжо ведаеце, што ў чалавека дыплоідны набор храмасом роўны 46),

іх форма і памеры. Паводле гэтага крытэрыю можна адрозніваць вельмі блізкія па марфалогіі віды (віды-двайнікі). Так былі раздзелены віды *палёўкі звычайнай*, якія маюць 46 і 54 храмасомы, *пацука чорнага* з дыплоіднымі наборамі храмасом 38 і 42. Аднак і гэты крытэрыі не з'яўляецца універсальным. Па-першае, у многіх відах колькасць храмасом аднолькавая і форма іх падобная. Па-другое, у межах аднаго і таго ж віду могуць сустракацца асобіны з рознай колькасцю храмасом. Такія анамаліі ўзнікаюць у выпадку ўздзеяння на арганізм неспрыяльных фактараў — іанізуючай радыяцыі, хімічных рэчываў, вірусаў і да т. п.

**Біяхімічны крытэрыі** дае магчымасць адрозніваць віды паводле саставу і структуры пэўных бялкоў, нуклеінавых кіслот, здольнасці некаторых відаў утвараць біялагічна актыўныя злучэнні (антыбіётыкі, таксіны, алкалоіды і інш.). Асобіны аднаго віду маюць падобную структуру ДНК, што абумоўлівае сінтэз спецыфічных бялкоў, характэрных для кожнага віду. Разам з тым у многіх пракарыётах і эўкарыётах састаў ДНК бывае вельмі блізкім. Значыць, ёсць віды-двайнікі і паводле біяхімічных прыкмет.

Такім чынам, ніводзін з пералічаных крытэрыяў віду не з'яўляецца універсальным і абсалютным. Пры вызначэнні віду неабходна ўлічваць усе ці большасць крытэрыяў у сукупнасці.





1. Што ўяўляе сабой від? 2. Якія доказы сведчаць пра тое, што віды рэальна існуюць у прыродзе? 3. Якія крытэрыі найбольш аб'ектыўныя для раздзялення блізкароднасных відаў? Адказ абгрунтуйце.

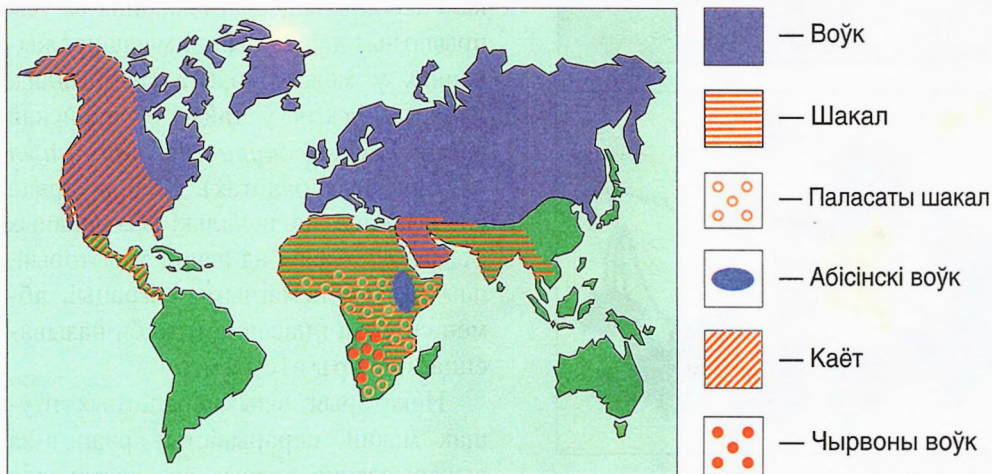
## 23. Папуляцыя — адзінка віду

**Арэал віду.** Асобіны аднаго віду размяркоўваюцца ў прасторы надзвычай нераўнамерна: яны сустракаюцца толькі ў тых месцапражываннях, дзе знаходзяцца прыдатныя для жыцця ўмовы. **Частка паверхні сушы ці акваторыі, у межах якой распаўсюджаны і праходзяць поўны цыкл свайго развіцця асобіны дадзенага віду, называецца арэалам** (лац. *area* — плошча, прастора) (мал. 54).

Памеры арэалаў розных відаў могуць моцна адрознівацца. У наземных маларухомых відаў, распаўсюджванне якіх абмежавана якімі-небудзь непе-

раадольнымі перашкодамі, арэал можа займаць тэрыторыю ўсяго ў некалькі квадратных кіламетраў і менш. Да іх належаць астраўныя ці пячорныя віды, насельнікі горных далін ці верхніх зон горных хрыбтоў, ізаляваных вадаёмаў (азёр). Віды, якія займаюць вузкі арэал распаўсюджвання, называюцца **эндэмічнымі** ці **эндэмікамі**.

Развіццю эндэмізму садзейнічаюць не толькі геаграфічная ізаляцыя, але і кліматычныя і глебава-грунтавыя ўмовы, адносіны арганізмаў у той ці іншай экасістэме (канкурэнцыя, драпежніцтва, сімбіёз). Напрыклад, у

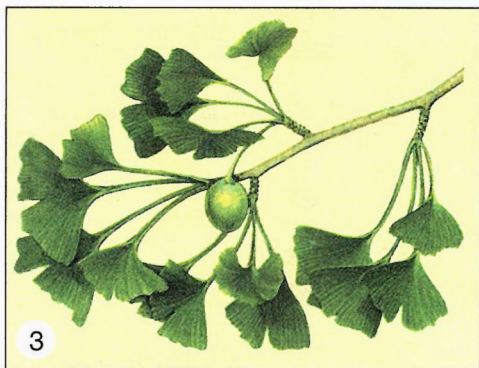
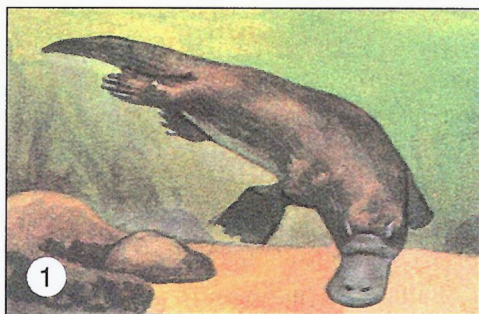


Мал. 54. Сучасныя арэалы дзікіх відаў роду сабак





возеры Байкал каля 75 % відаў арганізмаў — эндэмікі. Найбольш вядомымі эндэмікамі з'яўляюцца *качканос* і *яхідна*, якія жывуць у Аўстраліі і Тасманіі (мал. 55), старажытныя знікаючыя віды раслін *гінкга* і *літасек-*



Мал. 55. Эндэмікі: 1 — *качканос*; 2 — *яхідна*; 3 — *гінкга*

*воя* ў Заходнім і Цэнтральным Кітаі, кісцяпёрая рыба латымерыя, якая сустракаецца ў раёне Каморскіх астравоў Індыйскага акіяна.

Іншыя віды маюць вялікія арэалы, якія досыць часта размяшчаюцца на некалькіх мацерыках. Напрыклад, на ўсіх кантынентах сустракаюцца водныя і балотныя расліны (віды *раскі*, *урэчніку*, *рагозу*), пустазелле (*дзюмухавец лекавы*, *стрэлкі*, *трыпутнік вялікі*, *драсён птушыны* і інш.). Велізарны арэал маюць *муха пакаёвая*, *верабей гарадскі*, *шэры пацук*, а таксама рухомыя марскія млекакормячыя — *кашалоты*, *дэльфін шэры*, *кіт сіні*, *касатка*. Віды, арэалы якіх сустракаюцца на большай частцы населеных абласцей Зямлі, называюцца **ўсясветнымі** ці **касмапалітамі**.

Арэал называецца суцэльным, калі асобіны віду сустракаюцца ва ўсіх прыдатных для іх жыцця месцапражываннях у межах арэала (напрыклад, *елка сібірская* ў тайзе еўрапейскай часткі Расіі ці *журавіны балотныя* на тарфяных балотах). Калі ж арэал распадаецца на некалькі раз'яднаных і аддаленых адна ад адной тэрыторый, паміж якімі немагчымы міграцыі, абмен спорами і насеннем, то ён называецца перарывістым.

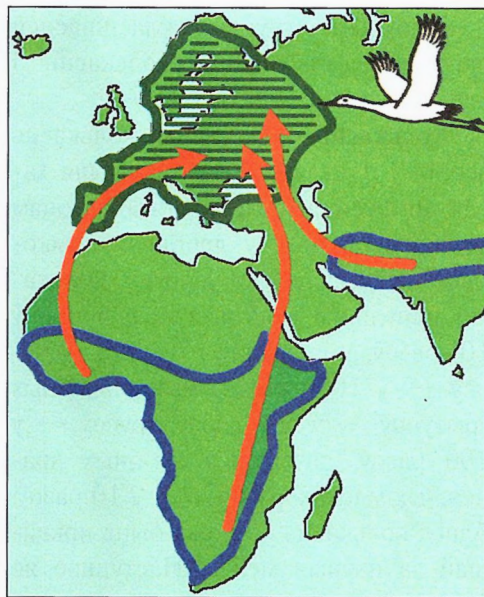
Некаторыя віды пералётных птушак маюць перарывісты арэал з-за выкарыстання розных яго частак для размнажэння і зімоўкі. Такі арэал у



бусла белая, які размнажаецца ў Еўропе, а зімуе ў Афрыцы і на поўдні Азіі (мал. 56).

**Папуляцыя — структурная адзінка віду.** У межах арэала асобіны таго ці іншага віду звычайна размяркоўваюцца групамі рознай велічыні і займаюць тыя яго часткі, дзе ўмовы ў найбольшай ступені адпавядаюць патрабаванням дадзенага віду. Напрыклад, *кравіва двухдомная* ў межах свайго арэала расце толькі ў вільготных цяністых мясцінах з урадлівай глебай, часта ўтвараючы зараснікі ў поймах рэк, змешаных лясах і кустоўях. Калоніі *крата еўрапейскага* сустракаюцца пераважна на лясных узлесках.

Невялікія паводле колькасці групы асобін аднаго віду, як правіла, існуюць непрацяглы час, пасля чаго яны звычайна гінуць ад любых выпадковасцей, напрыклад ад рэзкага пагаршэння ўмоў надвор'я, шкоднікаў ці хвароб. Для лёсу віду больш важную ролю адыгрываюць тыя групы асобін, якія ўстойлівыя на працягу жыцця многіх пакаленняў. Калі колькасць асобін у такіх групах значна павялічваецца пры спрыяльных умовах, то яны могуць доўга існаваць на дадзенай тэрыторыі. **Групоўкі асобін аднаго віду, якія на працягу доўгага часу насыляюць пэўную частку арэала, свабодна скрыжоўваюцца і адносна адасоблены ад іншых груповак таго ж віду, называюцца па-**



Мал. 56. Арэал буслы белы

**пуляцыяй** (лац. *populus* — народ, насельніцтва).

**Уласцівасці папуляцый.** Папуляцыя мае пэўную структуру і ўласцівасці.

**Біялагічнымі ўласцівасцямі** валодаюць як папуляцыя цалкам, так і асобіны, якія яе складаюць. Яны характарызуюць жыццёвы цыкл папуляцыі, якая, як і асобна ўзятая асобіна, расце, развіваецца і самаўзнаўляецца.

**Групавыя ўласцівасці** — колькасць, шчыльнасць, нараджальнасць, смяротнасць, прырост, тэмп росту — уласцівы папуляцыі як групе асобін цалкам. Яны характарызуюць яе як сістэму, а ў выпадку асобна ўзятых асобін не маюць сэнсу.



Галоўнымі з групавых уласцівасцей папуляцыі з'яўляюцца колькасць і шчыльнасць.

**Колькасць** — агульная колькасць асобін у папуляцыі. Гэта велічыня характарызуецца шырокім дыяпазнам зменлівасці. Так, у дробных насякомых максімальныя ўзроўні колькасці папуляцыі могуць адрознівацца ў  $10^7$  разоў, у селядцоў і буйных матылёў — у 1000 разоў, мышападобных грызуноў — у 500 разоў, трусоеў — у 100 разоў, антылоп і дробных драпежных млекакормячых — у 10 разоў. Аднак колькасць не можа быць ніжэйшай за пэўныя межы. Наступнае яе скарачэнне прыводзіць да вымірання папуляцыі. Лічыцца, што калі колькасць папуляцыі меншая за некалькі сотняў асобін, то любыя выпадковыя прычыны (пажар, затапленне, засуха, вялікія снегапады, моцныя маразы і да т. п.) могуць скараціць яе настолькі, што асобіны, якія засталіся, не змогуць сустрэцца і пакінуць патомства. Нараджальнасць перастае пакрываць натуральныя страты, і асобіны, якія засталіся, на працягу параўнальна кароткага часу вымруць.

**Шчыльнасць** — лік асобін ці іх біямаса на адзінку плошчы ці аб'ёму (напрыклад, 15 раслін чарніц на  $1 \text{ м}^2$ ; 175 клетак хларэлы ў  $1 \text{ мм}^3$  вады). Шчыльнасць папуляцыі таксама зменлівая і залежыць ад колькасці. Пры ўзрастанні колькасці шчыльнасць папуляцыі, як правіла, павялічваецца.

Яна застаецца ранейшай толькі ў выпадку рассялення і пашырэння арэала.

Перавышэнне аптымальнай шчыльнасці неспрыяльна ўздзейнічае на стан папуляцыі. Пры гэтым скарачаецца жыццёвая прастора для кожнай асобіны, вычэрпваюцца кармавыя рэсурсы, рэзка ўзрастае канкурэнцыя між асобінамі.

Зніжэнне шчыльнасці ніжэй за аптымальную прыводзіць да аслаблення абаронных уласцівасцей папуляцыі, зніжае яе пладавітасць, што ўрэшце можа прывесці да вымірання папуляцыі.

**Нараджальнасць** характарызуе частату з'яўлення новых асобін у папуляцыі за кошт размнажэння. Сярэдняя велічыня нараджальнасці кожнага віду вызначылася гістарычна як прыстасаванне для папаўнення страт папуляцыі. Адрозніваюць абсалютную і ўдзельную нараджальнасць.

**Абсалютная** нараджальнасць — колькасць асобін, якія нарадзіліся (вылупіліся, адпачкаваліся і да т. п.) у папуляцыі за адзінку часу, напрыклад за суткі, месяц, год. Аднак велічыня абсалютнай нараджальнасці знаходзіцца ў прамой залежнасці ад колькасці папуляцыі. Таму больш аб'ектыўным паказчыкам з'яўляецца ўдзельная нараджальнасць — колькасць асобін, якія нарадзіліся ў папуляцыі за адзінку часу ў разліку на адну асобіну (ці на тысячу асобін). Паказчык удзельнай нараджальнасці





дае магчымасць параўноўваць хуткасць нараджальнасці ў папуляцыях з рознай колькасцю. Звычайна нараджальнасць у кожнай папуляцыі ўраўнаважана смяротнасцю.

**Смяротнасць** (*абсалютная* і *ўдзельная*) характарызуе хуткасць змяншэння колькасці папуляцыі па прычыне гібелі асобін ад драпежнікаў, паразітаў, хвароб, фізіялагічнай непаўнаважнасці, старасці і да т. п.

Велічыні нараджальнасці і смяротнасці зменлівыя ў часе і залежаць ад узроставай і палавой структуры папуляцыі, забяспечанасці ежай і шэрага іншых фактараў.

На колькасць папуляцый істотны ўплыў аказваюць таксама міграцыі асобін.

**Міграцыі** — заканамерныя перамяшчэнні жывёл паміж істотна рознымі, прасторава раз'яднанымі асяроддзямі пражывання. Такія перасяленні выкліканы зменаў патрабаванняў жывёлы да ўмоў пражывання на розных стадыях развіцця. Масавае перамяшчэнне асобін паміж папуляцыямі можа змяніць іх структуру і асноўныя ўласцівасці (прадукцiі гiбeль папуляцыі, якая знаходзіцца на мяжы вымірання, ці, наадварот, прывесці да яе

рэзкага скарачэння). Напрыклад, перанасяленне ці масавае высяленне аселых жывёл (*вавёрак, кедравак, лемінгаў* і інш.) пры раптоўным пагаршэнні ўмоў (засуха, пажары, затапленні) часта заканчваецца масавай гібеллю.

Міграцыі (*сутачныя, сезонныя*) даюць магчымасць арганізмам выкарыстоўваць аптымальныя ўмовы асяроддзя ў такіх мясцінах, дзе іх пастаяннае пражыванне немагчыма. Яны прыводзяць да асваення новых біятопаў, пашырэння агульнага арэала віду, да абмену асобінамі між папуляцыямі, павялічваюць агульную ўстойлівасць віду.

Пры адсутнасці міграцыі дынаміка колькасці папуляцыі залежыць ад **суадносін нараджальнасці і смяротнасці**. Калі велічыня нараджальнасці вышэйшая за велічыню смяротнасці, то колькасць будзе ўзрастаць. Наадварот, калі смяротнасць перавышае нараджальнасць, колькасць папуляцыі зніжаецца.

Такім чынам, амплітуда і перыяд ваганняў колькасці папуляцый залежаць ад ступені зменлівасці навакольнага асяроддзя, а таксама ад біялагічных асаблівасцей канкрэтнага віду.



**1.** Што такое арэал? **2.** Якія тыпы арэалаў існуюць? Чым яны адрозніваюцца адзін ад аднаго? **3.** Якія ўласцівасці папуляцый вы ведаеце? **4.** Пeralічыце групавыя ўласцівасці папуляцый і дайце іх характарыстыку. **5.** Змена якіх паказчыкаў папуляцыі вызначае дынаміку яе колькасці?



## 24. Структура папуляцый

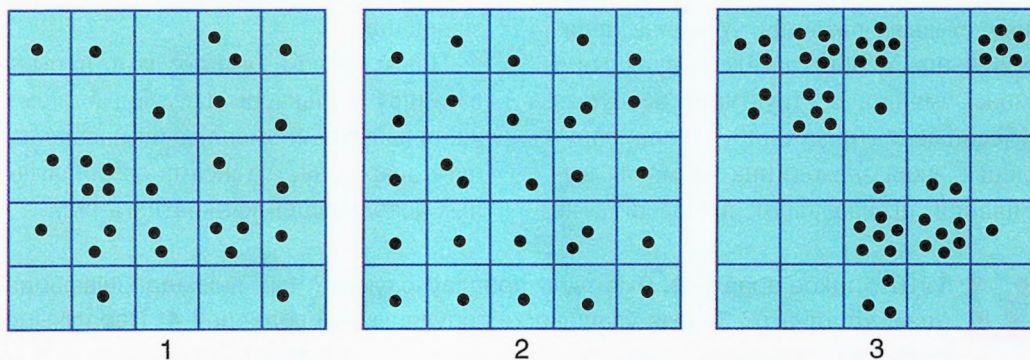
Кожная папуляцыя любога віду як біялагічная сістэма мае пэўную структуру — пэўныя колькасныя суадносіны асобін, якія адрозніваюцца паводле марфалагічных і фізіялагічных прыкмет, узросту, полу, характару размеркавання ў прасторы і іншых уласцівасцей.

**Прасторавая структура** папуляцыі характарызуецца асаблівасцямі і характарам размяшчэння асобін папуляцыі ў прасторы. Яна вызначаецца ўласцівасцямі месцапражывання і біялагічнымі асаблівасцямі віду, паводзінамі яго асобін. Прыродным папуляцыям уласцівы тры тыпы размеркавання асобін: выпадковае, раўнамернае і групавое (мал. 57).

Выпадковае размеркаванне сустракаецца рэдка ў аднародным асяроддзі, дзе слаба выяўлена канкурэнцыя між асобінамі і практычна

адсутнічаюць групавыя формы паводзін. Такое выпадковае размеркаванне ўстаноўлена, напрыклад, у *павукоў*, якія жывуць у подсціле, некаторых *тлёў* на лісці бярозы, *малюскаў* на глеістых водмелях.

Раўнамернае размеркаванне характэрна для відаў, якія адрозніваюцца жорсткай канкурэнцыяй між асобінамі за аднолькавыя рэсурсы асяроддзя і моцным тэрытарыяльным інстынктам (*драпежныя рыбы*, *млекакормячыя*, *птушкі*, *павукі*). Яно адзначана таксама ў маларухомых і сядзячых форм жывёл на ўчастках з аднолькавымі ўмовамі жыцця, а таксама ў аграцэнозах — садах, агародах, парках. Так, пры пасадцы кустоў ягадных культур, шэрага агароднінных раслін з дапамогай вымяральной стужкі (рулеткі) можна дамагчыся амаль ідэальна раўнамернага размеркавання.



Мал. 57. Тыпы прасторавага размеркавання асобін у папуляцыі: 1 — выпадковае; 2 — раўнамернае; 3 — групавое





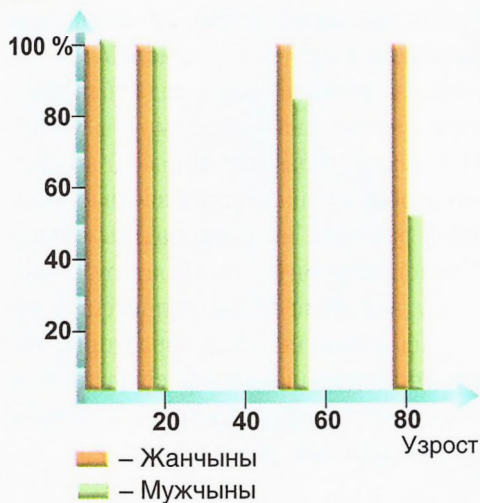
Групавое размеркаванне з'яўляецца найбольш распаўсюджаным тыпам груповікі асобін у прыродных папуляцыях. Утварэнне груп адбываецца па розных прычынах: праз розніцу ў месцапражываннях, пад уплывам сутачных і сезонных змен умоў надвор'я, асаблівай размнажэння, імкнення да жыцця ў групе.

Можна прывесці шмат прыкладаў групавога размеркавання. Вялізнымі касыямі перамяшчаюцца з месца на месца многія віды рыб. У вялікіх чароды збіраюцца птушкі, якія рыхтуюцца да далёкіх пералётаў. Калоніі бакланаў на астравах каля ўзбярэжжа Перу дасягаюць колькасці 10 тыс. асобін пры сярэднім шчыльнасці тры гнязды на 1 м<sup>2</sup>. Такія ж прыклады можна прывесці і для раслін: вялікая колькасць кусцікаў брусніцы і чарніцы ў сасновым лесе, сунічныя паляны на лясных узлесках, вялікія плямы кісліцы ў яловым лесе і да т. п.

\*З аднаго боку, жыццё ў групе (сям'і, статку, чарадзе, калоніі, гарэме) можа ўзмацняць канкурэнцыю між асобінамі за рэсурсы і прастору. У той жа час гэта кампенсуецца павышэннем жыццяздольнасці групы, якая мае большыя магчымасці для абароны ад драпежнікаў, пошуку і здабычы корму, пераўтварэння месцапражывання. Ваўкі, аб'яднаныя ў зграю, нападаюць на буйных жывёл, у той час як паасобку гэтага не робяць. У розных відах жывёл у розных умовах ступень груповікі

асобін не аднолькавая. У большасці выпадкаў існуе яе аптымальны ўзровень, за межамі якога дадзеныя фактары могуць аказваць адмоўны ўплыў. Напрыклад, пры вельмі нізкай колькасці асобін пчаліная сям'я зведвае недахоп у рабочых, не можа падтрымліваць у вулі патрэбную тэмпературу. У выпадку вельмі высокай колькасці ў вулі відавочна не хапае прасторы, назіраецца павышаная агрэсіўнасць асобін, якім прыходзіцца траціць энергію на вентыляцыю жылля.\*

**Палавая структура** адлюстроўвае колькасныя суадносіны асобін рознага полу ў папуляцыях. *Першасныя* суадносіны полаў вызначаюцца выпадковым спалучэннем мужчынскіх і жаночых гамет у працэсе апладнення і звычайна бываюць блізкія 1:1. Па прычыне рознай жыццяздольнасці мужчынскіх і жаночых асобін першасныя суадносіны полаў часта прыметна адрозніваюцца ад *другасных* (пры нараджэнні) і тым больш ад *трацічных*, характэрных для палаваспелых асобін. Яны таксама залежаць ад комплексу фактараў знешняга асяроддзя. Так, для папуляцый многіх відаў характэрна няўхільнае зніжэнне долі самцоў па меры павелічэння ўзросту асобін. Напрыклад, у папуляцыях чалавека другасныя суадносіны полаў складаюць 100 дзяўчынак:106 хлопчыкам; да 16—18 гадоў гэтыя суадносіны выраўноўваюцца (100:100); да 50 га-



Мал. 58. Полаўзроставая структура папуляцыі чалавека

доў — 100 жанчын : 85 мужчынам, а да 80 гадоў суадносіны становяцца роўнымі 2 : 1 (100 жанчын : 50 мужчынам) (мал. 58).

Змена палавой структуры папуляцыі адбываецца на яе ролі ў экасістэме, паколькі самцы і самкі многіх відаў адрозніваюцца адзін ад аднаго па характары харчавання, рытме жыцця, паводзінах і інш. Так, самкі некаторых відаў *каमारоў*, *кляшчоў* і *мошак* з'яўляюцца кровасысучымі, у той час як самцы харчуюцца сокам раслін ці нектарам. Перавага долі самак над самцамі забяспечвае больш інтэнсіўны рост папуляцыі.

**Узроставая структура** адлюстроўвае суадносіны розных узроставых груп у папуляцыях. Гэтыя суадносіны

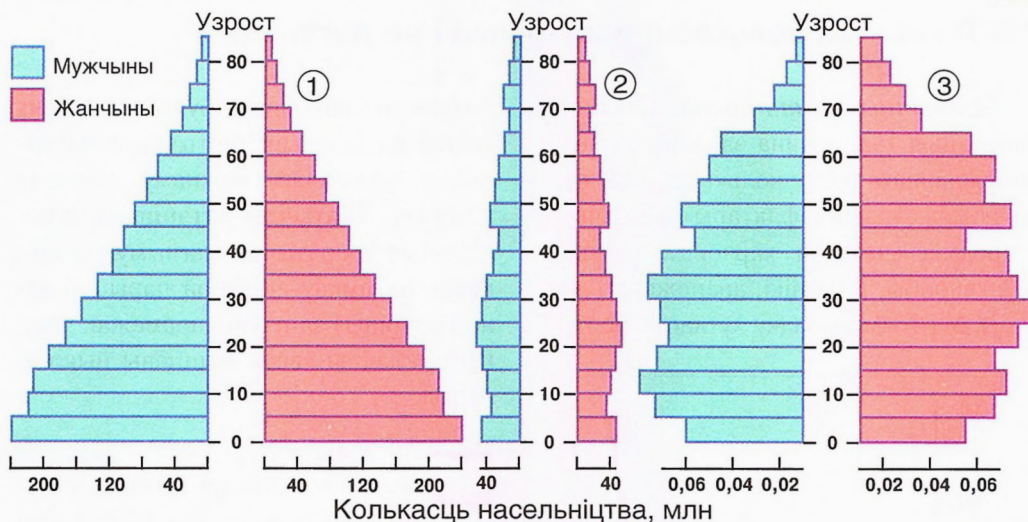
вызначаюць здольнасць папуляцыі да размнажэння і паказваюць перспектыву яе далейшага развіцця.

Узроставы склад папуляцыі наглядна адлюстроўваюць так званыя ўзроставыя піраміды, якія ўяўляюць сабой графічнае адлюстраванне ўзроставага размеркавання асобін (мал. 59). З узростам змяняюцца біялагічныя асаблівасці і патрабаванні да ўмоў асяроддзя пражывання арганізмаў. На розных этапах развіцця раслін і жывёл можа адбывацца змена асяроддзя пражывання, характару перамяшчэння, агульнай актыўнасці арганізмаў, кармавых аб'ектаў і нават тыпу харчавання. Часам узроставыя адрозненні ў межах віду выяўлены ў значна большай ступені, чым адрозненні паміж відамі. Напрыклад, *жабы* розных відаў падобны адна на адну ў большай ступені, чым *жабы* і *апалонікі* аднаго віду.

Звычайна ў папуляцыі прысутнічаюць усе ўзроставыя групы, аднак суадносіны паміж імі мяняюцца і залежаць ад колькасці патомкаў у прыплодзе, колькасці прыплодаў за сезон, часу наступлення палаваспеласці асобін, працягласці іх рэпрадуктыўнага перыяду жыцця і іншых фактараў. Так, напрыклад, у папуляцыях дробных грызуноў вялікая доля асобін малодшых узроставых груп, у той час як для буйных відаў (*кіты*, *сланы*) яна, наадварот, малая.

Як правіла, найбольшай жыццяздольнасцю вызначаюцца папуляцыі, у якіх прадстаўлены ўсе ўзроставыя гру-





Мал. 59. Полаўзроставыя піраміды насельніцтва: 1 — растучая папуляцыя; 2 — стабільная папуляцыя; 3 — старэючая папуляцыя

пы арганізмаў. Прысутнасць у такіх папуляцыях вялікай колькасці асобін малодшых узроставых груп сведчыць пра іх дастатак і добрыя перспектывы.

Калі ж у папуляцыі пераважаюць старыя асобіны, значыць, яна заканчвае сваё існаванне. Такія папуляцыі разглядаюцца як *выміраючыя*.



У апошнія гады ў папуляцыях людзей павялічваецца колькасць дзяцей, падлеткаў і пенсіянераў, г. зн. непрадукцыйных слаёў насельніцтва. Доля дзяцей да 15 гадоў у большасці краін, якія развіваюцца, павялічылася да 50 %, пажылых людзей, старэйшых за 65 гадоў, — да 13 %. Такая змена суадносін узроставых груп прыводзіць да павелічэння нагрузкі на працаздольную частку насельніцтва.

- ?** 1. Што такое структура папуляцый? З якой мэтай праводзіцца яе вывучэнне? 2. Прывядзіце прыклады ўзаемазвязі паміж дынамікай колькасці і прасторавай структурай папуляцыі. 3. Пры якіх умовах узнікаюць раўнамернае і групавое размеркаванні асобін у папуляцыях раслін і жывёл? Зрабіце высновы. 4. Ці можна меркаваць пра стан папуляцыі і перспектывы яе далейшага развіцця, вывучаючы яе палавую і ўзроставую структуру? 5. Вядома, што папайненне папуляцыі чалавека ў Беларусі за кошт малодшай узроставай групы з кожным годам няўхільна зніжаецца. Якія, з вашага пункту гледжання, магчымы шляхі вырашэння гэтай праблемы?



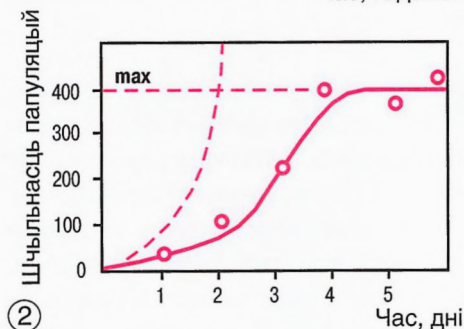
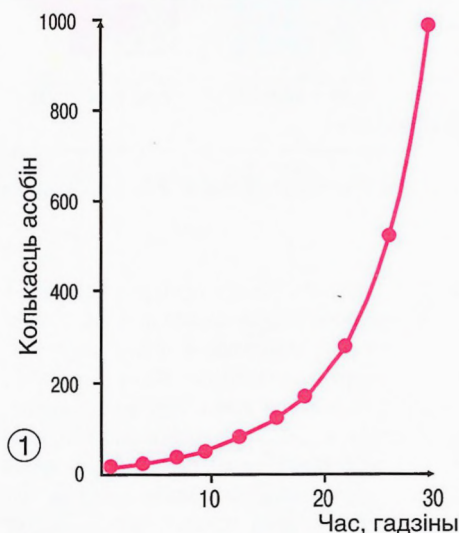
## 25. Дынаміка колькасці папуляцый і яе рэгуляцыя

**Біятычны патэнцыял.** Любая папуляцыя тэарэтычна здольна да неабмежаванага росту колькасці, калі яе не абмяжоўваюць фактары знешняга асяроддзя (недахоп харчовых рэсурсаў, хваробы, шкоднікі, драпежнікі і да т. п.). У гэтым выпадку хуткасць росту

колькасці папуляцыі будзе залежаць толькі ад велічыні біятычнага патэнцыялу, уласцівага кожнаму канкрэтнаму віду. **Біятычны патэнцыял** адлюстроўвае тэарэтычна магчымую колькасць патомкаў ад адной пары (ці адной асобіны) за пэўны прамежак часу, напрыклад за ўвесь жыццёвы цыкл ці за год.



У розных відаў жывых арганізмаў велічыня біятычнага патэнцыялу рэзка адрозніваецца. Так, самка *казулі* здольна нарадзіць за жыццё 10—15 казлянят, самка *меданоснай пчалы* адкласці 50 тыс. яец, самка *месяца-рыбы* вынараставаць да 3 млрд ікрынак. Біятычны патэнцыял гэтых відаў на самай справе яшчэ вышэйшы, бо частка ікры, яец і зародкаў гіне яшчэ да нараджэння.



Мал. 60. Крывыя росту папуляцый: 1 — экспаненцыйная; 2 — лагістычная

\*Пры адсутнасці абмежавальных фактараў колькасць папуляцыі павінна расці ў геаметрычнай прагрэсіі, гэта значыць па экспаненце. Таму рост папуляцыі з пастаяннай хуткасцю ў спрыяльных умовах асяроддзя называецца экспаненцыйным ростам (мал. 60). Крывая, якая на графіку адлюстроўвае такі рост папуляцыі, рэзка павялічвае круцізну і адыходзіць у бесканечнасць.\*

У прыродных умовах экспаненцыйны рост папуляцый назіраецца вельмі рэдка. Напрыклад, ён быў адзначаны для папуляцый *труса*, завезенага ў Аўстралію, дзе для яго меліся неаб-





межаваныя харчовыя і прасторавыя рэсурсы пры адсутнасці стрымліваючага ўплыву драпежнікаў. Такі тып росту назіраецца таксама пры ўспышках колькасці *саранчы*, *няпарнага шаўкапрада* і іншых насякомах. Аднак перыяды экспаненцыйнага росту звычайна кароткачасовыя.

Пры павелічэнні шчыльнасці папуляцый, як правіла, назіраецца замаруджванне росту колькасці, паколькі папуляцыя аказваецца ва ўмовах з абмежаванымі рэсурсамі. Напрыклад, расліны пачынаюць зацяняць адна адну ці ім нестасе вільгаці. Жывёлам пры высокай шчыльнасці папуляцыі можа не хапаць корму. Па меры пагаршэння ўмоў хуткасць росту зніжаецца, і пры пэўнай шчыльнасці колькасць папуляцыі перастае расці. Тып росту колькасці папуляцый пры абмежаваных рэсурсах, які характарызуецца зніжэннем яго хуткасці па меры павелічэння шчыльнасці папуляцыі, называецца *лагістычным* (гл. мал. 60).

Змены колькасці папуляцый, што ўзнікаюць у часе, называюцца **дынамікай колькасці**. Яе вывучэнне важна для ацэнкі ролі папуляцый у прыродных экасістэмах і прагнозу перспектывы іх далейшага існавання.

Дыяпазон ваганняў колькасці папуляцый залежыць ад суадносін велічынь нараджальнасці і смяротнасці, ступені зменлівасці ўмоў асяроддзя, а таксама ад біялагічных

асаблівасцей канкрэтнага віду (узросту дасягнення палавой спеласці асобін, пладавітасці, хуткасці змены пакаленняў і інш.). Самыя вялікія дыяпазоны ваганняў колькасці характэрны для дробных арганізмаў, якія хутка размнажаюцца, — бактэрыі, пратыстаў, насякомах, грызуноў.

**\* Тыпы дынамікі колькасці.** Вылучаюць сезонны, шматгадовы, перыядычны і ўстойлівы тыпы дынамікі колькасці.

**Сезонны** тып дынамікі колькасці характэрны для відаў, у якіх на працягу аднаго сезона рэзка мяняецца шчыльнасць. Ён уласцівы невялікім паводле памераў арганізмам, што даюць шматлікае і хутка выпяваючае патомства. Гэтыя арганізмы здольны ў кароткі тэрмін рэзка павялічваць сваю колькасць. Да іх належаць прадстаўнікі планктону — *дафніі*, *цыклопы*, *калаўроткі*, *фотатрофныя бактэрыі* і *пратысты*, а сярод наземных — многія віды *насякомах*, *грызуноў* і аднагадовых травяністых раслін. Напрыклад, *пакаёвыя мухі* з'яўляюцца вясной пасля зімоўкі ў невялікай колькасці, аднак патомства адной пары пры сярэдняй пладавітасці самкі каля 100 яец за 5—6 пакаленняў можа стаць даволі шматлікім. У сапраўднасці гэтага не адбываецца з-за гібелі па розных прычынах значнай часткі адкладзеных яец, лічынак і кукалак. І тым не менш колькасць



мух ад пакалення да пакалення павялічваецца.

**Шматгадовы** тып дынамікі колькасці ахоплівае перыяд у некалькі гадоў і характарызуецца фазай мінімуму, ці дэпрэсіі, фазай пад'ёму, ці нарастання, і фазай максімуму, ці масавай успышкі, пасля якой колькасць зніжаецца і шматгадовы цыкл паўтараецца зноў. У розных відаў працягласць поўнага цыкла розная і ахоплівае перыяд ад 2 да 10 гадоў. Такі тып дынамікі колькасці маюць *саранча, каларадскі жук, жыхары тундры — лемінгі*. Веданне цыклаў дынамікі колькасці відаў-шкоднікаў дае магчымасць прагназаваць іх масавае размнажэнне і рыхтавацца да барацьбы з імі.

**Устойлівы** тып дынамікі колькасці вядомы ў відаў з больш ці менш пастаяннай колькасцю на працягу доўгага часу. Ён уласцівы, як правіла, буйным жывёлам з вялікай працягласцю жыцця, познім наступленнем палаваспеласці, якія даюць нешматлікае з высокай выжывальнасцю патомства. Прыкладам могуць служыць капытныя млекакормячыя, кітападобныя, буйныя арлы, некаторыя паўзуны.

Змяненне колькасці суправаджаецца перабудовай узроставай структуры. Калі колькасць павялічваецца, што адбываецца пры наяўнасці дастатковай колькасці ежы і прасторы, назіраецца ўзрастанне долі маладых

асобін за кошт павышэння нараджальнасці. Рост колькасці папуляцыі ў рэшце рэшт прыводзіць да змяншэння рэсурсаў, неабходных арганізмам. Спад колькасці суправаджаецца змяншэннем долі асобін малодшых узроставых груп і павышэннем смяротнасці. Гэта працягваецца аж да наступлення наступнага спрыяльнага перыяду, які абумовіць чарговае павелічэнне колькасці.\*

### *Прычыны дынамікі колькасці.*

Фактары, якія выклікаюць змяненне колькасці, разнастайныя. Іх падзяляюць на дзве групы: незалежныя і залежныя ад шчыльнасці папуляцыі.

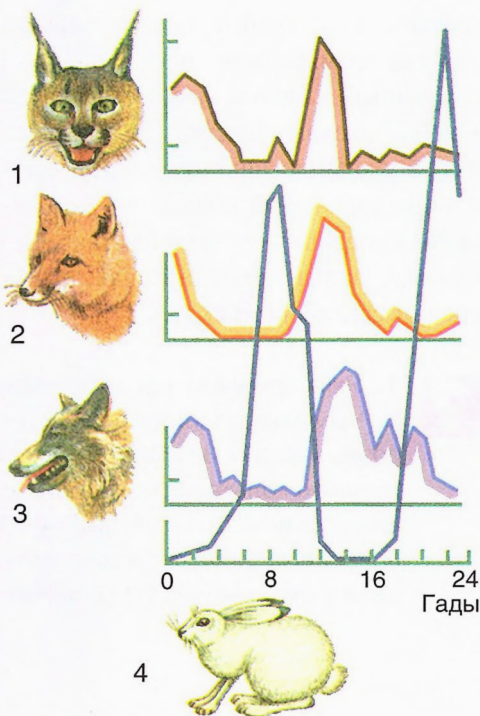
Да *незалежных* ад шчыльнасці папуляцыі адносяцца пераважна фактары нежывой прыроды (святло, цяпло, вільгаць і інш.). Яны дзейнічаюць на папуляцыю пры любой яе колькасці. Напрыклад, суровыя зімы выклікаюць гібель асобін, што зімуюць. Такія фактары, як замаразкі, моцны шторм ці працяглая засуха, могуць прывесці да рэзкага зніжэння колькасці самых розных папуляцый незалежна ад іх зыходнай колькасці. Так, працяглыя снегапады і цвёрды шарпак прыводзяць да гібелі птушак, якія кормяцца зімой на зямлі. Ці, наадварот, спрыяльныя ўмовы зімоўкі могуць садзейнічаць павышэнню колькасці асобін як у нешматлікіх папуляцыях, так і ў вялікіх.



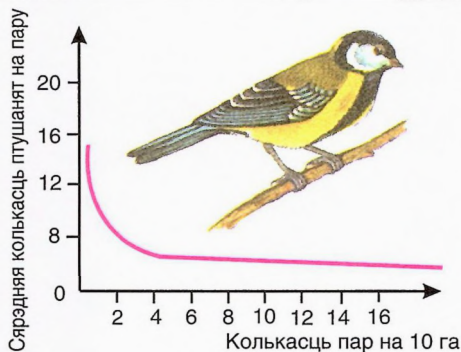
Да залежных ад шчыльнасці папуляцыі адносяцца фактары жывой прыроды — харчовыя рэсурсы і натуральныя ворагі (драпежнікі, паразіты, узбуджальнікі хвароб). Іх колькасць змяняецца разам з колькасным змяненнем папуляцыі. Як толькі шчыльнасць папуляцыі таго ці іншага драпежніка павялічваецца, колькасць папуляцыі яго ахвяры пачынае зніжацца (мал. 61). Таксама ўздзейнічаюць на папуляцыю гаспадара і паразіты. Як правіла, чым вышэйшая шчыльнасць папуляцыі, тым мацнейшы ўплыў гэтых фактараў. Без іх колькасць папуляцыі магла б неабмежавана павялічвацца, што прывяло б да поўнага знішчэння крыніц корму. Такім чынам, асаблівасць дзеяння фактараў, якія залежаць ад шчыльнасці, заключаецца ў згладжванні рэзкіх ваганняў колькасці. Дзякуючы гэтаму колькасць папуляцый відаў, якія ўзаемадзейнічаюць, падтрымліваецца на аптымальным узроўні.

Адным з механізмаў рэгулявання колькасці з'яўляецца **пладавітасць**. Яна зніжаецца пры змяншэнні харчовай забяспечанасці, якое назіраецца пры павелічэнні колькасці папуляцыі. Зніжэнне пладавітасці асобін прыводзіць да зніжэння нараджальнасці, а значыць, да замаруджвання тэмпаў росту папуляцыі (мал. 62).

Важную ролю ў рэгуляцыі шчыльнасці папуляцыі адыгрываюць **наводзінскія фактары**, у прыватнасці **тэрытарыяльнасць**. Наяўнасць у асобін



Мал. 61. Дынаміка колькасці папуляцый драпежніка і ахвяры: 1 — рысь; 2 — ліса; 3 — воўк; 4 — заяц



Мал. 62. Залежнасць нараджальнасці ад шчыльнасці папуляцыі вялікай сініцы



пэўнага віду свайго індывідуальнага ўчастка абмяжоўвае рост колькасці папуляцыі, паколькі асобіны, якія не маюць уласнага ўчастка, не ўдзельнічаюць у размнажэнні. Межы індывідуальных тэрыторый абазначаюцца рознымі спосабамі — мачой, сакрэтам пахучых залоз, драпінамі на дрэвах, спевам самцоў птушак і да т. п.

Такім чынам, на папуляцыі ўздзейнічае комплекс фактараў нежывой і жывой прыроды, якія прыводзяць у дзеянне механізмы рэгуляцыі іх колькасці. Па гэтай прычыне ў не парушаных дзейнасцю чалавека прыродных экасістэмах рэдка адбываецца імклівы рост колькасці, вычарпанне рэсурсаў і гібель папуляцый.



- 1.** Якія прычыны непастаянства ў часе колькасці прыродных папуляцый?
- 2.** Чым вызначаецца розніца дыяпазонаў зменлівасці колькасці папуляцый розных відаў? **3\*.** Якія біялагічныя асаблівасці вызначаюць той ці іншы тып дынамікі колькасці папуляцыі?
- 4.** Якія механізмы ляжаць у аснове самарэгуляцыі колькасці папуляцыі?
- 5\*.** Якія фактары, залежныя ад шчыльнасці, маглі дзейнічаць на колькасць папуляцыі першабытных людзей і папуляцыі людзей у сярэднявекі? Ці дзейнічаюць гэтыя фактары ў наш час?





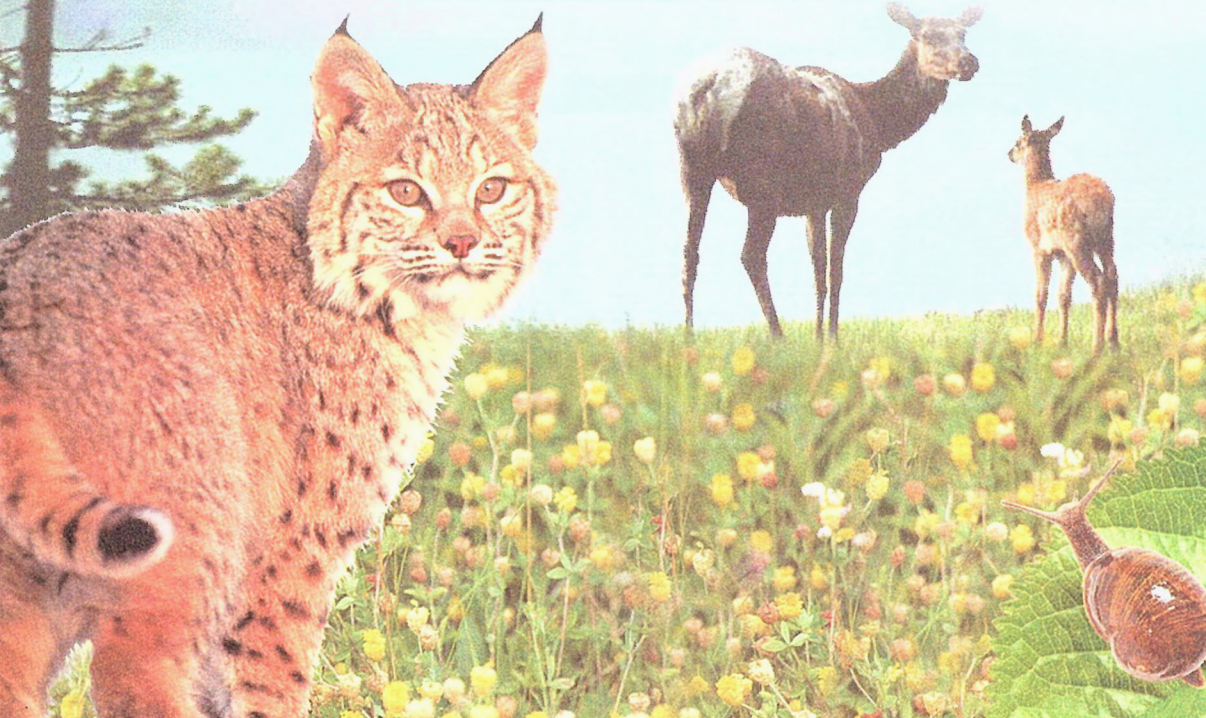
# Раздзел 4

## АРГАНІЗМ І АСЯРОДДЗЕ

*Не ўсюды, дзе ёсць вада, ёсць і жабы,  
але дзе квакаюць жабы, там вада ёсць.*

*І. Гётэ*

- Чаму арганізмы адных відаў шырока расселены на планеце, а іншыя жывуць толькі ў дакладна вызначаных геаграфічных зонах?
- Як арганізмы прыстасоўваюцца да жыцця ў месцапражываннях з рознай асветленасцю, тэмпературай і вільготнасцю?
- Чаму ў наземна-паветраным асяроддзі пражывае самая вялікая колькасць відаў жывых арганізмаў?







## 26. Асяроддзі жыцця. Воднае асяроддзе

*Паняцце аб асяроддзі жыцця (пражывання).* Асяроддзе пражывання — гэта частка прыроды, якая непасрэдна акружае жывыя арганізмы і аказвае прамы ці ўскосны ўплыў на ўсе працэсы іх жыццядзейнасці — рост, развіццё, размнажэнне, выжывальнасць і да т. п. На нашай планеце арганізмы асвоілі чатыры асяроддзі жыцця: воднае, наземна-паветранае, глебавае і цела іншага арганізма, якое выкарыстоўваецца паразітамі.

*Воднае асяроддзе, ці гідрасфера,* — самае вялікае асяроддзе жыцця, якое займае да 71 % плошчы нашай планеты. Асноўная колькасць вады (97 %) сканцэнтравана ў морах і акіянах.

У водным асяроддзі жыве каля 150 000 відаў жывёл (прыкладна 7 % ад агульнай іх колькасці на планеце) і больш за 10 000 відаў раслін. Насельнікаў воднага асяроддзя называюць **гідрабіёнтамі**. Найбольш багаты і разнастайны раслінны і жывёльны свет мораў і акіянаў экватарыяльных і трапічных зон, дзе прыродай створаны найбольш спрыяльныя ўмовы для жыцця.

Для воднага асяроддзя пражывання характэрны такія спецыфічныя ўласцівасці, як вялікая шчыльнасць, значныя перапады ціску на розных глыбінях, адносна малая колькасць кіслароду, нізкая празрыстасць. Вадаёмы і

асобныя іх участкі адрозніваюцца таксама велічынямі салёнасці, хуткасцю гарызантальных, а часам і вертыкальных перамяшчэнняў (цячэнняў), а таксама колькасцю ўзважаных часцінак.

Адной з важнейшых уласцівасцей вады з'яўляецца **шчыльнасць**, якая прыкладна ў 1300 разоў вышэйшая за шчыльнасць паветра. Гэты фактар вызначае ўмовы перамяшчэння водных арганізмаў і перапады ціску на розных глыбінях. У сярэднім у воднай тоўшчы на кожныя 10 м глыбіні ціск узрастае на 1 атм ( $1 \cdot 10^2$  кПа). Глыбакаводныя віды жывёл прыстасаваны да ціску да 1000 атм.



Шчыльнасць вады залежыць ад тэмпературы. Яе велічыня ў прэсных вадаёмах максімальная пры  $+4^\circ\text{C}$  і роўна  $1 \text{ г/см}^3$ .

Пры павышэнні ці паніжэнні тэмпературы шчыльнасць вады памяншаецца. У выпадку замярзання вада расшыраецца, павялічваючы свой аб'ём прыкладна на 11 %. Дзякуючы гэтай уласцівасці лёд размяшчаецца на паверхні вадаёма, у той час як больш шчыльная вада ( $t \geq 0^\circ\text{C}$ ) знаходзіцца пад лёдам і не прамярзае. Самая шчыльная вада з тэмпературай  $+4^\circ\text{C}$  знаходзіцца ў прыдоннай частцы, што дае магчымасць выжыць донным арганізмам у зімовы час.

Значная шчыльнасць вады дае магчымасць гідрабіёнтам абапірацца на яе, утрымлівацца (лунаць) у пэўных сляях вадаёма. У адпаведнасці з гэтым гідрабіёнты падраздзяляюцца на дзве важнейшыя экалагічныя групы — планктон і нектон.





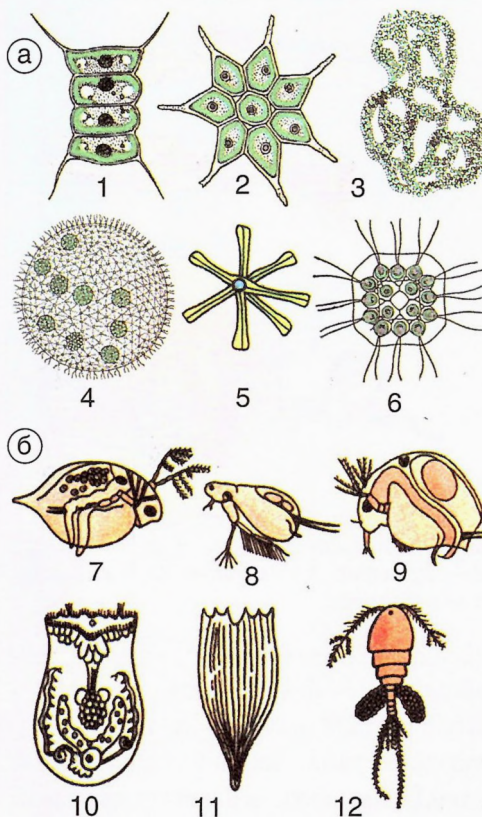
**Планктон** (грэч. *planktós* — які лунае, блукае) — гэта сукупнасць раслін (фітапланктон) і жывёл (зоапланктон), якія пасіўна лунаюць у вадзе і пераносяцца цячэннем (мал. 63). Яны не здольныя процістаяць цячэнню вады і самастойна перамяшчацца на значныя адлегласці.

Фітапланктон мае вялікае значэнне ў жыцці вадаёмаў, паколькі з'яўляецца асноўным прадукцэнтам арганічнага рэчыва і кіслароду. Да фітапланктону належаць аўтатрофныя пратысты і перш за ўсё *зялёныя і дыятомавыя водарасці*, *фотатрофныя пракарыёты — цыянабактэрыі*.

Зоапланктон і бактэрыі сустракаюцца на ўсіх глыбінях. У зоапланктоне дамінуюць гетэратрофныя пратысты (*прасцейшыя*), дробныя *ракападобныя, медузы*, лічынкі водных беспазваночных.

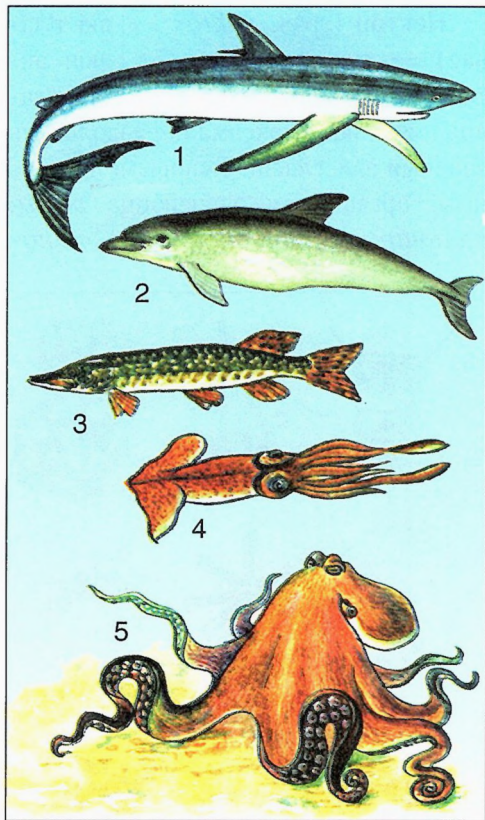
Планктонныя арганізмы валодаюць многімі падобнымі прыстасаваннямі, якія павышаюць іх плавучасць і не дазваляюць асядаць на дно. Да такіх прыстасаванняў належаць павелічэнне паверхні цела за кошт шматлікіх нарасцяў ці вусікаў, сплюшчанасць, падаўжэнне, што павышае трэнне аб ваду. Наяўнасць газавых вакуоляў і камер, багатых тлушчавых уключэнняў, а таксама страта ракавін даюць магчымасць планктонным арганізмам зменшыць удзельную вагу цела і павялічыць плавучасць.

**Нектон** (грэч. *nēktós* — які плавае) — сукупнасць жывёл, якія актыўна плаваюць і здольныя процістаяць цячэнню, а таксама пераадоўваць значныя адлегласці. Типовымі нектоннымі арганізмамі з'яўляюцца *рыбы, кальмары, кітападобныя, ластаногі*.



Мал. 63. Фітапланктон (а) і зоапланктон (б): 1 — *сценедэсмус*; 2 — *педыаструм*; 3 — *мікрацысціс*; 4 — *вальвокс*; 5 — *астэрыянела*; 6 — *гоніум*; 7–9 — *галінаставусыя рачкі*; 10, 11 — *калаўроткі* (першаснаполасцевыя чэрві); 12 — *цыклоп*





Мал. 64. Арганізмы нектонна: 1 — акула; 2 — дэльфін; 3 — шчупак; 4 — кальмар; 5 — васьміног

гія і інш. (мал. 64). Для іх характэрны абцякальная форма цела і добра развітыя органы руху, дзякуючы якім яны могуць перамяшчацца з вялікай хуткасцю. Напрыклад, некаторыя кальмары развіваюць хуткасць 45—50 км/г, а меч-рыба — да 100 км/г.

Планктонныя і нектонныя арганізмы асвоілі тоўшчу вадаёмаў. Донную зону засялілі арганізмы **бентасу** (грэч. *bénthos* — глыбіня), якія пры-

стасаваліся да адпаведнай структуры грунту. Многія з іх маюць цяжкія вапнавыя ракавіны (*малюскі*), магутную хіцінізаваную кутыкулу (*рачныя ракі, крабы, амары, лангусты*), органы прымацавання да грунту (прысоскі ў *п'явак*, кручкі ў лічынак *ручайнікаў*, карані і рызоіды ў раслін).

**Тэмпературны рэжым** у вадаёмах больш устойлівы, чым у іншых асяроддзях. Гэта звязана з высокімі ўдзельнай цеплаёмістасцю і цеплаправоднасцю вады, якія ў 500 і 30 разоў адпаведна вышэйшыя, чым у паветра. Вада марудна награвяецца і марудна астывае, таму амплітуда сучасных і сезонных ваганняў тэмпературы ў вадаёмах адносна нізкая.



Амплітуда гадавых ваганняў тэмпературы ў верхніх слаях акіяна складае не болей за 10—15 °С, а ў кантынентальных вадаёмах — 30—35 °С. Глыбокія слаі вады характарызуюцца пастаянствам тэмпературы. Так, на глыбінях усіх акіянаў яна вагаецца ад -1,87 да +2 °С.

**Светлавая рэжым** вадаёмаў адзначаецца заўважным аслабленнем асветленасці і змяненнем спектральнага саставу сонечнага святла з глыбінёй. Напрыклад, у самых чыстых водах Саргасава мора празрыстасць дасягае глыбіні 66,5 м (велічыню празрыстасці вызначаюць шляхам апускання ў ваду белага дыска дыяметрам 30 см да найбольшай глыбіні яго бачнасці). У той жа час у мутных праточных водах ужо на глыбіні 50 см

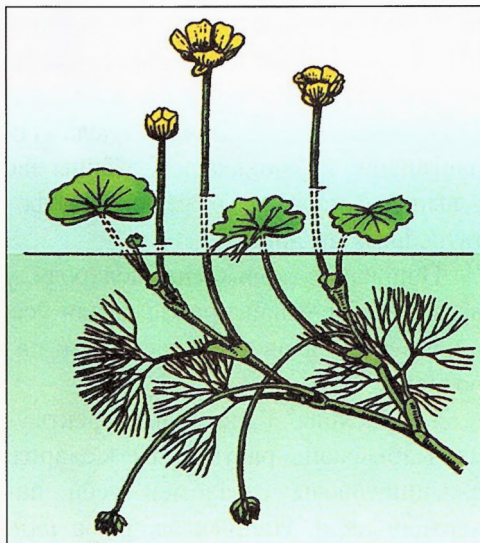


колькасць святла змяншаецца да 7 %, г. зн. да такой жа велічыні, як і пад лагагам яловага лесу.

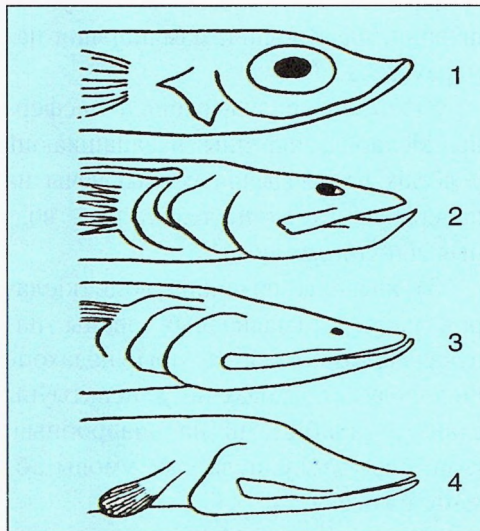
Нізкая празрыстасць прыродных вод наклала сур'ёзны адбітак на знешнюю будову гідрабіёнтаў. Так, для водных раслін характэрна вялікае развіццё паверхні цела ў адносінах да масы. Гэта дасягаецца за кошт галінавання сцябла і рассячэння ліставой пласцінкі на вузкія, дробныя долі. Павелічэнне ліставой паверхні дае магчымасць больш поўна выкарыстоўваць святло і  $\text{CO}_2$ . Доказам таго, што гэта сапраўды з'яўляецца прыстасавальнай прыкметай, служыць з'ява **разналістасці (гетэрафіліі)**. У некаторых раслін (напрыклад, у шаўкоўніка вадзянога) на адным парастку маецца лісце рознай формы — падводнае лісце моцна рассечанае, а надводнае — суцэльнае (мал. 65).

Ва ўмовах нізкай празрыстасці вады органы зроку жывёл часта аказваюцца малаэфектыўнай крыніцай інфармацыі. Больш таго, у некаторых глыбакаводных рыб адбываецца рэдукцыя вачэй (мал. 66) і нават страта зроку з-за непатрэбнасці.

**Газавы рэжым** вадаёмаў істотна адрозніваецца ад наземна-паветранага асяроддзя. Так, колькасць вуглякіслага газу ў вадзе на адзінку аб'ёму пры аднолькавай тэмпературы амаль у 700 разоў большая, а кіслароду ў 30—35 разоў меншая, чым у паветры. Прычым, калі ў паветры канцэнтра-



Мал. 65. Разналістасць, ці гетэрафілія, у шаўкоўніка вадзянога



Мал. 66. Рэдукцыя вачэй у глыбакаводных рыб аднаго сямейства, якія жывуць на розных глыбінях: 1 — 750 м; 2 — 850—1000 м; 3 — 3000 м; 4 — 5000 м



цыя кіслароду дастаткова пастаянная (21 %), то ў вадзе яго колькасць моцна мяняецца. Гэта можа быць недахоп кіслароду (ноччу ці зімой пад лёдам) ці павышэнне яго колькасці ў дзённы час у выпадку масавага размнажэння фотатрофных арганізмаў.

Паніжэнне колькасці кіслароду ў вадзе — сур'ёзная праблема для ўсіх гідрабіёнтаў, якая вырашаецца імі п-розныму:

1) расліны і жывёлы эфектыўна здабываюць раствораны кісларод, ажыццяўляючы газаабмен усёй паверхняй цела. Напрыклад, рыба *ўюн* праз кожу спажывае да 63 % кіслароду. У іншых відаў дыханне аблягчаецца за кошт павелічэння паверхні цела (утварэнне нарасцяў), а таксама ўплашчэння, падаўжэння, памяншэння памераў цела;

2) жывёлы спажываюць атмасферны кісларод, які яны назапашваюць у лёгкіх, перыядычна ўсплываючы на паверхню (*лёгачныя малюскі*, водныя *млекакормячыя*);

3) жывёлы назапашваюць кісларод паветра (падводныя званы павука *серабранкі*), а пры недахопе кіслароду пераходзяць у неактыўны стан — анабіёз, ці на анаэробныя, г. зн. без удзелу кіслароду, умовы абмену рэчываў.

Некаторыя жывёлы маюць як паветранае, так і воднае дыханне (*лёгачныя малюскі*, *двайкадыхаючыя рыбы* і інш.).

**Салявы рэжым** гідрасферы вызначаецца ўтрыманнем у вадзе разнастайных мінеральных рэчываў — карбанатаў, сульфатаў, хларыдаў. У залежнасці ад колькасці раствораных солей вылучаюць *прэсныя* (да 0,5 г/л), *саланаватыя* (0,5—16 г/л), *марскія* (16—47 г/л) і *перасоленыя* (47—350 г/л) воды. Для гідрабіёнтаў найбольшае значэнне маюць хларыды натрыю, магнію і серы, а таксама сульфат магнію, раствораны ў вадзе.

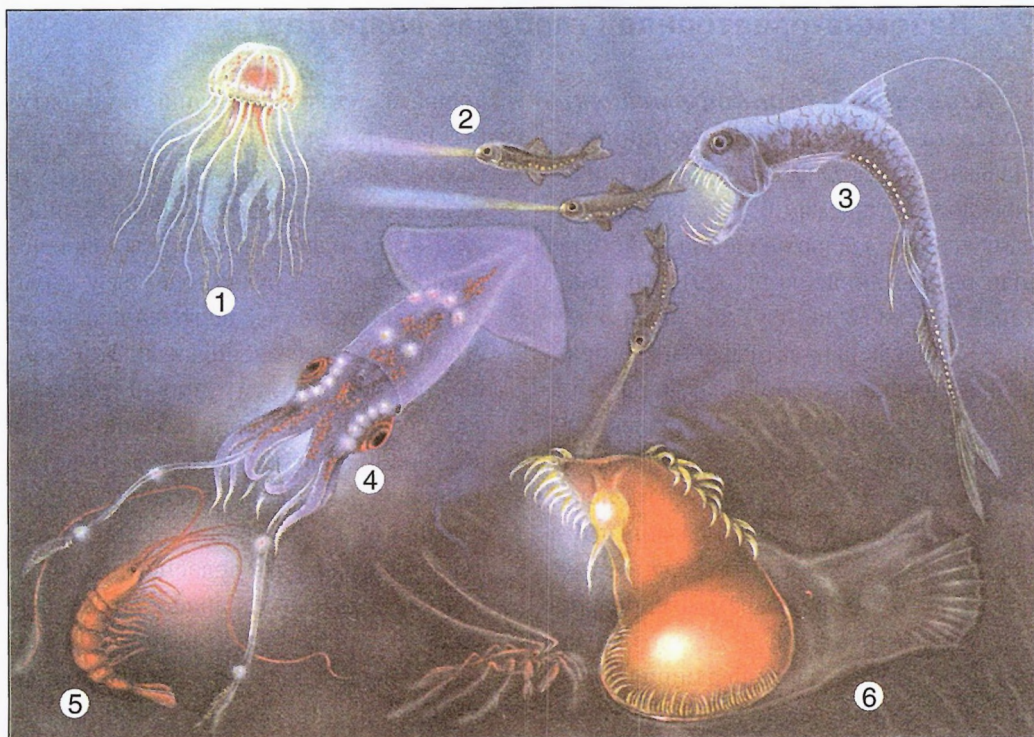
**Спецыфічныя адаптацыі арганізмаў у водным асяроддзі.** Арганізмы ў водным асяроддзі размеркаваны па ўсёй яго тоўшчы (жывёлы выяўлены на глыбінях каля 10 000 м). Натуральна, што на розных глыбінях яны зведваюць розны ціск вады.

Адаптацыяй да здабывання ежы, узважанай у тоўшчы вады, з'яўляецца *фільтрацыйны* спосаб харчавання, уласцівы толькі водным жывёлам. Да фільтратараў належаць двухстворкавыя малюскі (*бяззубка*, *мідыя*, *вустрыца* і інш.), ракападобныя (*дафнія*), рыбы (*селядзец*, *белы і пярэсты таўсталобікі*), кітападобныя (*бяззубыя кіты*).



У цёмных глыбінях акіяна ў якасці крыніцы зрокавай інфармацыі арганізмы выкарыстоўваюць святло, якое самі выпраменьваюць. Свячэнне жывога арганізма атрымала назву **біялюмінесцэнцыі** (мал. 67). Яна характэрна для многіх відаў водных жывёл, бактэрый, грыбоў, пратыстаў. Светлавая сігнал пры біялюмінесцэнцыі могуць служыць для арыентацыі ў чарадзе, прыцягнення асобін іншага полу, для маскіроўкі і адцягнення ўвагі.





Мал. 67. Жывёлы, якія свецяцца: 1 — медуза; 2 — анчоўсы; 3 — рыба-дракон; 4 — глыбакаводны кальмар; 5 — глыбакаводная крэветка; 6 — глыбакаводная рыба-вудзільшчык

Змена ўмоў у водным асяроддзі адбіваецца на паводзінах арганізмаў. Так, са змяненнем тэмпературы, асветленасці, салёнасці і іншых фактараў звязаны вертыкальныя і гарызантальныя міграцыі жывёл — (напрыклад, нераставыя, зімавальныя і нагульныя міграцыі многіх відаў рыб).

Змена ўмоў у водным асяроддзі адбіваецца на паводзінах арганізмаў. Так, са змяненнем тэмпературы, асветленасці, салёнасці і іншых фактараў звязаны вертыкальныя і гарызантальныя міграцыі жывёл — (напрыклад, нераставыя, зімавальныя і нагульныя міграцыі многіх відаў рыб).



**1.** Якія асноўныя ўласцівасці вады як асяроддзя пражывання? **2.** Назавіце лімітуючыя фактары воднага асяроддзя. Адказ растлумачце. **3.** Якія адаптацыі выпрацавалі для жыцця ў вадзе планктонныя арганізмы? **4.** Якім чынам гідрабіёнты вырашаюць праблему абмежаванасці рэсурсаў кіслароду ў вадаёмах? **5.** Найбольшая колькасць відаў водных жывёл пражывае ў морax і акіянах, меншая — у прэснай вадзе. Як вы лічыце, якімі прычынамі гэта абумоўлена?





## 27. Наземна-паветранае і глебавае асяроддзе

### *Агульная характарыстыка наземна-паветранага асяроддзя.*

Наземна-паветранае асяроддзе пражывання арганізмаў больш складанае, чым воднае, і адрозніваецца найбольшай разнастайнасцю экалагічных фактараў. Тут, на мяжы двух абалонак Зямлі — атмасферы і літасферы, — пражывае пераважная большасць раслін і жывёл. Асаблівасці іх месцапражыванняў вызначаюцца фізіка-геаграфічнымі і кліматычнымі (светлавы рэжым, вільготнасць паветра і глебы, ваганні тэмпературы, рух паветраных мас — вецер) фактарамі, рэльефам мясцовасці, характарам грунту і г. д. Да таго ж усе гэтыя фактары адрозніваюцца большай ці меншай зменлівасцю на працягу сутак і пары года.

Галоўнай асаблівасцю наземна-паветранага асяроддзя з'яўляецца тое, што яго насельнікі акружаны паветрам. У адрозненне ад вады яно мае нізкую шчыльнасць і, як вынік, малую пад'ёмную сілу, нязначную апорнасць і нізкую супраціўляльнасць пры руху арганізмаў. Таму наземныя арганізмы жывуць ва ўмовах параўнальна нізкага і пастаяннага атмасфернага ціску.

Паветра мае нізкую ўдзельную цеплаёмкасць. Таму яно хутка награвецца і гэтак жа хутка ахалоджваецца. Напрыклад, у пустыні Сахара дзённая спякота можа змяніцца начнымі замарозкамі. З другога боку, над морамі і

акіянамі сутачныя ваганні тэмпературы паветра, як правіла, невялікія, паколькі на працягу сутак тэмпература воднай паверхні змяняецца нязначна.

Лёгкія паветраныя масы адрозніваюцца вялікай рухомасцю як у гарызантальным, так і ў вертыкальным напрамках. Гэта садзейнічае падтрыманню на пастаянным узроўні газавага саставу паветра. Вялікая і пастаянная колькасць кіслароду (21 %) у паветры забяспечвае высокі ўзровень абмену рэчываў у наземных арганізмаў. Але з курса географіі вы ведаеце, што ў гарах паветра разрэджанае і ўтрымлівае мала кіслароду. Па гэтай прычыне мяжой распаўсюджвання пазваночных жывёл лічыцца вышыня 4600 м над узроўнем мора.

Ускосны ўплыў паветра на арганізмы ажыццяўляецца ветрам, які можа змяняць тэмпературны рэжым і вільготнасць той ці іншай мясцовасці, аказваць механічнае ўздзеянне на расліны. Часта моцныя вятры, якія дзьмуць у адным напрамку, выгінаюць ствалы і галіны дрэў у падветраны бок. Прыкладам можа служыць «флаговая» форма кроны хвойных дрэў (мал. 68).

Наземна-паветранае асяроддзе мае розныя рэжымы вільготнасці: ад амаль 100-працэнтнага і пастаяннага насычэння паветра вадзяной парай у вільготных трапічных лясах да прак-

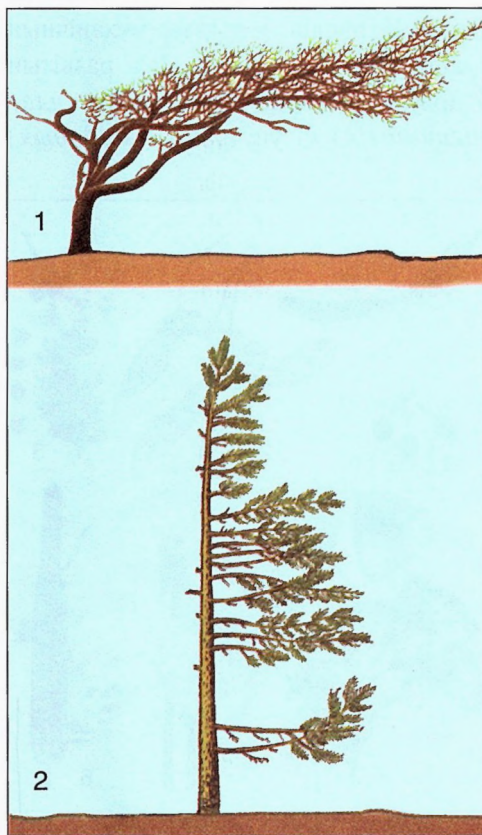


тычна поўнай яе адсутнасці ў паветры пустынь. Вільготнасць паветра мяняецца таксама на працягу сутак і сезонаў года. Вільгаць на сушы з'яўляецца абмежавальным фактарам, таму вільгацелюбівыя жывёлы (напрыклад, *слізнякі*) вымушаны пераходзіць да начнога ладу жыцця, выкарыстоўваць кароткачасовыя перыяды павышанай вільготнасці.

Розныя спалучэнні тэмпературы, вільготнасці, воблачнасці, ападкаў, сілы і напрамку ветру ля зямной паверхні ствараюць розныя пагодныя ўмовы, якія аказваюць комплекснае ўздзеянне на жывыя арганізмы і іх згуртаванні. У розных геаграфічных раёнах складаюцца асаблівыя, характэрныя толькі для іх пагодныя ўмовы, што фарміруюць клімат мясцовасці.

Для большасці наземных арганізмаў, асабліва дробных, важны не столькі клімат раёна, колькі ўмовы іх непасрэднага месцапражывання. Вельмі часта мясцовыя элементы асяроддзя (расліннасць, рэльеф і інш.) так мяняюць тэмпературу, асветленасць, вільготнасць, рух паветра на канкрэтным участку, што ён значна адрозніваецца ад тыповых кліматычных умоў усёй мясцовасці. Напрыклад, тэмпература паветра на павернутым да поўдня баку дрэва можа быць на 10—15 °С вышэйшай, чым на паўночным. Рэзка адрозніваюцца вышэйназваныя кліматычныя фактары ў лесе і на адкрытых прасторах,

а зімой на адкрытых участках глебы і пад снегам, пад слоём апалага лісця, у норах, дуплах і да т. п. Такія лакальныя асаблівасці клімату ў канкрэтным месцапражыванні называюцца **мікракліматам**. Наяўнасць у адной мясцовасці ўчасткаў з розным мікракліматам забяспечвае сумеснае існаванне шматлікіх відаў раслін і жывёл, якія маюць неаднолькавыя патрабаванні да знешняга асяроддзя.



Мал. 68. «Флагавая» форма хвойных дрэў:  
1 — сасны; 2 — елкі



**Адаптацыі арганізмаў да пражывання ў наземна-паветраным асяроддзі.** У насельнікаў наземна-паветранага асяроддзя ў ходзе эвалюцыі выпрацаваліся спецыфічныя марфалагічныя, фізіялагічныя, паводзінскія і іншыя віды прыстасавальных рэакцый.

Ва ўмовах нізкай шчыльнасці і малой пад'ёмнай сілы паветра насельнікі сушы павінны мець добра развітую апорную сістэму, якая падтрымлівае цела. У раслін — гэта механічныя і апорныя тканкі, асабліва развітыя ў дрэў, а ў жывёл — вонкавыя (членістаногія) ці ўнутраныя (хордавыя)



Мал. 69. Адаптацыі раслін да рассялення ветрам: 1 — ліпа; 2 — клён; 3 — бяроза; 4 — падвей; 5 — дзюмухавец; 6 — рагоз

шкілеты. Некаторыя групы жывёл (круглыя і кольчатыя чэрві) маюць гідрашкілет. Адсутнасць выштурхоўвальнай сілы і наяўнасць гравітацыі накладваюць абмежаванні на максімальныя памеры і масу цела ў пазваночных жывёл. Самыя буйныя жывёлы сушы (слон — да 5 т) саступаюць у памерах і масе гігантам воднага асяроддзя (сіні кіт — да 150 т).

Нізкая супраціўляльнасць паветра садзейнічала прагрэсіўнай эвалюцыі апорна-рухальных сістэм наземных жывёл. Так, здольнасцю да палёту валодаюць каля 75 % відаў наземных жывёл — гэта пераважна насякомыя і птушкі, а таксама некаторыя млекакормячыя (лятучыя мышы), паўзуны і амфібіі (віртуозна планіруючыя дрэўныя дракончыкі і некаторыя квакшы).

Вялікая рухомасць паветра выкарыстоўвалася некаторымі наземнымі арганізмамі (ці асобнымі стадыямі іх развіцця) для рассялення з дапамогай паветраных патокаў (цысты пратыстаў, маляўкі павукоў, некаторыя насякомыя, споры, насенне і плады раслін). Па аналогіі з воднымі планктоннымі арганізмамі, у якасці прыстасаванняў да пасіўнага лунання ў паветраных патоках, насякомыя выпрацавалі падобныя адаптацыі — невялікія памеры цела, разнастайныя нарасці, якія павялічваюць адносную паверхню цела ці некаторых яго частак. Плады і насенне раслін (мал. 69), што распаўсюджваюцца ветрам, таксама





маюць дробныя памеры, розныя на-расці — крылаткі, лютчкі, шматлікія валаскі, якія павялічваюць іх здольнасць да планіравання.

Разнастайныя прыстасаванні маюць наземныя арганізмы для захавання вільгаці. Напрыклад, у насякомых цела надзейна абаронена ад страты вільгаці шматслойнай хіцінізаванай кутыкулай, у вонкавым слоі якой змяшчаюцца тлушчы і воскападобныя рэчывы. Падобныя водазберагальныя адаптацыі развіты і ў паўзуноў (рагавое покрыва). У раслін гэта ажыццяўляецца за кошт змяншэння выпарвальнай паверхні лісця, здольнасці да рэгуляцыі выпарвання вільгаці праз вусцейкі, наяўнасці тоўстай кутыкулы і шматслойнага таўстасценнага эпідэрмісу.

Выпрацаваная ў наземных жывёл здольнасць да ўнутранага апладнення зрабіла іх незалежнымі ад наяўнасці воднага асяроддзя.

Такая перавага наземнага асяроддзя, як высокая колькасць кіслароду ў атмасферным паветры, была выкарыстана жывёламі для павышэння інтэнсіўнасці абмену рэчываў. Менавіта для наземных жывёл (птушак і млекакормячых) характэрна **цэпакроўнасць**, якая забяспечыла ім магчымасць павышэння інтэнсіўнасці жыццядзейнасці. Незалежнасць абмену рэчываў ад ваганняў тэмпературы знешняга асяроддзя пашырыла іх магчымасці да рассялення.

**Глебавае асяроддзе пражывання.** Глеба — гэта рыхлы паверхневы слой зямной кары, які непасрэдна кантактуе з атмасферай. Яна ўтварылася ў выніку выветрывання горных парод, дзейнасці жывых арганізмаў, гніення арганічных астаткаў і перамешвання атрыманых рэчываў.

У процілегласць цвёрдым горным пародам глеба ўяўляе сабой не аднафазную, а складаную трохфазную сістэму, у якой цвёрдыя часцінкі акружаны паветрам і вадой. Глеба пранізана шматлікімі поласцямі, запоўненымі сумессю газаў і воднымі растворамі, у выніку чаго ў ёй ствараюцца разнастайныя ўмовы, спрыяльныя для жыцця мікра- і макраарганізмаў. У глебе, у параўнанні з прыземным слоём паветра, згладжаны тэмпературныя ваганні, а на глыбіні 1 м амаль не адчуваюцца нават сезонныя змяненні тэмпературы.

Колькасць вады ў глебе можа вар'іраваць у шырокіх межах. Калі ўсе поласці і шчыліны запоўнены свабоднай капельнай вадой, умовы пражывання глебавых арганізмаў будуць блізкімі да тых, якія маюцца ў водным асяроддзі. У сухой глебе застаецца толькі плевачная вада, што ўтрымліваецца паверхняй глебавых часцінак, ці парападобная вільгаць, а ўмовы пражывання нагадваюць наземна-паветранае асяроддзе.

Самы верхні гарызонт глебы змяшчае арганічныя рэшткі і прадукты іх гніення, што ўтвараюць **перагной**



(ці гумус), ад якога залежаць састаў і структура глебы, а таксама прадукцыйнасць раслін. Размешчаны пад ім сярэдні слой захоўвае вымытыя атмасфернымі ападкамі з верхняга гарызонту мінеральныя рэчывы. Ніжні слой прадстаўлены мацярынскай пародай.

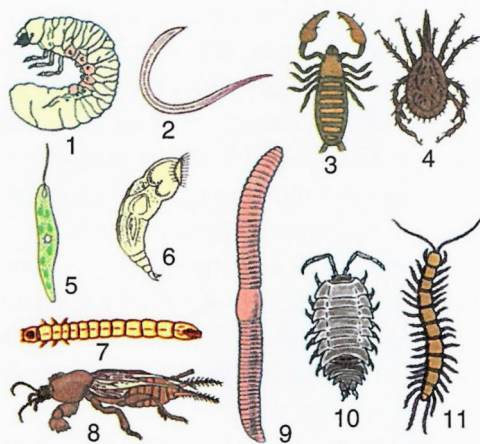
Састаў глебавага паветра рэзка мяняецца з глыбінёй: канцэнтрацыя кіслароду зніжаецца, а вуглякіслага газу ўзрастае. Пры затапленні глебы ці інтэнсіўным гніенні арганічных рэшткаў узнікаюць бескіслародныя зоны.

Такім чынам, глеба, па сутнасці, з'яўляецца пераходным асяроддзем пражывання, якое аб'ядноўвае асаблівае воднае і наземна-паветранае асяроддзё жыцця. З наземна-павет-

раным глебавае асяроддзе збліжаюць рэзкія ваганні тэмпературы на мяжы асяроддзяў, абмежаваная колькасць вады ў паверхневым слоі і інш. З вадным глебавае асяроддзе аб'ядноўваюць больш стабільны тэмпературны рэжым і абмежаваная колькасць кіслароду.

**Адаптацыі арганізмаў да жыцця ў глебе.** Глебавае асяроддзе багатае на разнастайныя ўмовы для жыцця розных груп жывых істот (мал. 70). Так, дробныя глебавыя жывёлы (*прасцейшыя*, *калаўроткі*, *нематоды* і інш.) насяляюць поры і поласці, запоўненыя вадой, і фактычна застаюцца ваднымі жывёламі. Аднак глебавыя формы намнога драбнейшыя за прэснаводныя (часам у 10 разоў) і адрозніваюцца здольнасцю доўга знаходзіцца ў стане **цысты**, чакаючы, пакуль скончацца неспрыяльныя для актыўнага жыцця перыяды.

Для больш буйных жывёл з паветраным дыханнем (*кляшчоў*, *насякомых*, *мнаганожак* і інш.) глеба — гэта сістэма дробных пачор. Яны поўзаюць па сценах глебавых поласцей пры дапамозе канечнасцей з кіпцюркамі ці чэрвепадобна выгінаючыся. Насычанае вадзяной парай глебавае паветра дае ім магчымасць дыхаць праз покрыва цела. Асноўным спосабам выратавання ад ваганняў вільготнасці паветра для іх з'яўляецца перамяшчэнне ўглыб. Перыяды затаплення глебы вадой многія дробныя членістаногія перажываюць у пу-



Мал. 70. Насельнікі глебы: 1 — лічынка хрушча майскага; 2 — круглы чарвяк; 3 — ілжэскарпіён; 4 — гамазавы клешч; 5 — жгуціканосец; 6 — калаўротка; 7 — лічынка шчаўкуна; 8 — мядзведка; 9 — дажджавы чарвяк; 10 — макрыца; 11 — мнаганожка



зырках паветра, якое затрымліваецца вакол цела жывёл дзякуючы іх нязмочвальнаму покрыву і слізі.

Больш буйныя глебавыя жывёлы, такія, як лічынкі *хрушча*, *дажджавыя чэрві*, пры перамяшчэнні пераносяць моцнае супраціўленне з боку глебы, таму ў іх выпрацаваліся прыстасаванні для рассоўвання глебавых часцінак шляхам выгінання цела, выкарыстання сківіц, скурна-мускульнага мяшка ці гідрашкілета (*круглыя чэрві*).

Некаторыя сярэднія паводле памераў (*мядзведкі*) і буйныя глебавыя жывёлы (*краты*, *слепакі*) выпрацавалі эфектыўны спосаб перамяшчэння ў глебе — рыццё. Знешні выгляд гэтых жывёл адлюстроўвае іх прыстасаванасць да рыючага падземнага ладу жыцця (мал. 71). Напрыклад, у крата малень-



Мал. 71. Крот

кія вочы, часам схаваныя пад скурай. Цела кампактнае з кароткай шыяй, кароткае густое футра, дужыя капальныя канечнасці з моцнымі кіпцюрамі.

Такім чынам, кожнае з чатырох асяроддзяў жыцця мае свае асаблівасці, да якіх прыстасаваны жывыя арганізмы, што там пражываюць.



**1.** Дакажыце, што з экалагічнага пункту гледжання наземна-паветранае асяроддзе больш разнастайнае і менш стабільнае, чым воднае. **2.** Па якіх асноўных напрамках ідзе фарміраванне прыстасаванняў у наземных раслін і жывёл? **3.** Пры прасоўванні ў глебе лічынак насякомых, дажджавых чарвей за імі застаецца адкрыты ход, што пагражае павелічэннем выпарвання і праследаваннем драпежнікаў. Якія існуюць прыстасаванні жывёл да экалагічна больш выгаднага спосабу перамяшчэння ў глебе? **4.** Якія падобныя прыстасаванні да жыцця на сушы ўзніклі ў жывёл і раслін, а таксама ў пазваночных і членістаногіх жывёл? **5.** Якія падобныя прыстасаванні маюцца ў водных і глебавых арганізмаў?

## 28. Жывыя арганізмы як асяроддзе жыцця

*Асаблівасці экалагічных умоў унутранага асяроддзя гаспадары.* Выкарыстанне аднымі жывымі арганізмамі іншых у якасці асяроддзя

пражывання — шырока распаўсюджаная ў прыродзе з'ява. Нават прымітыўныя аднаклетачныя арганізмы (*бактэрыі*, *цыянабактэрыі*, *пра-*



тысты) маюць сужыцеляў, часцей за ўсё спецыялізаваных паразітаў. Практычна няма ніводнага віду шматклетачных арганізмаў, якія не мелі б унутраных насельнікаў. Пры гэтым, чым вышэйшы ўзровень арганізацыі гаспадароў і чым большая ступень дыферэнцыяцыі іх тканак і органаў, тым больш разнастайныя ўмовы яны могуць прапанаваць сваім сужыцелям. Разнастайнасць умоў службы перадумовай разнастайнасці відаў экта- і эндапаразітаў. У прыродзе ў якасці паразітаў часцей за ўсё сустракаюцца мікраарганізмы (*вірусы, бактэрыі, грыбы*) і адносна прымітыўныя аднаклетачныя эўкарыёты. Па меры ўскладнення арганізацыі раслін і жывёл іх здольнасць да паразітызму змяншаецца. Сімбіёз (паразітызм і мутуалізм) найбольш характэрны для кветкавых раслін і пазваночных жывёл, клеткі і тканкі якіх з'яўляюцца асяроддзем пражывання многіх тысяч відаў сімбіёнтаў.

Паразіты пражываюць у асаблівых экалагічных умовах унутранага асяроддзя гаспадара, дзе яны **пастаянна забяспечаны ежай** за кошт змесціва клетак, сокаў і тканак гаспадара ці змесціва яго кішэчніка. Багатая і лёгкадаступная ежа службыць асноўнай умовай хуткага росту і развіцця паразітаў.

У кішачным тракце буйных пазваночных жывёл паразіты могуць дасягаць велічэзных памераў у параўнанні з іх вольнажывучымі суродзічамі.



Так, *стужачнік шырокі і цэпень бычыны* — гіганты сярод плоскіх чарвей, якія дасягаюць у даўжыню 8—10 м, тады як іх самыя буйныя вольна жывучыя трапічныя сваякі не перавышаюць 60 см. Памеры большасці вольна жывучых інфузорый складаюць 50—100 мкм, а інфузорый, што жывуць у страўніку буйной рагатай жывёлы, *ласеў, аленяў*, дасягаюць 200—500 мкм і нават 2—3 мм.

Практычна неабмежаваныя харчовыя рэсурсы служаць для паразітаў надзейнай умовай высокай інтэнсіўнасці размнажэння.

Выключна важнай экалагічнай перавагай для насельнікаў жывых арганізмаў з'яўляецца іх **абароненасць ад уздзеяння неспрыяльных фактараў знешняга асяроддзя**. У арганізме гаспадара яго сужыцелям практычна не пагражаюць рэзкія ваганні тэмпературы, значныя змяненні слявога рэжыму, недахоп вільгаці, небяспека знішчэння драпежнікамі і да т. п.

Поруч са спрыяльнымі ўмовамі ўнутраныя сужыцелі жывых арганізмаў сутыкаюцца і з некаторымі цяжкасцямі. Гэта **абмежаванасць жыццёвай прасторы** для ўнутрыклетачных і тканкавых насельнікаў, **складанасць забеспячэння кіслародам, цяжкасць распаўсюджвання адной асобіны гаспадара да іншай**, а таксама **абаронная рэакцыя арганізма гаспадара супраць таго ці іншага паразіта**.

Асяроддзе пражывання паразітаў абмежавана не толькі ў прасторы, але і ў часе (жыццём гаспадара).



Гаспадар выступае для сваіх насельнікаў як разнастайнае асяроддзе, што адрозніваецца наяўнасцю ў розных тканках і органах розных арганічных рэчываў, ферментаў, кіслароду, а таксама іх функцыянальнай актыўнасцю. Яго сужыцелі прыстасаваліся да жыцця ў пэўных органах і тканках (напрыклад, толькі ў страўніку, печані ці лёгкіх у жывёл, толькі на падземных органах, лісці ці пладах у раслін). Часта яны аднесены да пэўнага ўзроставага ці фізіялагічнага стану гаспадара.

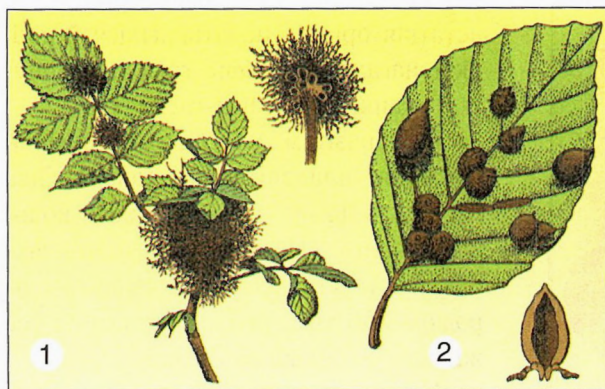


У ходзе эвалюцыі паміж паразітамі і іх гаспадарамі выпрацаваліся асаблівыя ўзаемаадносіны, пры якіх агрэсіўная абвостранасць паразітаў пастаянна натываецца на абарончую вынаходлівасць гаспадароў. Гэта прымушала гаспадароў пастаянна шукаць новыя стратэгіі самаабароны, у адваротным выпадку ім пагражала б гібель. Такое спаборніцтва за выжыванне заўсёды мела і мае глыбокі біялагічны сэнс, паколькі ў процістаянні пара-

зітам у жывёл і раслін з'яўляліся ўсё новыя прыстасавальныя рэакцыі, што прыводзіла да ўзнікнення новых відаў.

Здольнасць жывых арганізмаў процістаяць уздзеянню з боку паразіта атрымала назву **актыўнага імунітэту**. Напрыклад, у крыві гаспадара выпрацоўваюцца спецыфічныя бялковыя рэчывы — **антыцелы**, якія прыгнятаюць дзеянне паразітаў. У шэрагу выпадкаў арганізм гаспадара адказвае на ўварванне паразіта разрастаннем тканак, што яго акружаюць. Пры гэтым у раслін утвараюцца своеасаблівыя капсулы, ці **галы**, якія ізаляюць паразіта (мал. 72). Часам такая ізаляцыя прыводзіць да гібелі паразіта.

**Адаптацыі да жыцця ў іншым арганізме — да паразітызму.** У паразітаў выпрацаваліся шматлікія прыстасаванні да паразітавання ў выглядзе марфалагічных, анатамічных і фізіялагічных асаблівасцей будовы і



Мал. 72. Галы на лісці: 1 — шыпшыны; 2 — бука; 3 — дуба





функцыянавання ўнутры арганізмаў раслін і жывёл. Да найбольш важных прыстасаванняў належаць наступныя.

1. Наяўнасць **органу прымацавання** (прысоскаў, зачэпаў, кручкоў, кіпцікаў і да т. п.), якія забяспечваюць сувязь паразіта з арганізмам гаспадара. Яны даюць магчымасць прымацоўвацца і ўтрымлівацца на целе ці ў органах гаспадара.

2. Наяўнасць у паразітаў **абарончага покрыва** (кутыкулы і інш.), якое перашкаджае іх ператраўліванню стрававальнымі ферментамі гаспадара.

3. Недахоп ці амаль поўная адсутнасць кіслароду ў тканках і страўнікава-кішачным тракце арганізма-гаспадара прыводзіць да пераходу паразітаў на **бескіслародны тып абмену рэчываў**. Неабходная для жыццядзейнасці паразітаў энергія вызваляецца за кошт брадзжэння. Невысокая эфектыўнасць энергетычнага абмену гэтага тыпу кампенсуецца практычна невычэрпнымі запасамі вугляводаў, па-

стаўшыком якіх з'яўляецца ежа гаспадара, і адсутнасцю трат энергіі на рух (пошук ежы, сховішчаў і г. д.).

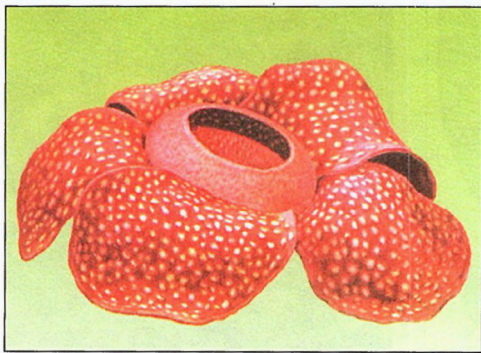
4. Спрыяльныя ўмовы ўнутранага асяроддзя гаспадара прыводзяць да **спрашчэння арганізацыі і працэсаў жыццядзейнасці** паразітаў (у тым ліку да спрашчэння нервовай сістэмы і страты некаторых органаў пачуццяў). Спрашчаецца кішэчнік (*круглыя чэрві*) альбо цалкам рэдукуецца стрававальная сістэма, і раствораныя пажыўныя рэчывы ўсмоктваюцца ўсёй паверхняй цела (*стужачныя чэрві*).

У многіх паразітаў рэдукуюцца канечнасці, органы дыхання, руху, страваваюцца крылы (напрыклад, у *вошай* і *блох*).

У раслін-паразітаў адсутнічаюць (ці моцна рэдукаваны) карані, страчана здольнасць да фотасінтэзу, скарачаны набор ферментаў. Больш таго, у трапічнай кветкавай расліны *рафлезіі* (мал. 73) захавалася толькі гіганцкая кветка (да 1 м у дыяметры), а ўсе астатнія органы ператварыліся ў ніці, якія нагадваюць гіфы грыба, агорнутыя тканкамі расліны-гаспадара.

5. Паразітам уласціва **надзвычай высокая пладавітасць**. Такая з'ява атрымала назву «закону вялікай колькасці яец». Напрыклад, *чалавечая аскарыда* ўтварае і выдзяляе ў сярэднім 250 тыс. яец за суткі, а за ўсё жыццё — больш за 35 млн.

Пераважная большасць яец паразітаў гіне ад неспрыяльных умоў ася-



Мал. 73. Рафлезія





роддзя, таму толькі велізарная плада-вітасць павялічвае шансы паразіта на выжыванне і завяршэнне жыццёвага цыклу.

Прыстасаванні да памнажэння патомства ў шэрага паразітаў праяўляюцца ў выглядзе асаблівай формы палавога размнажэння — **партэнагенезу** (развіццё арганізма з неаплодненай яйцаклеткі — *дафніі, тлі, пчолы*) і бясплага размнажэння (*пачкаванне, фрагментацыя* і інш.). Гэта прыводзіць да чаргавання пакаленняў — палавога і бясплага.

**6. Змена гаспадароў** у жыццёвым цыкле паразіта: у цэле асноўнага гаспадара жывуць дарослыя асобіны, якія размнажаюцца палавым спосабам; у прамежковым гаспадары развіваецца лічынка і можа адбывацца бясплае размнажэнне. Гэта прыстасаванне перашкаджае празмернаму назапашванню паразітаў у арганізме гаспадара і яго гібелі (што прыводзіць да гібелі і

саміх паразітаў), а таксама садзейнічае іх рассяленню.

**7.** Пры наяўнасці ў жыццёвым цыкле паразітаў стадый развіцця з выхадам у вонкавае асяроддзе ў іх развіваецца шэраг абаронных прыстасаванняў — тоўстыя і шматслойныя абалонкі яец (*гельмінты*), цысты (*кішачныя амёбы*), што дае магчымасць паразітам пераносіць неспрыяльныя ўмовы жыцця па-за гаспадаром.

**8.** Змена форм размнажэння, г. зн. узнікненне **гермафрадытызму** (*плоскія чэрві*), які забяспечвае размнажэнне нават пры наяўнасці адзінай асобіны.

Такім чынам, наяўнасць значнай колькасці спецыфічных адаптацый робіць паразітаў залежнымі ад вузкага кола гаспадароў і пазбаўляе гаспадароў магчымасці аператыўна адаптавацца да ўмоў асяроддзя пражывання, якія мяняюцца. Гэта акалічнасць вызначае высокі ўзровень ваганняў у часе колькасці многіх паразітаў.



**1.** Якія экалагічныя асаблівасці асяроддзя жыцця паразіта? **2.** Асяроддзе пражывання паразітаў абмежавана ў часе (жыццём гаспадара). Як вырашаецца гэта праблема ў прыродзе? **3.** Як жывыя арганізмы могуць процістаяць уздзеянню з боку паразітаў? **4.** Якія існуюць адаптацыі да жыцця ў іншым арганізме — да паразітызму?

## 29. Экалагічныя фактары

Упершыню на сувязь жывых арганізмаў з фактарамі навакольнага асяроддзя звярнуў увагу нямецкі вучоны-біёлаг Э. Гекель. У 1866 г. ім быў

прапанаваны тэрмін «экалогія» — навука аб адносінах жывых арганізмаў і іх згуртаваннях між сабой і з навакольным асяроддзем.



А асобныя ўласцівасці ці часткі асяроддзя, якія ўздзейнічаюць на арганізмы і выклікаюць у іх прыстасавальныя рэакцыі (адаптацыі), былі названы **экалагічнымі фактарамі**. Яны могуць быць неабходнымі ці, наадварот, шкоднымі для жывых істот, садзейнічаць ці перашкаджаць іх выжыванню і размнажэнню.

Экалагічныя фактары асяроддзя разнастайныя. Па паходжанні і асаблівасцях уздзеяння на жывыя арганізмы яны дзеляцца на тры групы.

*Абіятычныя* фактары ўяўляюць сабой прамыя ці ўскосныя ўздзеянні розных элементаў нежывога асяроддзя. Да іх адносяцца святло, тэмпература, радыеактыўнае выпраменьванне, ціск, вільготнасць паветра і глебы, салявы і газавы саставы вады, паветра, механічны састаў глебы, яе фізічныя і хімічныя ўласцівасці, вецер, цяжэнні, рэльеф мясцовасці і шмат іншае.

*Біятычныя* фактары ўключаюць усе формы ўздзеяння жывых істот адна на адну. Кожны арганізм заўсёды адчувае прамы ці ўскосны ўплыў іншых істот, уступаючы ў сувязь з прадстаўнікамі розных відаў раслін, жывёл, грыбоў, бактэрый, залежыць ад іх і сам аказвае на іх пэўнае ўздзеянне. Так, напрыклад, расліны з'яўляюцца крыніцай корму для многіх жывёл, выдзяляюць у працэсе фотасінтэзу кісларод, неабходны для дыхання большасці жывых арганізмаў розных царстваў, фарміруюць для іх асяроддзе

пражывання. Жывёлы з'ядаюць, апыляюць і распаўсюджваюць насенне і плады раслін. Шмат жывёл з'яўляюцца драпежнікамі, паразітамі, каменсаламі. Вялікая роля бактэрый і грыбоў у глебаўтваральных працэсах. Жывыя арганізмы ўступаюць паміж сабой у разнастайныя формы адносін. З самымі галоўнымі з іх вы ўжо пазнаёміліся пры вывучэнні параграфу 15—17.

*Антрапагенныя фактары* — гэта ўсе формы дзейнасці чалавечага грамадства, якія мяняюць прыроду як асяроддзе пражывання жывых арганізмаў ці непасрэдна ўплываюць на іх жыццё. Уздзеянне чалавека як біялагічнага віду можна было б аднесці да біятычных фактараў. Аднак па спецыфічных формах уздзеяння (свядомая змена асяроддзя і жывых арганізмаў) і па маштабах наступстваў уплыў чалавека заслугоўвае вылучэння ў асобную групу.

Узаемадзеянне чалавечага грамадства і прыроды стала адной з важнейшых праблем сучаснасці, паколькі стан, які складаецца ў адносінах чалавека з прыродай, часта становіцца крытычным: вычэрпваюцца запасы прэснай вады, пагаршаецца стан глеб, воднага і паветранага басейнаў, адбываецца апустыньванне агромністых тэрыторый. Антрапагенныя змены закранулі практычна ўсе экасістэмы планеты, газавы састаў атмасферы, энергетычны баланс Зямлі. У ходзе прамысловай і сельскагаспадарчай дзей-





насці чалавека ў асяроддзе трапляюць тысячы відаў хімічных злучэнняў, з многімі з якіх прырода раней не сутыкалася. Гэта ўздзеянне можна прыраўнаваць да з'яўлення новых магутных абіятычных фактараў. У цяперашні час лёс расліннага покрыва Зямлі і ўсіх сягоння існуючых відаў арганізмаў практычна знаходзіцца ў руках чалавечага грамадства, залежыць ад яго ўплыву на біясферу.

Большасць экалагічных фактараў — тэмпература, вільготнасць, на-яўнасць ежы, драпежнікаў, паразітаў, канкурэнтаў і г. д. — адрозніваюцца значнай зменлівасцю ў часе і прастору. Ступень зменлівасці кожнага фактара залежыць ад асаблівасцей асяроддзя пражывання. Напрыклад, тэмпература моцна вар'іруе на паверхні сушы, але даволі пастаянная ў ніжніх гарызонтах глебы, на дне акіяна ці ў глыбіні пячор. Паразіты млекакормячых жывуць ва ўмовах лішку ежы, у той час як для большасці драпежнікаў яе запасы мяняюцца ў адпаведнасці са зменай колькасці ахвяр. Змяненне фактараў асяроддзя назіраецца на працягу года і сутак, у залежнасці ад прыліваў і адліваў у акіяне, пры бурах, ліўнях, пахаладанні ці пацяпленні клімату, зарастанні вадаёмаў, асушэнні, арашэнні і г. д.

Адзін і той жа фактар асяроддзя мае рознае значэнне ў жыцці арганізмаў, якія жывуць сумесна. Напрыклад, салявы рэжым глеб адыгры-

вае першарадную ролю ў мінеральным жыўленні раслін, але нейтральны для большасці відаў наземных жывёл. Інтэнсіўнасць асвятлення і спектральны састаў святла выключна важныя ў жыцці фотатрофных бактэрый, пратыстаў і раслін, а ў жыцці гетэратрофных арганізмаў (грыбоў і водных жывёл) значэння не маюць.

Экалагічныя фактары дзейнічаюць на арганізмы па-рознаму. Яны могуць выступаць як **раздражняльнікі**, што выклікаюць прыстасавальныя рэакцыі арганізмаў (сонечнае святло і расліны); як **абмежавальнікі**, якія абумоўліваюць немагчымасць існавання арганізмаў у дадзеных умовах (напрыклад, пальмаў у Арктыцы); як **мадыфікатары**, што вызначаюць марфалагічныя і анатамічныя змены арганізмаў (напрыклад, агароднінная расада на паўднёвым акне больш моцная, прыземістая, чым на паўночным).

Механізм дзеяння розных экалагічных фактараў на арганізм мае свае асаблівасці. Так, абіятычныя фактары (святло, цяпло, вада, паветра) дзейнічаюць на расліны і жывёл праз абмен рэчываў. Напрыклад, зніжэнне ці павелічэнне тэмпературы асяроддзя прыводзіць да змянення інтэнсіўнасці абмену рэчываў практычна ва ўсіх жывых арганізмаў. Пры гэтым дзеянне абіятычных фактараў аднабаковае, г. зн. арганізм можа да іх адаптавацца, але, як правіла, не ў стане аказваць на іх істотны адваротны ўплыў.



Дзеянне біятычных фактараў прыныцава іншае, паколькі арганізмы ўплываюць адзін на аднаго. Напрыклад, драпежнік вылучаецца шэрагам прыстасаванняў, якія даюць яму магчымасць хутка і эфектыўна лавіць ахвяру. Але і ахвяра мае шматлікія прыстасаванні, што дапамагаюць ёй пазбегнуць злову. У дадзеным выпадку адбываецца сумесная эвалюцыя

(каэвалюцыя) арганізмаў розных відаў, якія жывуць у пэўных умовах асяроддзя.

Такім чынам, на ўсе жывыя арганізмы ўздзейнічаюць разнастайныя паводле прыроды інтэнсіўнасці і перыядычнасці фактары асяроддзя. Яны жывуць толькі ў тых асяроддзях, да якіх змаглі прыстасавацца ў працэсе эвалюцыі.



**1.** На якія групы падраздзяляюцца экалагічныя фактары? У чым выяўляецца ўздзеянне кожнай з гэтых груп? **2.** Чым тлумачыцца вылучэнне антрапагенных фактараў у асобную групу? **3.** Прывядзіце прыклады антрапагенных фактараў, якія паводле ўздзеяння блізкія да прыродных біятычных фактараў. **4.** Якая характэрная асаблівасць дзеяння біятычных фактараў? **5.** Прывядзіце прыклады адаптацый у раслін і жывёл. Прыстасаваннямі да якіх фактараў яны з'яўляюцца?

### 30. Заканамернасці ўздзеяння фактараў асяроддзя на арганізм

*Рэакцыя арганізмаў на ўплыў абіятычных фактараў.* Уздзеянне фактараў асяроддзя на жывы арганізм даволі разнастайнае. Адны фактары аказваюць моцны ўплыў, другія дзейнічаюць слабей; адны ўплываюць на ўсе бакі жыцця, іншыя — на пэўны жыццёвы працэс. Тым не менш у характары іх уздзеяння на арганізм і ў рэакцыях жывых істот у адказ можна выявіць шэраг агульных заканамернасцей, якія ўкладваюцца ў нейкую агульную схему дзеяння фактараў асяроддзя на жыццядзейнасць арганізма.

На малюнку 74 па восі абсцыс адкладзена інтэнсіўнасць (ці «доза») фактару (напрыклад, тэмпература, асветленасць, рН ці вільготнасць глебы, канцэнтрацыя солей у глебавым растворе і г. д.), а па восі ардынат — рэакцыя арганізма на ўздзеянне экалагічнага фактару ў яго колькасным выражэнні (напрыклад, хуткасць росту, інтэнсіўнасць фотасінтэзу ці дыхання, прадукцыйнасць і г. д.), г. зн. ступень спрыяльнасці фактару. Пры дзеянні практычна любога фактару на арганізм (напрыклад, тэмпературы на хуткасць росту раслін) атрымліваецца





купалападобная крывая: па меры павелічэння тэмпературы да нейкай велічыні хуткасць росту раслін узрастае, дасягаючы максімальнага значэння, а затым зніжаецца (мал. 75).

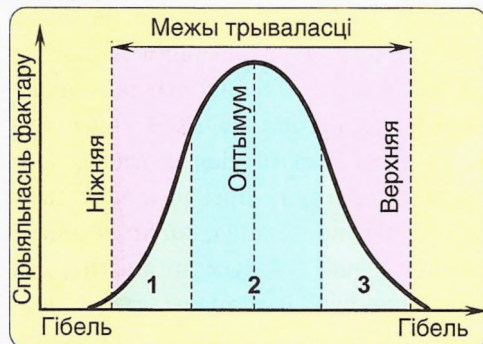
Дыяпазон дзеяння экалагічнага фактара абмежаваны двума *парогавымі* пунктамі, што адпавядаюць яго мінімальнай і максімальнай велічыням, за межамі якіх арганізмы гінуць. Гэтыя пункты называюцца ніжняй і верхняй **межамі трываласці (талерантнасці)** жывых арганізмаў у адносінах да канкрэтнага фактара асяроддзя.

Пункт на восі абсцыс, які адпавядае найлепшым паказчыкам жыццядзейнасці арганізма, называецца *аптымальным* ці **оптымумам**. Для большасці арганізмаў вызначыць аптымальнае значэнне фактара з дастатковай дакладнасцю бывае цяжка, таму прынята гаварыць пра **зону оптымуму**. Справа і злева ад яе знаходзіцца вобласць тэмператур, пры якіх расліны растуць даволі добра. Таму яна называецца **зонай нармальнай жыццядзейнасці**. Крайнія ўчасткі крывой, якія выражаюць стан прыгнечання арганізма пры недахопе (злева) ці лішку (справа) фактара, называюць **зонамі (абласцямі) песімуму ці стрэсу**.

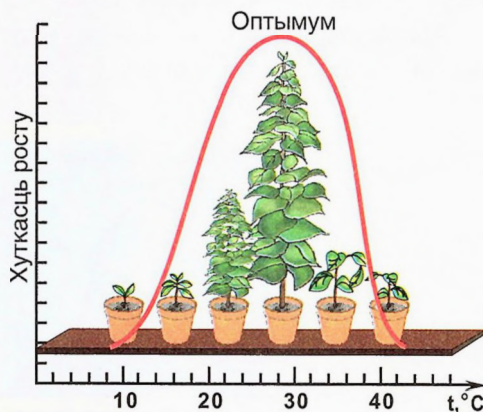
Падобная заканамернасць рэакцыі арганізмаў на ўздзеянне экалагічных фактараў дае магчымасць разглядаць яе як фундаментальны біялагічны прынцып: **для кожнага віду раслін і**

**жывёл існуе оптымум, зона нармальнай жыццядзейнасці, песімум і межы трываласці ў адносінах да кожнага фактара асяроддзя.**

Розныя віды жывых арганізмаў прыметна адрозніваюцца адзін ад аднаго як паводле становішча оптыму-



Мал. 74. Дзеянне фактараў асяроддзя на жыццядзейнасць арганізмаў: 1,3 — зоны прыгнятання (песімум); 2 — зона нармальнай жыццядзейнасці



Мал. 75. Залежнасць хуткасці росту раслін ад тэмпературы

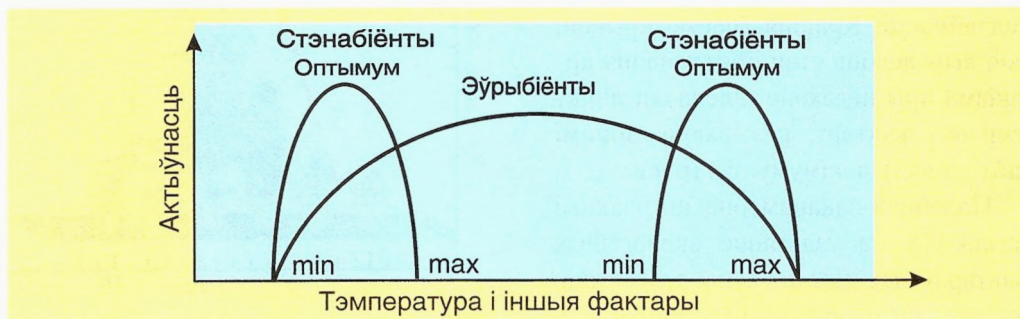


му, так і паводле меж трываласці. Напрыклад, пясцы ў тундры могуць пераносіць ваганні тэмпературы паветра ў дыяпазоне каля  $80^{\circ}\text{C}$  (ад  $+30$  да  $-+55^{\circ}\text{C}$ ). Наадварот, некаторыя рачкі з трапічных мораў вытрымліваюць змяненні тэмпературы вады ў інтэрвале не больш за  $6^{\circ}\text{C}$  (ад  $+23$  да  $+29^{\circ}\text{C}$ ). Адны лугавыя травы аддаюць перавагу глебе з вузкім дыяпазінам кіслотнасці  $\text{pH} = 3,5 - 4,5$  (напрыклад, *верас звычайны*, *шчаўе малое* — яны служаць індыкатарамі кіслых глеб), другія добра растуць пры шырокім дыяпазіне  $\text{pH}$  (напрыклад, *сасна звычайная*). У сувязі з гэтым арганізмы, для існавання якіх неабходны строга вызначаныя, адносна пастаянныя ўмовы асяроддзя, называюцца *стэнабіёнтнымі* (грэч. *stenós* — вузкі, *biōn* — які жыве), а тыя, якія жывуць у шырокім дыяпазіне зменлівасці ўмоў асяроддзя, — *эўрыбіёнтнымі* (грэч. *eurýs* — шырокі, *biōn*) (мал. 76).

Арганізмы аднаго і таго ж віду могуць мець вузкую амплітуду ў ад-

носінах да аднаго фактару і шырокую — да другога (напрыклад, прыстасаванасць некаторых відаў раслін да шырокага дыяпазіну асветленасці і вузкага дыяпазіну кіслотнасці глебы). Акрамя таго, адна і тая ж доза фактару можа быць аптымальнай для аднаго віду раслін ці жывёл, песімальнай для другога і выходзіць за межы трываласці для трэцяга.

Здольнасць арганізмаў прыстасоўвацца да пэўнага дыяпазіну зменлівасці фактараў асяроддзя называецца **экалагічнай пластычнасцю**. Гэта асаблівасць з'яўляецца адной з важнейшых уласцівасцей усяго жывога: рэгулюючы сваю жыццядзейнасць у адпаведнасці са змяненнямі ўмоў асяроддзя, арганізмы набываюць магчымасць выжываць і пакідаць патомства. Значыць, эўрыбіёнтныя арганізмы з'яўляюцца экалагічна больш пластычнымі, вынослівымі, што садзейнічае іх шырокаму распаўсюджванню. Стэнабіёнтныя арганізмы, наадварот, адрозніваюцца слабай экала-



Мал. 76. Экалагічная пластычнасць відаў





гічнай пластычнасцю і, як вынік, звычайна маюць абмежаваныя зоны распаўсюджвання.

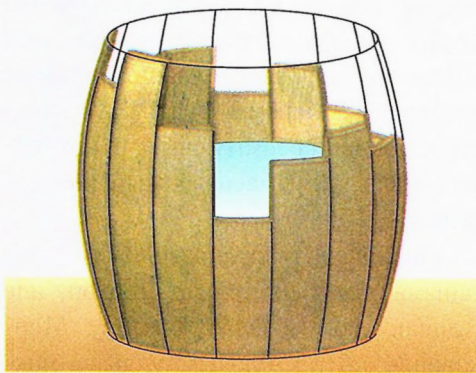
**Узаемадзеянне экалагічных фактараў. Лімітуючы фактар.** Экалагічныя фактары ўздзейнічаюць на жывы арганізм сумесна і адначасова. Пры гэтым дзеянне аднаго фактара залежыць ад таго, з якой сілай і ў якім спалучэнні дзейнічаюць у гэты ж час іншыя фактары. Гэта заканамернасць атрымала назву **ўзаемадзеяння фактараў**. Напрыклад, спякота ці мороз лягчэй пераносяцца людзьмі пры сухім, а не пры вільготным паветры. Хуткасць выпарвання вады лісцем раслін — транспірацыя — значна вышэйшая пры высокай тэмпературы паветра і ветры, чым у бязветранае халаднаватае надвор'е.

У некаторых выпадках недахоп аднаго фактара часткова кампенсуецца ўзмацненнем іншага. Напрыклад, адна і тая ж інтэнсіўнасць фотасінтэзу можа быць дасягнута павелічэннем асветленасці (пры нізкай канцэнтрацыі  $\text{CO}_2$ ) ці — пры слабай асветленасці — павышэннем канцэнтрацыі  $\text{CO}_2$ . У Арктыцы працяглы светлавы дзень летам кампенсуе недахоп цяпла.

Разам з тым ніводзін з неабходных арганізму экалагічных фактараў не можа быць цалкам заменены іншым. Напрыклад, адсутнасць святла робіць жыццё раслін немагчымым, нягледзячы на самыя спрыяльныя спалучэнні іншых умоў. Вось чаму, калі значэнне

хаця б аднаго з жыццёва неабходных фактараў асяроддзя набліжаецца да парогавай велічыні ці выходзіць за яго межы (ніжэй за мінімум ці вышэй за максімум), то, нягледзячы на аптымальнае спалучэнне астатніх умоў, арганізму пагражае гібель. Такія фактары называюцца **лімітуючымі** ці **абмежавальнымі**.

\*Паняцце аб лімітуючых фактарах было ўведзена ў 1840 г. нямецкім аграхімікам і фізіёлагам Ю. Лібіхам. Ён вывучаў уплыў хімічных элементаў глебы на рост і развіццё раслін. На падставе атрыманых даных вучоны сфармуляваў прынцып: «Рэчывам, якое знаходзіцца ў мінімуме, кіруецца ўраджай і вызначаецца велічыня і ўстойлівасць апошняга ў часе». Гэты прынцып вядомы пад назвай **правіла мінімуму Лібіха**. У якасці ілюстрацыі гэтага правіла часта паказваюць бочку, у якой дошкі, што ўтвараюць ба-



Мал. 77. «Бочка» Лібіха



кавую паверхню, маюць розную вышыню (мал. 77). Даўжыня самай кароткай дошкі вызначае ўзровень, да якога можна напоўніць бочку вадой. Можна сказаць, што даўжыня гэтай дошкі — лімітуючы фактар для колькасці вады, якую можна наліць у бочку. Даўжыня іншых дошак ужо не мае значэння.

Растлумачым правіла мінімуму прыкладам. Няхай у глебе змяшчаюцца ўсе элементы мінеральнага жыўлення, неабходныя для дадзенага віду расліны, акрамя аднаго з іх, напрыклад калію. Рост раслін на такой глебе будзе моцна прыгнечаны ці ўвогуле немагчымы. Калі ж унесці ў глебу патрэбную колькасць калію, то гэта прывядзе да інтэнсіўнага росту раслін і павелічэння ўраджаю. Але калі мы будзем уносіць любыя іншыя рэчывы ў аптымальнай колькасці, а калій будзе адсутнічаць у глебе, то гэта не дасць ніякага эфекту.

У сучасным уяўленні правіла мінімуму гаворыць: набліжаючыся да свайго мінімальнага значэння, неабходнага для падтрымання жыццядзейнасці арганізма, экалагічны фактар становіцца лімітуючым, г. зн. абмяжоўвае магчымасці выжывання арганізма.

Лімітаваць жыццядзейнасць арганізма можа не толькі недахоп, але і лішак якога-небудзь фактару. Меркаванне аб лімітуючым уплыве максімальнага значэння фактару было

выказана ў 1914 г. амерыканскім заолагам В. Шэлфардам, які сфармуляваў **закон талерантнасці** (лац. *tolerantia* — цярпенне). Згодна з гэтым законам **існаванне арганізма (віду) вызначаецца як недахопам, так і лішкам любога фактару, які мае ўзровень, блізкі да парогавога.**

З закону талерантнасці вынікае некалькі вывадаў, што маюць важнае значэнне для тлумачэння прычын распаўсюджвання і выжывання арганізмаў:

1) арганізмы могуць мець шырокі дыяпазон талерантнасці ў адносінах да аднаго экалагічнага фактару і нізкі ў дачыненні да другога;

2) арганізмы з шырокім дыяпазінам талерантнасці ў адносінах да ўсіх экалагічных фактараў звычайна найбольш распаўсюджаныя;

3) калі ўмовы па адным экалагічным фактары не аптымальныя для віду, то дыяпазон талерантнасці можа звужацца і ў адносінах да іншых экалагічных фактараў;

4) многія фактары асяроддзя становяцца лімітуючымі ў крытычныя перыяды жыцця арганізма, асабліва ў перыяд размнажэння. Межы талерантнасці для асобін, якія развіваюцца, яец, насення, эмбрыёнаў, праросткаў і лічынак звычайна вузейшыя, чым для дарослых раслін і жывёл.\*

Прырода лімітуючых фактараў можа быць рознай. Напрыклад, прыгнечанне росту травяністых раслін пад





густым полагам букавых лясоў. Там пры аптымальным цеплавым рэжыме, павышанай колькасці вуглякіслага газу ў паветры і мінеральных рэчываў у глебе развіццё траў абмяжоўваецца недахопам святла.

Лімітуючыя фактары асяроддзя вызначаюць таксама геаграфічныя арэалы віду. Так, прасоўванне віду на поўнач можа абмяжоўвацца недахопам цяпла, а ў раёны пустынь і стэпаў — недахопам вільгаці ці празмерна высокімі тэмпературамі паветра.

Фактарамі, якія абмяжоўваюць рас-

паўсюджванне арганізмаў, могуць быць і біятычныя адносіны. Напрыклад, знаходжанне на тэрыторыі больш моцнага канкурэнта ці недахоп насякомых-апыляльнікаў для кветкавых раслін, што часта назіраецца пад густым полагам яловых лясоў.

Выяўленне лімітуючых фактараў і ўстараненне іх дзеяння, гэта значыць аптымізацыя асяроддзя пражывання жывых арганізмаў, з'яўляецца важнейшай практычнай задачай павышэння ўраджайнасці культурных раслін і прадукцыйнасці свойскай жывёлы.



1. Які агульны характар уздзеяння на арганізм экалагічных фактараў?
2. Што такое экалагічная пластычнасць арганізма (віду)? У чым яе біялагічнае значэнне?
3. Прывядзіце прыклады відаў раслін і жывёл, якія ў адносінах да аднаго з фактараў з'яўляюцца эўрыбіёнтнымі, а ў дачыненні да другога — стэнабіёнтнымі?
4. У чым выяўляецца ўзаемадзеянне экалагічных фактараў? Прывядзіце прыклады.
- 5\*. Што такое лімітуючы фактар? Якое яго дзеянне на арганізм?
- 6\*. Ці існуе для кожнага віду адзін лімітуючы фактар альбо іх можа быць некалькі? Адказ абгрунтуйце.
- 7\*. Якія вывады можна зрабіць з закону талерантнасці Шэлфарда?

## 31. Святло і яго ўздзеянне на арганізм

*Святло ў жыцці арганізмаў.*  
Жывая прырода не можа існаваць без святла, паколькі сонечная радыяцыя з'яўляецца асноўнай крыніцай энергіі для падтрымання цеплага балансу нашай планеты і сінтэзу фотатрофных арганізмаў арганічных рэчываў. У выніку забяспечваецца фарміраванне асяроддзя, якое можа задаволіць жыццёвыя патрэбнасці ўсіх істот.

Біялагічнае дзеянне сонечнага святла залежыць ад працягласці яго ўздзеяння, інтэнсіўнасці, сутачнай і сезоннай перыядычнасці, а таксама ад спектральнага саставу. У экалагічных адносінах найбольшую значнасць уяўляе бачная вобласць спектра (390—710 нм), ці *фотасінтэтычна актыўная радыяцыя* (ФАР). Яна паглынаецца пігментамі хларапластаў



і тым самым мае вырашальнае значэнне ў жыцці раслін. Бачнае святло патрэбна зялёным раслінам для ўтварэння хларафілу, фарміравання хларапластаў і ўнутранай структуры ліста. Яно рэгулюе працу вусцейкаў, уплывае на газаабмен і транспірацыю, на дзяленне і расцяжэнне клетак, роставыя працэсы, вызначае тэрміны цвіцення і плоданашэння.

Святло для жывёл — необходимая ўмова зрокавай арыентацыі ў прасторы.

**Экалагічныя групы раслін паводле адносін да святла.** Светлавая рэжым любога месцапражывання залежыць ад геаграфічнай шыраты, вышыні над узроўнем мора, стану атмасферы, расліннасці, сезона і часу сутак. Вось чаму разнастайнасць светлавых умоў на планеце надзвычай вялікая: ад такіх моцна асветленых тэрыторый, як высакагор'і, пустыні, стэпы, да змрочнай асветленасці ў водных глыбінях і пячорах. У розных месцапражываннях адрозніваюцца не толькі інтэнсіўнасць святла, але і яго спектральны састаў, працягласць асвятлення, прасторавае і часовае размеркаванне святла рознай інтэнсіўнасці і г. д.

Паводле адносін да светлага рэжыму расліны падраздзяляюць на тры экалагічныя групы:

1) **святлолюбівыя**, ці **светлавыя**, — расліны адкрытых, добра асвятляемых месцапражыванняў (*сасна, вяз, лістоўніца, трыпутнік,*

*падбел, скопкі, расходнік едкі*), прыбярэжныя і водныя расліны з плаваючым лісцем (*гарлачык белы, гарлачык жоўты*), большасць культурных раслін адкрытага грунту і інш.;

2) **ценявыя** — расліны зацenenых месцапражыванняў: расліны ніжніх ярусаў ценістых лясоў (*папаратнікі, кісліца звычайная, майнік двухлісты*), водных глыбінь, расколін скал, пячор і г. д. Ценявымі з'яўляюцца многія пакаёвыя расліны. Усе яны дрэнна пераносяць моцнае асвятленне, працяўляючы пры гэтым відавочныя прыкметы прыгнечання;

3) **ценевынослівыя** — расліны, якія аддаюць перавагу дастаткова добра асвятленасці, але лёгка адаптуюцца да слабай. Да іх належыць большасць відаў зоны змешаных лясоў — *елка, граб, бук, ляшчына, бузіна, брусніцы, ландыш майскі* і інш.

**Адаптацыі раслін да светлага рэжыму.** Пад уплывам розных умоў асвятленасці ў раслін выпрацаваліся адпаведныя прыстасаванні (адаптацыі). Перш за ўсё яны датычацца велічыні ліставых пласцінак: у светлавых раслін яны звычайна больш дробныя, чым у ценявых. У святлалюбаў лісце звычайна арыентавана так, каб пазбегнуць лішкавага асвятлення і перагрэву. Ліставыя пласцінкі размешчаны вертыкальна ці пад вялікім вуглом да гарызантальнай плоскасці, так што днём лісце атрымлівае толькі прамяні, якія слізгаюць. Лісце ценя-



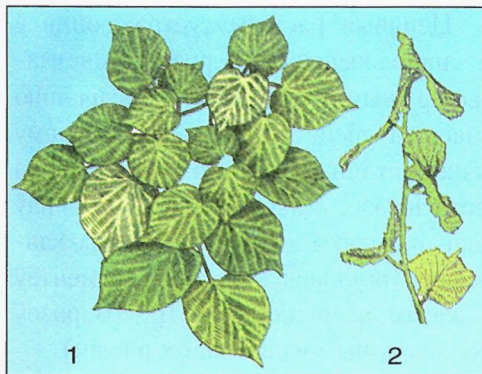


вых раслін, наадварот, размяшчаецца гарызантальна ў адносінах да святла. Для іх характэрна ўтварэнне **ліставой мазаікі** (мал. 78, 1), г. зн. дробнае лісце размяшчаецца паміж буйным і не зацяняе адно другога.

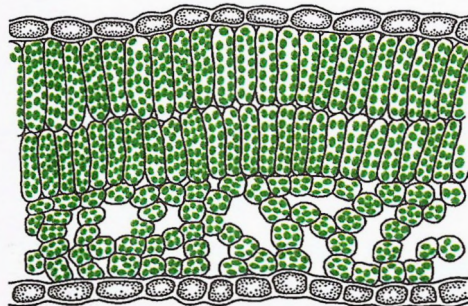
У многіх святлолюбівых раслін паверхня ліставой пласцінкі бліскачая, пакрытая светлым васковым налётам ці густа апушана. Усё гэта садзейнічае адбіццю сонечных прамянёў ці аслабленню іх дзеяння.

У ценявых раслін ліставая пласцінка тонкая, шырокая, што садзейнічае лепшаму пранікненню святла ў глыб ліста.

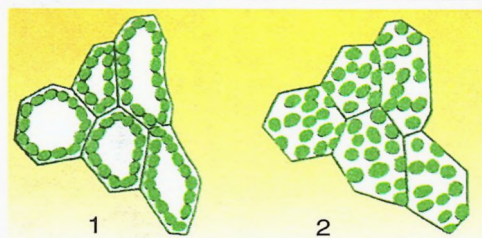
Светлавая і ценявая расліны маюць выразныя адрозненні паводле анатамічнай будовы і фізіялагічных асаблівасцей. Так, у светлавых раслін лісце менш складанае па форме з характэрнай дыферэнцыроўкай асноўнай тканкі на слупкавую і губчатую (мал. 79). Колькасць хларапластаў, якія прыходзяцца на адзінку плошчы ліставой пласцінкі, у некалькі разоў большая, чым у ценявых. Самі хларапласты больш дробныя і светлыя (з нізкім змяшчэннем хларафілу). Яны здольныя да змянення арыенціроўкі і перамяшчэння ў клетцы: пры яркім асвятленні хларапласты размяшчаюцца ўздоўж клетачнай сценкі і становяцца «рубам» у напрамку да сонечных прамянёў, што ахоўвае хларафіл ад разбурэння (мал. 80).



Мал. 78. Лістаразмяшчэнне ў ліпы ў розных умовах асвятлення: 1 — пад паголам лесу (ліставая мазаіка); 2 — на адкрытым месцы



Мал. 79. Анатамічная будова светлагага ліста вяза нізкага



Мал. 80. Змяненне становішча хларапластаў у клетках ліста раскітпры рознай асвятленасці: 1 — моцнае прамое святло; 2 — слабае рассеянае святло





Ценявыя расліны сустракаюцца ў месцапражываннях з розным светлавым рэжымам дзякуючы павелічэнню паверхні лісця, больш эфектыўнаму выкарыстанню слабага святла пры фотасінтэзе, павелічэнню памераў хларапластаў і канцэнтрацыі ў іх хларафілу (агульная колькасць пігментаў у адным хларапласце ў 5—10 разоў большая, чым у светлавых раслін).

\*Асабліва выразна змяненне саставу канцэнтрацыі пігментаў назіраецца ў водных раслін розных глыбін у сувязі са змяненнем спектральнага саставу святла. З нарастаннем глыбіні святло губляе аранжава-чырвоную частку спектра, а да вялікіх глыбін даходзяць пераважна зялёныя, блакітныя і сінія промні. У адпаведнасці з гэтым у раслін, што растуць на мел-



Мал. 81. Кураслеп лясны — расліна-эфемероід

каводзі, пераважаюць зялёныя пігменты (хларафілы *a* і *b*), у водарасцей, якія растуць глыбока, да іх далучаюцца бурыя пігменты (фукасантыны і інш.), а ў чырвоных водарасцей (яны сустракаюцца на глыбіні 100 м і болей) ёсць, акрамя таго, чырвоны пігмент фікаэрытрын. Гэта з'ява атрымала назву **храматычнай адаптацыі**.\*

Для раслін характэрны таксама і *сезонныя* адаптацыі да святла. На працягу вегетацыйнага перыяду асветленасць у лесе далёка не аднолькавая: непрацяглы светлы вясенні перыяд да распускання пупышак на дрэвах змяняецца глыбокім і доўгім летнім зацяненнем, і толькі восенню пасля лістападу зноў становіцца светла. Вясенні перыяд выкарыстоўваецца святлолюбівымі **эфемероідамі** (шматгадовымі травяністымі раслінамі з кароткім перыядам вегетацыі і доўгім спакоем). Яны прарастаюць і пачынаюць цвісці адразу ж пасля раставання снегу ў лесе, а да часу поўнага развіцця лісця на дрэвах і моцнага зацянення заканчваюць вегетацыю і страчваюць надземныя органы. Перыяд вымушанага летняга спакою эфемероіды перажываюць у выглядзе падземных органаў — цыбулін, клубняў, карэнішчаў (*цюльпан*, *пералеска*, *чубатка*, *кураслеп* — мал. 81).

Адносіны раслін да святла мяняюцца таксама з узростам. Як праві-





ла, усходы і маладыя расліны больш цэневынослівыя ў параўнанні з дарослымі. Напрыклад, маладыя дрэвы пад лагам лесу выносяць моцнае зацяненне і задавальваюцца значна больш нізкай асветленасцю, чым дарослыя дрэвы таго ж віду. Павышаная цэневынослівасць лугавых відаў траў і дрэвавых парод у пачатку іх жыццёвага цыкла садзейнічае ўзнаўленню кожнага віду ва ўмовах сакнутага расліннага покрыва.

**Роля святла ў жыцці жывёл.** Для жывёл сонечнае святло не з'яўляецца такім неабходным фактарам, як для раслін, паколькі яны існуюць за кошт энергіі, назапашанай раслінамі. Тым не менш у жыцці жывёл святло адыгрывае важную ролю, перш за ўсё як сродак арыентацыі. Пачынаючы з кішачнаполасцевых, практычна ва ўсіх жывёл маюцца святлоадчувальныя органы — вочы. Яны даюць магчымасць арыентавацца ў прасторы шляхам **фотатаксісу**: *дадатнага* (перамяшчэнне ў бок найбольшай асветленасці) і *адмоўнага* (перамяшчэнне ў зацenenныя месцы).

Жывёлы арыентуюцца з дапамогай зроку ў час далёкіх міграцый і пералётаў. Птушкі, напрыклад, з надзвычайнай дакладнасцю выбіраюць кірунак палёту, пераадолюючы часам многія тысячы кіламетраў ад гняздоўя да мясцін зімоўкі. Пры гэтым яны арыентуюцца пры дапамозе зроку па Сонцы і зорках. Такой жа здольнасцю валодаюць і некаторыя насякомыя, напрыклад пчолы. Многія жывёлы арыентуюцца па аб'ектах жывой і нежывой прыроды, валодаюць колераўспрыманням.

*Сезонная зменлівасць светлага рэжыму* аказвае ўплыў і на геаграфічнае распаўсюджванне жывёл. Так, некаторыя віды птушак і млекакормячых пасяляюцца на палярнай поўначы, а восенню, калі дзень скарачаецца, мігрыруюць на поўдзень. Летам у тундры збіраецца вялікая колькасць жывёл, якія пры багацці святла паспяваюць нават у такіх суровых кліматычных умовах закончыць размнажэнне. У той жа час у тундру амаль не трапляюць начныя драпежнікі — за кароткую летнюю ноч яны не могуць пракарміць ні сябе, ні патомства.



**1.** Ад чаго залежыць біялагічнае дзеянне сонечнага святла на расліны і раслінныя згуртаванні? Адказ абгрунтуйце. **2.** Якія адаптыўныя асаблівасці розных экалагічных груп раслін у адносінах да святла? **3.** Якія асаблівасці цэневынослівых раслін даюць ім магчымасць расці ў месцах з розным светлавым рэжымам? **4\*.** Чым адрозніваецца лісце часткі кроны ліпы (ці дуба), павернутага да лесу, ад лісця вонкавага боку дрэва, павернутага да паляны? Якія прычыны і біялагічны сэнс гэтых адрозненняў?



## 32. Цяпло як экалагічны фактар

**Тэмпературныя межы жыцця.** Тэмпература — адзін з важнейшых абіятычных фактараў. Яна дзейнічае ўсюды і пастаянна. Тэмпература вызначае магчымасць існавання, хуткасць развіцця большасці жывых істот, а таксама распаўсюджванне арганізмаў на нашай планеце. Любы арганізм здольны жыць у пэўным дыяпазоне тэмператур. Аднак некаторыя віды валодаюць спецыялізаванымі ферментамі і прыстасаваны да актыўнага існавання пры тэмпературах, што выходзяць за названыя межы.

Віды, прыстасаваныя да жыцця ў вобласці высокіх значэнняў тэмператур, адносяцца да экалагічнай групы **тэрмафілаў**. Тэрмафільнасць характэрна для многіх бактэрый, якія выклікаюць саманаграванне вільготнага зерня, цыянабактэрыі *асцылаторыі*, што насяляе тэрмальныя крыніцы Камчаткі з тэмпературай вады +85...+93 °С. Для большасці тэрмафільных жывёл тэмпературная мяжа звычайна не перавышае +55...+85 °С (*ракавінныя амёбы, кляшчы, лічынкі двухкрылых насякомых*).

Многія віды жывых істот захоўваюць актыўнасць ва ўмовах нізкіх тэмператур (ад 0 да –8 °С). Такія арганізмы адносяцца да экалагічнай групы **крыяфілаў** (грэч. *krýos* — холад, лёд, мороз, *phileo* — люблю). Крыяфілія характэрна для бактэрый, грыбоў, лі-

шайнікаў, членістаногіх, якія жывуць у тундры, арктычных і антарктычных пустынях, халодных палярных водах і да т. п.

**Пайкілатэрмныя і гамаятэрмныя арганізмы.** У пераважнай большасці відаў жывых істот тэмпература цела непасрэдна залежыць ад тэмпературы навакольнага асяроддзя, а іх актыўнасць — ад цяпла, якое паступае звонку. Такія арганізмы не здольны да актыўнай тэрмарэгуляцыі і называюцца **пайкілатэрмнымі (эктатэрмнымі)**. Гэта мікраарганізмы, расліны, беспазваночныя і большая частка пазваночных.

Толькі ў птушак і млекакормячых цяпло, якое выпрацоўваецца ў працэсе інтэнсіўнага абмену рэчываў, служыць дастаткова надзейнай крыніцай для падтрымання тэмпературы цела на пастаянным узроўні незалежна ад тэмпературы навакольнага асяроддзя. Гэтаму садзейнічае добрая цеплавая ізаляцыя, што ствараецца шэрсцю, апярэннем, тоўстым слоem падскурнай тлушчавай тканкі і інш. Такія арганізмы называюцца **гамаятэрмнымі (эндатэрмнымі, ці цеплакроўнымі)**. Уласцівасць эндатэрмнасці дае магчымасць многім відам жывёл (напрыклад, *пінгвінам, ластаногім, белым мядзведзям* і інш.) весці актыўны спосаб жыцця і размнажацца пры нізкіх тэмпературах.





Прыватны выпадак гамаятэрміі — **гетэратэрмія** — уласцівая жывёлам, якія ўпадаюць у неспрыяльны перыяд года ў спячку (*суслікі, вожыкі, кажаны, бурыя мядзведзі* і інш.). У актыўным стане ў іх пастаянная высокая тэмпература цела, а ў перыяд зімняй спячкі яна значна паніжаецца.

**Тэмпературныя адаптацыі раслін.** Для большасці наземных раслін аптымальнай з'яўляецца тэмпература  $+25...+30^{\circ}\text{C}$ . Пры гэтым значэнне мае не толькі абсалютная колькасць цяпла, але і размеркаванне яго ў часе, г. зн. **цеплавы рэжым**. Ён параўнаўча пастаянны на працягу ўсяго года толькі ў трапічных зонах. На поўнач і поўдзень сезонныя і сутачныя ваганні тэмператур узрастаюць па меры аддалення ад экватара.

Асноўныя шляхі адаптацыі да тэмпературных змяненняў асяроддзя ў раслін — гэта разнастайныя біяхімічныя, фізіялагічныя і некаторыя марфалагічныя перабудовы.

Да *фізіёлага-біяхімічных* прыстасаванняў раслін, якія згладжваюць шкодны ўплыў высокіх тэмператур, могуць быць аднесены: узмоцненая транспірацыя, пераход у стан **глыбокага спакою**, ці **анабіёзу**. У некаторых раслін уся вегетацыя зрушваецца на сезон з больш спрыяльнымі цеплавымі ўмовамі. Як ужо адзначалася, у пустынях і стэпах ёсць шмат відаў раслін (гл. с. 85), якія пачынаюць вегетацыю ранняй вясной і паспяваюць яе закон-

чыць да наступлення летняй спякоты. Яны перажываюць гарачы перыяд у стане летняга спакою ў выглядзе са-спелага да гэтага часу насення ці падземных органаў (цыбулін, клубняў ці карэнішчаў).

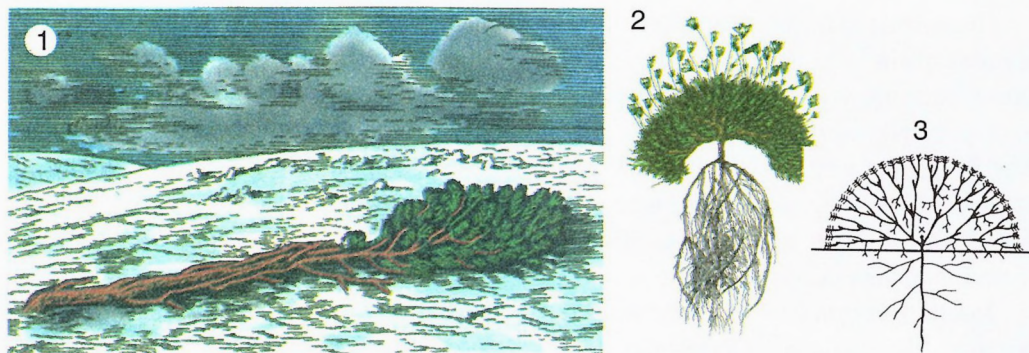
Прыкладам *фізіялагічнай* адаптацыі раслін да нізкіх тэмператур, якая не дапускае замярзання вады ў клетках, іх абязводжвання і механічнага пашкоджання, служыць павышэнне канцэнтрацыі растваральных вугляводаў (цукраў) у клетачным соку, што паніжае пункт замярзання вады.

*Марфалагічныя* адаптацыі, якія прадукуюць перагрэў, накіраваны на аслабленне патоку сонечнага святла, што падае на расліну. Гэта бліскучая паверхня, якая павышае адбіццё святла ці густое апушэнне лісця, што надае ім светлую афарбоўку, вертыкальнае размяшчэнне лісця, скручванне ліставых пласцінак у злакаў, а таксама змяншэнне ліставой паверхні (*калючкі*) і інш. Гэтыя ж асаблівасці будовы лісця зніжаюць страту раслінамі вады.

Да наступлення халоднага часу года расліны рыхтуюцца загадзя: у іх ападае лісце, а ў травяністых форм адміраюць надземныя органы, адбываецца ўтварэнне патоўшчанага корку ў сцябле і г. д.

Сярод марфалагічных адаптацый раслін да жыцця ў халодных шыротах важнае значэнне маюць невялікія памеры (карлікавасць) і асаблівыя формы росту. Вышыня карлікавых





Мал. 82. Формы раслін палярных і высакагорных абласцей: 1 — *кедровы сланік*; 2 — *вапнаўка* — расліна-падушка (3 — схема галінавання)

раслін (бязроза, вярба і інш.) звычайна адпавядае глыбіні снежнага покрыва, пад якім зімуюць расліны. Інакш усе часткі, што выступаюць над снегам, загінуць ад марозу. Падобная абарона характэрна і для сцелістых форм — **сланікаў** (*кедра, ядлоўцу, рабіны* і інш.) і **падушкападобных форм** (*вапнаўкі*), якія ўтвараюцца ў выніку ўзмацненага галінавання і надзвычай запаволенага росту парасткаў (мал. 82).

**Тэмпературныя адаптацыі жывёл.** У жывёл вылучаюцца тры асноўныя шляхі тэмпературных адаптацый:

1) *хімічная* тэрмарэгуляцыя — узмацненае ўтварэнне цяпла ў адказ на паніжэнне тэмпературы асяроддзя;

2) *паводзінская* тэрмарэгуляцыя — пазбяганне неспрыяльных тэмператур шляхам перамяшчэння ў прасторы і інш.;

3) *фізічная* тэрмарэгуляцыя — змяненне ўзроўню цеплааддачы, здоль-

насць захоўваць цяпло ці, наадварот, рассяйваць яго лішак.

Пайкілатэрмныя жывёлы, у ад-розненне ад гамаятэрмных, характарызуюцца больш нізкім узроўнем абмену рэчываў пры аднолькавай тэмпературы цела. Напрыклад, *пустынная ігуана* пры тэмпературы  $+37^{\circ}\text{C}$  спажывае кіслароду ў 7 разоў менш, чым грызуны такой жа масы. Па гэтай прычыне ў цэле пайкілатэрмных жывёл выпрацоўваецца мала цяпла, і, як вынік, магчымасць хімічнай і фізічнай тэрмарэгуляцыі мізэрная. Асноўным спосабам тэрмарэгуляцыі ў іх з'яўляюцца асаблівасці паводзін — перамена позы, актыўны пошук спрыяльных умоў за кошт змены мясцін пражывання, самастойнае стварэнне патрэбнага мікраклімату (будаванне гнёздаў, рыццё нораў і т. п.). Напрыклад, у моцную спёку жывёлы хаваюцца ў цені, затойваюцца ў норах.





Асабліваю цікавасць уяўляюць групавыя паводзіны жывёл у мэтах тэрмарэгуляцыі. Напрыклад, у Антарктыдзе *пінгвіны* ў моцны мароз і снежныя бураны збіваюцца ў цесную групу, якая нагадвае па форме «чарапаху». Пры гэтым асобіны, што апынуліся на перыферыі такога скопішча, праз некаторы час прабіваюцца ўнутр, і «чарапаху» марудна круціцца і перамяшчаецца. Унутры скопішча нават у самых моцных маразы падтрымліваецца тэмпература  $+37^{\circ}\text{C}$ .

Насельнікі пустынь вярблюды ў моцную спёку таксама збіваюцца разам для абароны маладняку ад перагрэву, паколькі ў цэнтры скопішча жывёл тэмпература захоўваецца на ўзроўні  $+39^{\circ}\text{C}$  (тэмпература цела), у той час як шэрсць на спіне і баках крайніх асобін награвецца да  $+70^{\circ}\text{C}$ .

Некаторыя пайкілатэрмныя жывёлы здольны падтрымліваць аптымальную тэмпературу цела за кошт працы мышцаў. У многіх лятаючых насякомых пры інтэнсіўнай мышачнай працы яна становіцца на  $15\text{—}20^{\circ}\text{C}$  вышэй за тэмпературу паветра. Так, у лятаючых *чмялёў* у гарах Каўказа на вышыні 2300 м над узроўнем мора пры тэмпературы паветра  $+4\text{—}8^{\circ}\text{C}$  яна дасягае  $+38\text{—}40^{\circ}\text{C}$ .

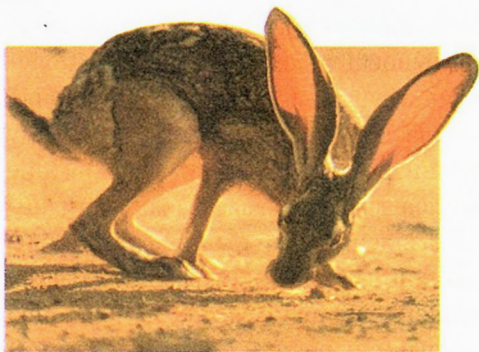
Гамаятэрмныя жывёлы дзякуючы высокай інтэнсіўнасці абмену рэчываў і выпрацоўцы значнай колькасці цяпла адрозніваюцца высокай здольнасцю да хімічнай тэрмарэгуляцыі, што асабліва важна пры дзеянні холаду. Павелічэнне цеплапрадукцыі можа дасягацца таксама шляхам павышэння спажывання ежы, акіслення бурага тлушчу, які служыць выключна крыніцай цяпла.

Фізічная тэрмарэгуляцыя ажыццяўляецца шляхам захавання цяпла ў целе жывёлы. Так, зніжэнне цеплаад-

дачы адбываецца дзякуючы звужэнню крывяносных сасудаў скуры, наяўнасці тлушчавага слою ў падскурнай клятчатцы, добра развітаму пёраваму або шэрснаму покрыву. Павелічэнне цеплааддачы адбываецца шляхам по-тааддзялення, выпарэння вільгаці пры дыханні (цеплавой задышкі), пашырэння капіляраў скуры, памяншэння гушчынні шэрснага або пёравага покрываў.

\*Важнае значэнне для падтрымання тэмпературнага балансу маюць суадносіны паверхні цела і яго аб'ёму, паколькі колькасць цяпла, якое выпрацоўваецца, залежыць ад масы жывёлы, а цеплаабмен ажыццяўляецца праз яго покрыва. Па меры ўзрастання масы цела яго ўдзельная паверхня памяншаецца. Заўважана, што віды цеплакроўных жывёл, якія жывуць у халодных кліматычных зонах, маюць большыя памеры цела, чым іх суродзічы з больш цёплых месцаў пражывання (правіла Бергмана). Бергман падкрэсліваў, што гэта заканамернасць праяўляецца толькі ў тым выпадку, калі блізкія віды не адрозніваюцца іншымі прыстасаваннямі да тэрмарэгуляцыі.

У млекакормячых Паўночнага паўшар'я назіраецца тэндэнцыя да змяншэння адносных памераў выступаючых частак цела (вушных ракавін, дзюбаў, хвастоў і канечнасцей), вялікая паверхня якіх выгадная толькі ва ўмовах спякотнага клімату паўднёвых шырот



Мал.83. Приклад правіла Алена

(правіла Алена) Так, вялікія вушы з сеткай крывяносных сасудаў служаць амерыканскаму *пустыннаму зайцу* тэрмарэгулятарамі (мал. 83).\*

Такім чынам, спалучэнне эфектыўных спосабаў хімічнай, фізічнай і паводзінскай тэрмарэгуляцыі дае магчымасць жывёлам падтрымліваць свой цеплавы баланс на фоне шырокіх ваганняў тэмпературы.



**1.** Якія існуюць адаптацыі ў раслін і жывёл да жыцця ва ўмовах спякотнага сухога клімату? халодных мясцін пражывання? **2.** Якія механізмы тэрмарэгуляцыі характэрны для пайкілатэрмных і гамаятэрмных жывёл? **3.** Растлумачце вынікі вопыту англічаніна Ч. Блэкдэна, які правёў 45 мін у сухой камеры пры тэмпературы  $+126^{\circ}\text{C}$  без шкоды для здароўя, у той час як кавалак мяса, што быў узяты ім з сабою ў камеру, зварыўся. **4\*.** Згодна з правілам Бергмана віды цеплакроўных жывёл паўночных шырот маюць большыя памеры цела, чым іх паўднёвыя суродзічы. Аднак ёсць прыклады, процілеглыя гэтаму правілу: самы буйны падвід белай курапаткі пражывае на поўдні ў лесастэпе, а самы дробны — у тундры. Чым, з вашага пункту гледжання, можна растлумачыць падобную з'яву?

### 33. Вільготнасць як экалагічны фактар

**Роля вады ў жыцці арганізмаў.** Вада з'яўляецца неабходнай умовай існавання ўсіх жывых арганізмаў на Зямлі. Значэнне вады вызначаецца тым, што яна з'яўляецца асноўным асяроддзем клеткі, дзе ажыццяўляюцца ўсе біяхімічныя працэсы, якія ляжаць у аснове яе жыццядзейнасці. Вада для раслін і жывёл служыць універсальным растваральнікам: у раствораным выглядзе транспартуюцца пажыўныя рэчывы, гармоны, выводзяцца з арганізма

шкодныя прадукты абмену і да т. п. Дзякуючы унікальным уласцівасцям вады забяспечваецца падтрыманне цеплавога балансу арганізма пры значных перападах тэмпературы ў навакольным асяроддзі. Вільготнасць аказвае ўплыў на распаўсюджванне раслін і жывёл як у межах абмежаванай тэрыторыі, так і ў шырокім геаграфічным маштабе, вызначаючы іх занальнасць (змену лясоў стэпамі, стэпаў — паўпустынямі і пустынямі).



Асаблівая роля вады ў жыцці наземных арганізмаў (асабліва раслін) заключаецца ў неабходнасці пастаяннага папаўнення яе страт з-за выпарэння. Вось чаму эвалюцыя наземных раслін і жывёл ішла ў кірунку прыстасавання да актыўнага здабывання і захоўвання вільгаці. Нарэшце, для многіх відаў арганізмаў вада — непасрэднае асяроддзе пражывання.

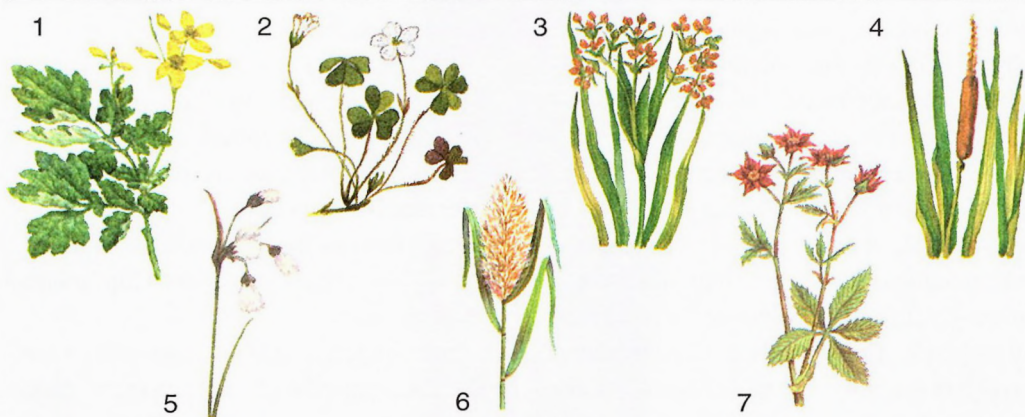
Увільготненасць месцапражывання і, як вынік, водазабеспячэнне наземных арганізмаў залежыць, перш за ўсё, ад колькасці атмасферных ападкаў, іх размеркавання паводле пораў года, наяўнасці вадаёмаў, узроўню грунтовых вод і да т. п.

Забяспечанасць вільгаццю розных геаграфічных раёнаў зямнога шара дала не аднолькавая. Так, у сухіх абласцях (пустынях, стэпах) расліны і жывёлы адчуваюць недахоп вільгаці

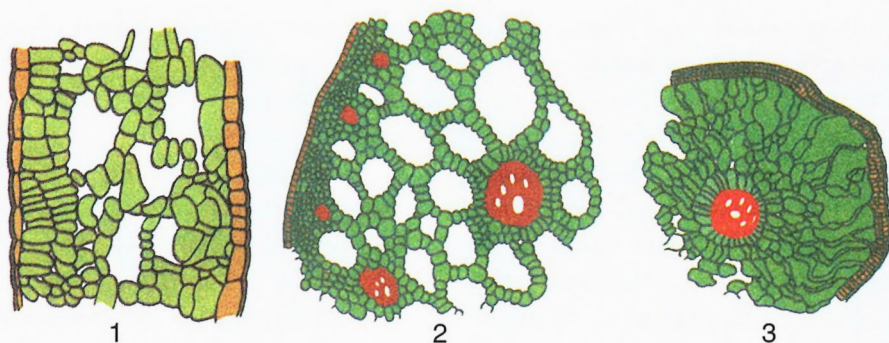
на працягу большай часткі вегетацыйнага сезона. Наадварот, у вільготных раёнах тропікаў і ў тундры недахопу ў вільгаці няма.

**Экалагічныя групы раслін у дачыненні да вільгаці.** Паводле суаднесенасці да месцапражывання ў розных умовах увільгатнення і паводле наяўнасці адпаведных прыстасаванняў ад розніваюцца тры асноўныя экалагічныя групы наземных раслін: гіграфіты, мезафіты, ксерафіты. Умовы водазабеспячэння істотна ўплываюць на іх знешні выгляд і ўнутраную арганізацыю.

**Гіграфіты** — расліны лішкава увільготненых месцапражыванняў з высокай вільготнасцю паветра і глебы. Для іх характэрна адсутнасць прыстасаванняў, якія абмяжоўваюць расход вады, і няздольнасць пераносіць нават невялікую яе страту. Найбольш тыповыя гіграфіты (мал. 84) — травя-



Мал. 84. Расліны-гіграфіты: 1 — чыстацел вялікі; 2 — кісліца звычайная; 3 — чарот лясны; 4 — рагоз шыракалісты; 5 — падвей шыракалісты; 6 — трыснёг звычайны; 7 — шабельнік балотны



Мал. 85. Аэрэнхіма (рыхлая тканка з сістэмай міжклетнікаў) на папярочных зрэзах вегетатывных органаў прыбярэжных раслін: 1 — ліст; 2 — сцябло; 3 — карань

ністыя расліны вільготных трапічных лясоў, прыбярэжныя віды (*трыснёг, чарот, рагоз*), расліны сырых лясоў (*чыстацел вялікі, кісліца звычайная*), сырых і вільготных лугоў, балот (*шабельнік балотны, асака, падвей*), некаторыя культурныя расліны (напрыклад, *рыс*).

Характэрныя рысы гіграфітаў — тонкія ліставыя пласцінкі з невялікай колькасцю шырока адкрытых вусцейкаў, рыхлая будова тканак ліста з буйнымі міжклетнікамі, а таксама развіццё ў многіх відаў паветраноснай парэнхімы — **аэрэнхімы** (мал. 85). Водаправодзячая сістэма (ксілема) развіта слаба, карані тонкія, слаба разгалінаваныя, часта без каранёвых валаскоў. Да фізіялагічных адаптацый гіграфітаў трэба аднесці нязначную водаўтрымальную здольнасць клетак і, як вынік, высокую інтэнсіўнасць транспірацыі, якая мала адрозніваецца ад фізічнага выпарэння. Лішкавая

вільгаць робіць цяжкім газаабмен, і, значыць, фотасінтэз, дыханне і ўсмоктвальную дзейнасць каранёў, таму выдаленне лішкаў вільгаці ўяўляе сабой барацьбу раслін за доступ паветра.

**Ксерафіты** — расліны сухіх мясцін пражывання, здольныя пераносіць працяглую засуху ў актыўным стане. Гэта расліны пустынь, сухіх стэпаў, саваннаў, сухіх субтропікаў, пясчаных дзюнаў і г. д.

Пастаянныя ці часовы недахоп вільгаці ў глебе пераадольваецца ксерафітамі наступнымі спосабамі:

- 1) эфектыўным здабываннем (ўсмоктваннем) вады;
- 2) эканомным яе расходаваннем;
- 3) здольнасцю пераносіць вялікае страты вады.

Інтэнсіўнае здабыванне вады з глебы ажыццяўляецца ксерафітамі дзякуючы добра развітай каранёвай сістэме. Паводле агульнай масы іх каранёвай сістэмы прыкладна ў 10, а часам і ў



300—400 разоў перавышаюць масу надземных частак. Даўжыня каранёў можа дасягаць 10—15 м і болей, што дае магчымасць раслінам выкарыстоўваць вільгаць глыбокіх глебавых гарызонтаў (мал. 86).

Эканомнае расходаванне вільгаці ксерафітамі забяспечваецца тым, што лісце ў іх дробнае, цвёрдае, з тоўстай кутыкулай і шматслойным таўстасценным эпідэрмісам, з вялікай колькасцю механічных тканак. Таму нават пры вялікай страце вады лісце не губляе пругкасці.

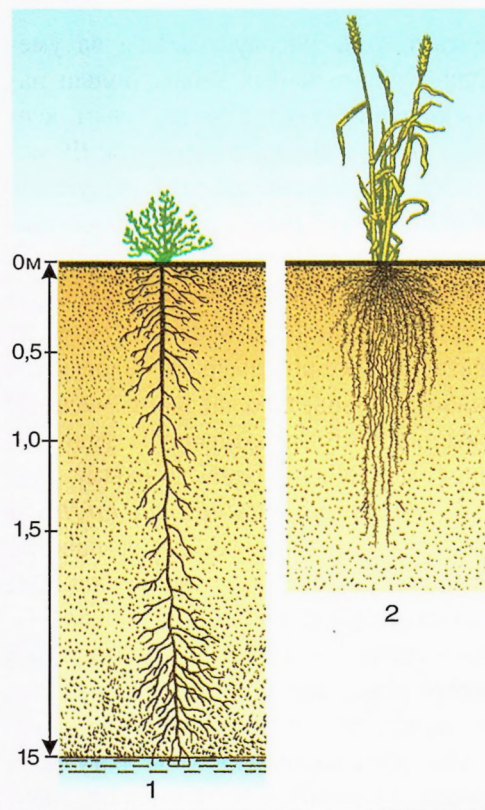
Да фізіялагічных адаптацый належаць высокая водаўтрымальная здольнасць клетак і тканак дзякуючы значнай долі звязанай вады ў агульным водным запасе, захаванне актыўнасці ферментаў пры глыбокім абязводжванні.

Ксерафіты з найбольш ярка выяўленымі ксераформнымі прыкметамі будовы лісця, якія пералічаны вышэй, маюць своеасаблівы знешні выгляд, за што атрымалі назву **склерафіты**.

Да групы ксерафітаў адносяцца і **сукуленты** (мал. 87) — расліны з сакавітым мясістым лісцем ці сцёблам, якія маюць моцна развітую ваданосную тканку. У адрозненне ад склерафітаў асноўны спосаб пераадольвання засухі ў сукулентаў — назапашванне вялікіх запасаў вады ў тканках (напрыклад, у буйных экзэмпляраў кактусаў — да 2—3 т вады) і вельмі эканомнае яе расходаванне. Гэта аказ-

ваецца магчымым дзякуючы абароне эпідэрмісу раслін васковым налётам. У дадатак нешматлікія вусцейкі сукулентаў днём звычайна закрыты. У выніку ўзровень транспірацыі ў іх надзвычай нізкі: у пустынях некаторыя віды кактусаў выпараюць у суткі ўсяго толькі 1—3 мг вады на 1 г сухой масы.

**Мезафіты** займаюць прамежкавае становішча паміж гіграфітамі і ксера-



Мал. 86. Розныя тыпы каранёвых сістэм пустынных раслін: 1 — вярблюджая калючка; 2 — злак





Мал. 87. Сукуленты

фітамі. Яны распаўсюджаны ва ўмерана ўвільготненых зонах, больш па-трабавальныя да вільгаці, чым ксерафіты, і менш, чым гіграфіты. Да мезафітаў належаць расліны лугоў, травяністага покрыва лясоў, лісцевыя дрэвы і кустоўі з абласцей умеранага клімату, а таксама большасць культурных раслін і пустазелля. Для мезафітаў характэрна высокая экалагічная пластычнасць, што дае магчымасць ім жыць у біятопах з шырокім дыяпазінам зменлівасці воднага рэжыму.

**Адаптацыі жывёл да воднага рэжыму.** Наземных жывёл паводле адносін да воднага рэжыму таксама можна падраздзяліць на тры экалагічныя групы — **гіграфілы**, **мезафілы** і **ксерафілы**, але яны выяўлены менш выразна, чым у раслін, у сувязі з рухомасцю жывёл. Спосабы рэгуляцыі воднага балансу ў іх, наадварот, значна больш разнастайныя, чым у раслін. Іх можна раздзяліць на паводзінскія, марфалагічныя і фізіялагічныя.

Да ліку *паводзінскіх* прыстасаванняў належаць: пошукі вадаёмаў (*антылопы*, табуны *коней* качуюць ад аднаго вадапою да іншага), выбар мясцін пражывання (многія жывёлы пустынных зон канцэнтруюцца ў азісах і рачных далінах) і часу сутачнай актыўнасці (напрыклад, *слізнякі* і *садовыя смаўжы* актыўныя ноччу і раніцай, калі яшчэ не высахла трава і высокая вільготнасць паветра), рыццё нор (у норах вільготнасць паветра набліжаецца да 100 %, што зніжае выпарэнне праз покрыва і эканоміць вільгаць у арганізме) і г. д.

Да *марфалагічных* спосабаў падтрымання воднага балансу належаць утварэнні, якія садзейнічаюць затрымання вады ў целе: адсутнасць скурных залоз і арагавенне покрыва ў паўзуноў, хіцінізаваная кутыкула ў насякомых і інш.

*Фізіялагічныя* прыстасаванні да рэгуляцыі воднага абмену можна раздзяліць на тры групы:





1) здольнасць шэрага відаў задавальвацца вільгацю, якая паступае з ежай (многія *насякомыя*, дробныя пустынныя *грызуны*);

2) здольнасць да эканоміі вільгаці ў стрававальным тракце за кошт усмоктвання вады сценамі задняга аддзела кішэчніка (*насякомыя*, усе наземныя *хордавыя*), а таксама ўтварэнне высокаканцэнтраванай мачы (*авечкі*, *тушканчыкі*);

3) здольнасць да эфектыўнай тэрмарэгуляцыі шляхам патааддзялення і аддачы вады са слізістых абалонак ротавай поласці (*сабакі*, *вярблюды*, *авечкі*).

Разам з тым нават пайкілатэрмныя жывёлы не могуць пазбегнуць страт вады, звязаных з выпарэннем. Асноўны шлях захавання воднага балансу пры жыцці ў пустыні для іх — гэта пазбяганне ўздзеяння высокіх тэмператур.



1. Для чаго і ў ходзе якіх працэсаў расходуюць ваду расліны і жывёлы? 2. Якія прыстасаванні даюць магчымасць раслінам засяляць лішкава ўвільготненыя і засушлівыя месцапражыванні? 3. Якія буйныя жывёлы сустракаюцца ў пустынях? Якія ў іх прыстасаванні да жыцця ва ўмовах пустынь?

## \*34. Біялагічныя рытмы і фотаперыядызм

*Перыядычнасць у развіцці жывых арганізмаў, звязаная з асаблівасцямі клімату.* Адною з важнейшых уласцівасцей жывой прыроды з'яўляецца цыклічнасць большасці працэсаў, што ў ёй адбываюцца. Усё жыццё на Зямлі падпарадкавана пэўным рытмам — з'явам прыроды, якія перыядычна паўтараюцца. Рытмы, рэгіструемыя ў жывым свеце, называюцца біялагічнымі.

**Біялагічныя рытмы** — гэта змяненні прыродных з'яў, фізіялагічных працэсаў і паводзін арганізмаў, якія перыядычна паўтараюцца. Біярытмы ўзніклі ў працэсе эвалюцыі раслін, жывёл і чалавека як прыстасаванні да такіх заканамерных пе-

рыядычных чаргаванняў прыродных з'яў, як змена часу сутак, сезонаў года, месячных фаз, прыліваў і адліваў і да т. п.

Прыродныя рытмы для любога арганізма можна раздзяліць на ўнутраныя (звязаныя з яго ўласнай жыццядзейнасцю) і знешнія (цыклічныя змяненні ў навакольным асяроддзі).

Да *ўнутраных* (ці фізіялагічных) належаць такія рытмы, перыядычнасць якіх не залежыць ад дзеяння фактараў знешняга асяроддзя (біенне сэрца, дыхальныя рухі, праца залоз унутранай сакрэцыі, дзяленне клетак, актыўнасць ферментаў). Пэўнаму рытму падпарадкоўваецца праца ўсіх клетак, тканак і органаў раслін і жы-



вёл. Пры гэтым кожная сістэма органаў мае свой уласны перыяд, змяніць які дзеяннем фактараў знешняга асяроддзя можна толькі ў вузкіх межах, а для некаторых працэсаў практычна немагчыма.

*Знешнія* біярытмы маюць геафізічную прыроду, паколькі звязаны з вярчэннем Зямлі вакол Сонца і сваёй восі, а таксама вярчэннем Месяца адносна Зямлі. Пад уплывам гэтага заканамерна, з пэўнай перыядычнасцю, змяняюцца такія экалагічныя фактары, як светлавая рэжым, тэмпература, вільготнасць і ціск паветра, адбываюцца акіянічныя прылівы і адлівы і да т. п. Амплітуда зменлівасці гэтых фактараў звязана з шыротнай прыналежнасцю таго ці іншага рэгіёна, яго аддаленасцю ад акіяна, у выніку чаго і сфарміраваліся кліматычныя зоны на нашай планеце.

Каб выжыць, арганізмы ў працэсе доўгай эвалюцыі развілі сістэмы ўспрымання перыядычных змяненняў у навакольным асяроддзі і выпрацавалі здольнасць адпаведным чынам змяняць свой фізіялагічны стан. Паўтаральнасць станаў арганізма можа ажыццяўляцца праз роўны прамежак часу, які называецца **перыядам**. Напрыклад, кожныя 24 гадзіны — *сутачная* перыядычнасць, раз у сезон — *сезонная*, штогод — *штогадовая* перыядычнасць і г. д.

Дзякуючы біярытмам самыя важныя функцыі арганізма (харчаванне,

рост і развіццё, размнажэнне) супадаюць з найбольш спрыяльным для гэтага часам сутак ці перыядам года. Біярытмы, такім чынам, дапамагаюць арганізму ўзгадніць сваю дзейнасць з асяроддзем, якое мяняецца, і эфектыўна прыстасавацца да яго.

**Сутачныя рытмы** назіраюцца амаль ва ўсіх жывых арганізмаў. Яны абумоўлены 24-гадзіннымі сонечнымі суткамі. Аднак ва ўмовах адноснага пастаянства геафізічных фактараў устаноўлены рытмы жыццядзейнасці з перыядам не дакладна ў 24 гадзіны, а некалькі большымі ці меншымі. Такія рытмы называюцца *цыркаднымі* (ад лац. *circa* — каля, *dies* — дзень) ці *калясутачнымі*. З такой перыядычнасцю ў раслін мяняюцца хуткасць росту, інтэнсіўнасць фотасінтэзу, дыхання, транспірацыі, руху лісця, адкрывання і закрывання вусцейкаў і кветак. Велічыня адхілення ад 24-гадзіннага цыкла залежыць ад сутачных ваганняў асветленасці, тэмпературы, вільготнасці і іншых экалагічных фактараў. Пры гэтым у адных відаў перыяды актыўнасці дакладна прамаркаваны да пэўнага часу сутак, у другіх могуць зрушвацца ў залежнасці ад абставін. Так, *ранішні* і *бурны жабы* актыўныя ноччу, калі вільготнасць паветра вышэйшая, чым днём. Наадварот, *азёрная* і *сажалкавая жабы*, што знаходзяцца ва ўмовах высокай вільготнасці, актыўныя днём.



З'яўляючыся цеплалюбівымі, большасць паўзуноў умераных шырот — дзённыя, нешматлікія віды — змрокавыя і толькі *геконы* — начныя віды. У пустынях, наадварот, многія віды жывёл актыўныя ў начны час, паколькі днём яны хаваюцца ў прытулкі ад моцнай спёкі.

Пераважная большасць птушак — дзённыя жывёлы, якія прачынаюцца з усходам і засынаюць з захадам Сонца. Такая сутачная цыклічнасць актыўнасці звязана з тым, што большасць птушак харчуюцца расліннымі кармамі і дзённымі жывёламі і пры здабыванні корму выкарыстоўваюць пераважна зрок. Параўнальна невялікая колькасць відаў (*совы, казадоі*), што кормяцца начнымі жывёламі, актыўныя ноччу ці прыцемкам (мал. 88). Пры пошуку здабычы, акрамя зроку, яны выкарыстоўваюць востры слых.

Сутачная актыўнасць млекакормячых вызначаецца, як і ў птушак, галоўным чынам магчымасцю здабываць корм у той ці іншы час сутак, а не тэмпературай і вільготнасцю, паколькі яны цеплакроўныя жывёлы.

У чалавека адзначана больш за 300 фізіялагічных функцый, абумоўленых сутачнай перыядычнасцю. Цыркадныя рытмы ў яго выяўляюцца ў чаргаванні сну і няспання, ваганнях тэмпературы цела ў межах  $0,7—0,8^{\circ}\text{C}$ , цыклах дзейнасці сэрца і нырак, глыбіні і частаце дыхання, мускульнай і разумовай працаздольнасці і да т. п.

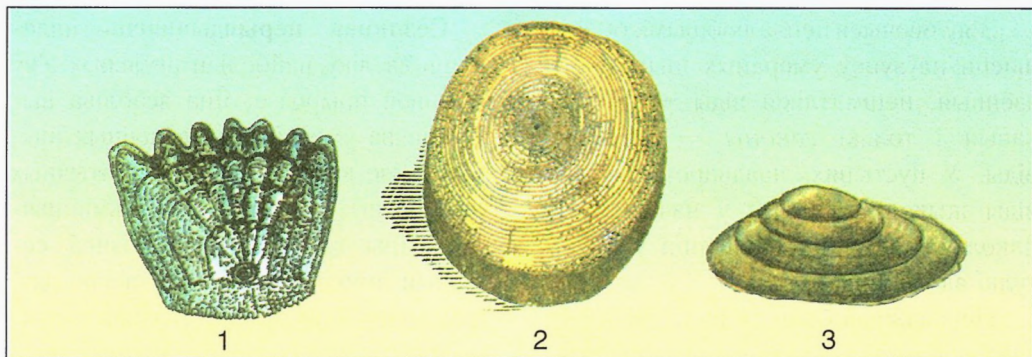
**Сезонная перыядычнасць** належаць да ліку найбольш агульных з'яў у жывой прыродзе. Яна асабліва выяўлена ва ўмераных і паўночных шыротах, дзе кантрастнасць кліматычных умоў розных сезонаў года вельмі значная. Пры гэтым чым выразней сезонныя змяненні знешняга асяроддзя, тым мацней выяўлена гадавая перыядычнасць жыццядзейнасці арганізмаў. Вясенняе цвіценне большасці раслін, асенні лістапад, спячка, назапашванне тлушчу, сезонныя лінкі, міграцыі развіты пераважна ў арганізмаў умеранага і халоднага кліматаў. У тропіках сезонная перыядычнасць у жыццёвых цыклах раслін і жывёл выяўлена слаба.

У шматгадовых раслін і пайкілатэрмных жывёл сезонная перыядыч-



Мал. 88. Вушастая сава са здабычай





Мал. 89. Сезонная перыядычнасць росту (гадавыя кольцы): 1 — лускі рыбы; 2 — ствала дрэва; 3 — ракавіны малюска

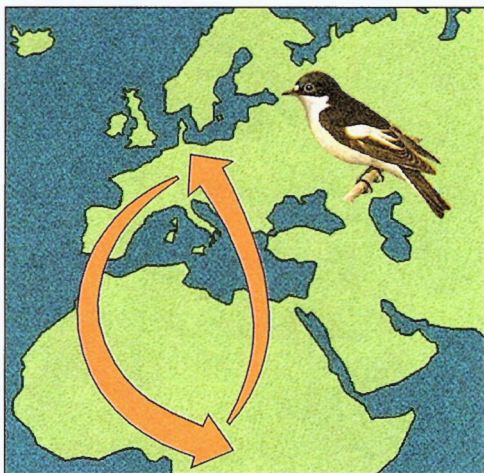
насць звязана з розніцай у хуткасці росту ў розныя перыяды года. Гэта выяўляецца ва ўтварэнні гадавых кольцаў у сцябле дрэвавых раслін, на ракавінах малюскаў, лусцы рыб (мал. 89) і плодовых целых губавых грыбоў.

У жывёл розных відаў сезонная перыядычнасць выяўляецца ў кармавых,

зімовачных і нераставых перамяшчэннях. Выразна выяўлены кармавыя качаванні і міграцыі ў птушак (мал. 90). Так, напрыклад, *белыя буслы*, *мухалоўкі*, *ластаўкі* і *стрыжы* штогод адлятаюць зімаваць за тысячы кіламетраў у Паўднёвую Афрыку, вяртаючыся ў Еўропу, як правіла, на адны і тыя ж месцы.

Многія млекакормячыя пры недахопе ежы ці немагчымасці яе здабычы з-за глыбокага снежнага покрыва таксама ажыццяўляюць міграцыі. Напрыклад, *паўночныя алені* праводзяць зіму на ўсходзе тэежнай паласы, кормячыся ягелем і іншымі лішайнікамі, якія растуць на ствалах дрэў. Але ўжо пры першых прыкметах вясны яны вяртаюцца ў тундру, прытрымліваючыся з года ў год аднаго і таго ж маршруту.

Зімовачныя міграцыі ў дэльты буйных рэк уласцівы многім відам рыб (*сазан*, *лешч*, *судак* і інш.), дзе яны



Мал. 90. Сезонныя міграцыі мухалоўкі-стракаткі





позняй восенню збіраюцца ў глыбокіх месцах («зімавальных ямах») і праводзяць зіму ў маларухомым стане.

Сезонная цыклічнасць у жывёл выражаецца ў з'явах зімовай і летняй **спячкі**. Яна ўласціва тым жывёлам, якія ў пэўныя перыяды года не могуць здабыць дастатковую колькасць паўнацэннага корму. Млекакормячыя, што ўпадаюць у зімовую спячку, назапашваюць з восені значную колькасць тлушчу. У сапраўдную зімовую спячку, якая характарызуецца моцным паніжэннем тэмпературы цела, прыпыненнем працэсаў стрававання, нізкім узроўнем дыхання і кровазвароту ўпадаюць *вожыкі, суслікі, суркі, хамякі*. Калі веснавая сакавітая трава выгарае, у летнюю спячку ўпадае сярэднеазіяцкі *жоўты суслік*.

**Фотаперыядызм.** Адным з фактараў асяроддзя, якія найбольш дакладна і рэгулярна мяняюцца, з'яўляецца даўжыня светлага дня, рытм чаргавання светлага і цёмнага перыядаў сутак. Для любога пункта зямнога шара фотаперыяд з года ў год паўтараецца з астранамічнай дакладнасцю і знаходзіцца ў строгай адпаведнасці з сезонамі года.

**Рэакцыя арганізмаў на сутачны рытм асвятлення, якая выяўляецца ў змяненні працэсаў росту і развіцця, называецца фотаперыядызмам.** Здольнасць жывых арганізмаў рэагаваць на змяненне даўжыні дня дае ім магчымасць загадзя перабудаваць фізіялагічныя працэсы ў сувязі з сезон-

нымі зменамі ўмоў. Фотаперыяд выступае ў якасці сігнала будучых змяненняў кліматычных фактараў, такіх, як тэмпература і вільготнасць. Пад фотаперыядычным кантролем знаходзяцца практычна ўсе фізіялагічныя працэсы, звязаныя з ростам, развіццём і размнажэннем раслін і жывёл.

Паводле тыпу фотаперыядычнай рэакцыі адрозніваюць наступныя асноўныя групы раслін:

1) расліны кароткага дня, якім для пераходу да цвіцення патрабуецца 12 і меней гадзін светлага часу ў суткі (*капуста, тытунь, рыс, хрызантэма* і інш.);

2) расліны доўгага дня — для цвіцення і наступнага развіцця ім патрэбна працягласць светлага перыяду больш за 12 гадзін у суткі (*пшаніца, лён, бульба, авёс, морква* і інш.);

3) фотаперыядычна нейтральныя — для іх даўжыня фотаперыяду не мае значэння і цвіценне наступае пры любой даўжыні дня, акрамя вельмі кароткай (*тамат, дзьмухавец, грэчка, флёркс* і інш.).

Расліны доўгага дня растуць пераважна ў паўночных шыроты, расліны кароткага дня — на поўдні.

Фотаперыядычная рэакцыя ўласціва не толькі перыядычным раслінам, але і жывёлам.



Вядома, што найбольш спрыяльны час для з'яўлення патомства ў жывёл — гэта час года, калі вакол дастаткова колькасць корму. Так яечнікі і се-



мяннікі *голуба вяхіра* пачынаюць выпяваць, калі працягласць дня перавышае 12 гадзін, г. зн. здольнасці размнажэння ён дасягае к маю. *Шызаму голубу* для выпявання палавых залоз патрабуецца 9-гадзінны светлавы дзень, таму гэта птушка бывае гатова да спарвання 2—3 разы ў год. Розніца ў тэрмінах размнажэння тлумачыцца тым, што вяхір корміцца галоўным чынам зернем злакаў, якія позна выпяваюць, а шызы голуб — насеннем пустазелля, якое ёсць ў вялікай колькасці. У той час гарадскі голуб знаходзіць багатую ежу ў вулічных адкідах практычна ў кожную пару года, таму ў яго няма спрыяльнага часу размнажэння.

Такая фотаперыядычная рэгуляцыя часу з'яўлення на свет патомства характэрна і для большай часткі млекакормячых. Акрамя больш распаўсюджаных жывёл з даўгадзённым тыпам фотаперыядычнай рэакцыі, сустракаюцца і жывёлы з кароткадзённым тыпам. Пры гэтым перавагу маюць тыя, у якіх цяжарнасць працягваецца доўгі час, а патомства ад вясенняга спарвання нараджаецца задоўга да наступлення асенніх халадоў. Напрыклад, у *коз* і *авечак* плод развіваецца 5—6 месяцаў, а ў *аленяў* і *казуль* — каля 9 месяцаў, а спарванне адбываецца ў канцы лета ці восенню. Павелічэнне памераў палавых залоз і выпяванне палавых клетак у іх пачынаецца ўжо з наступленнем кароткіх дней.

Вельмі цікавае размнажэнне казуль. Спарванне ў іх адбываецца ў ліпені-жніўні, але апладненая яйцаклетка не ўкараняецца ў слізістую абалонку маткі і не развіваецца. І тое і другое адбываецца ў другой палове снежня, а патомства з'яўляецца на свет ў маі, калі навакол вялікая колькасць зялёнага корму. Част-

ка тых казуль, якія ў разгар шлюбнага перыяду засталіся без партнёра, спарваюцца ў снежні, і развіццё яйцаклеткі ў іх пачынаецца адразу пасля апладнення. Перыяд цяжарнасці такіх казуль скарачаецца на 3 месяцы. Такое апладненне яйцаклеткі назіраецца таксама ў *цюленяў*, *мядзведзяў*, *барсука* і некаторых *сумчатых*.

Такім чынам, здольнасць успрымаць даўжыню дня і рэагаваць на яе шырока распаўсюджана ў свеце жывых істот. Гэта азначае, што арганізмы здольны арыентавацца ў часе, г. зн. яны валодаюць **біялагічным гадзіннікам**, які дае ім магчымасць адчуваць сутачныя, сезонныя, прыліўныя, месячныя і гадавыя цыклы і загадзя рыхтавацца да будучых змяненняў асяроддзя.

Правільна падабраўшы рэжымы асветленасці, якія найбольш адпавядаюць біярытмам, можна заўважна павысіць прадукцыйнасць разводзімых раслін і жывёл. Напрыклад, у цяпліцах, аранжарэях і парніках дзякуючы павелічэнню светлага дня да 12—15 гадзін, зімой вырошчваюць агароднінныя культуры і дэкаратыўныя расліны. Працягнуўшы за кошт штучнага асвятлення светлавы перыяд зімой, можна павялічыць яйцаноскасць курэй, качак, гусей, рэгуляваць размнажэнне пушных звяроў на зверафермах.



**1.** Што такое біялагічныя рытмы? біялагічны гадзіннік? Назавіце віды біярытмаў. **2.** Якія магчымыя прычыны змянення цыркадных рытмаў у чалавека, які знаходзіцца ў пячоры, герметычнай камеры, падводным плаванні? Адказ абгрунтуйце. **3.** Прывядзіце прыклады сезоннай перыядычнасці ў раслін і жывёл. **4.** Чаму многія расліны трапічнага пояса адчувальныя нават да вельмі нязначных змяненняў даўжыні дня?\*





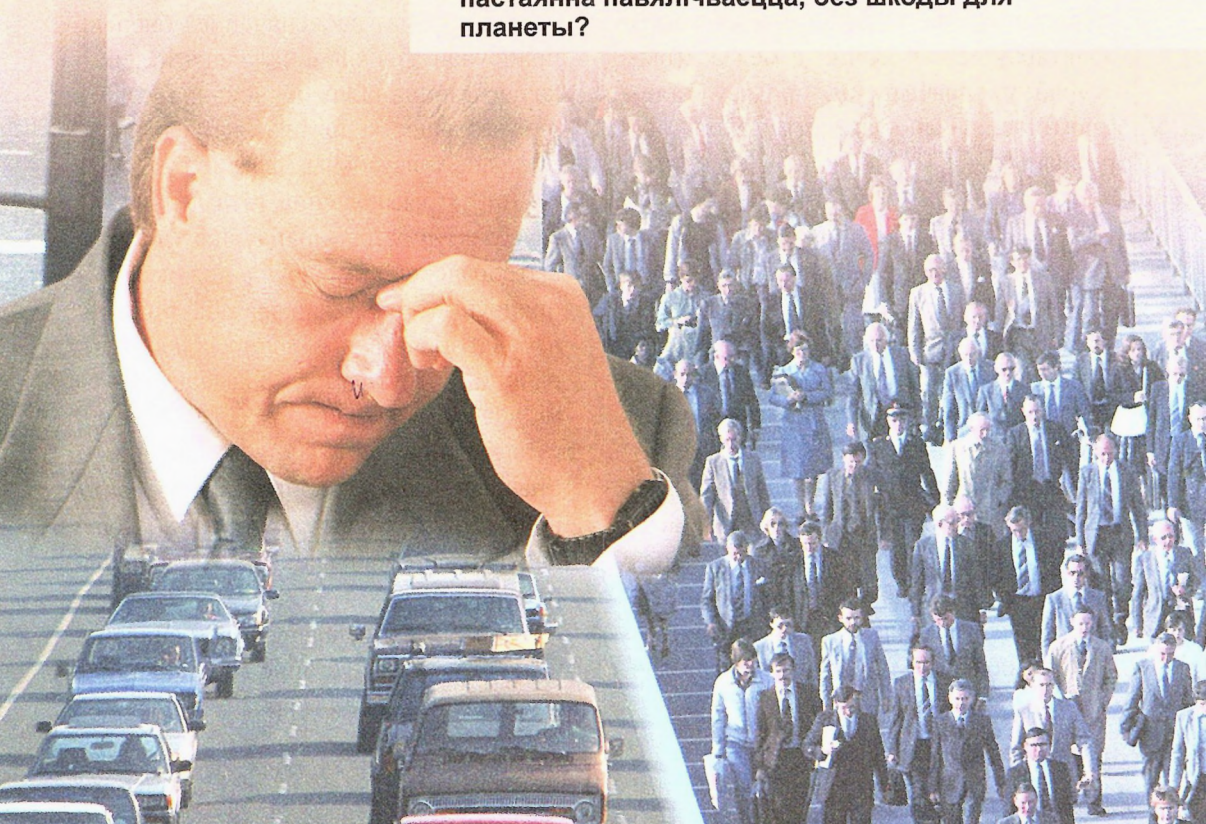
# Раздзел 5

## ЧАЛАВЕК У НАВАКОЛЬНЫМ АСЯРОДДЗІ

*Чалавек залежыць ад прыроды,  
але ачалавечаная прырода  
залежыць ад чалавека.*

*Ю. А. Шкаленка*

- Якія дадатковыя фактары асяроддзя стварыў чалавек у ходзе сваёй дзейнасці? Як яны ўплываюць на яго здароўе?
- Чаму адбываецца няўхільнае павелічэнне долі гарадскога насельніцтва на планеце? Чым прываблівае чалавека жыццё ў горадзе?
- Ці ў стане Зямля пракарміць насельніцтва, якое пастаянна павялічваецца, без шкоды для планеты?







### 35. Здароўе чалавека як паказчык яго адаптацыі да навакольнага асяроддзя

*Здароўе чалавека і навакольнае асяроддзе.* Нягледзячы на тое, што чалавеку ў адрозненне ад жывёл уласцівы многія спецыфічныя рысы (розум, членараздзельная мова, усвядомленая працоўная дзейнасць і інш.), ён не страціў сваёй біялагічнай сутнасці. Для яго, як і для ўсіх іншых жывых арганізмаў, справядлівыя ўсе законы экалогіі.

Людзі шырока рассяліліся па ўсіх кантынентах планеты. Як біялагічны від чалавек узнік на тэрыторыі Цэнтральнай Афрыкі, дзе для яго склаліся камфортныя ўмовы існавання. Аднак тэрыторыя, дзе ўздзеянне экалагічных фактараў не выходзіць за межы атрыманай у спадчыну ад продкаў **тале-рантнасці** (вынослінасці), даволі абмежаваная.



Як і дзесяткі тысяч гадоў таму назад, аптымальнымі для чалавека застаюцца: тэмпература паветра  $+18-35^{\circ}\text{C}$ , атмасферны ціск  $80-150\text{ кПа}$ , рН пітной вады  $5,5-8,0$ , колькасць у ёй нітратаў  $2-15\text{ мг/л}$ .

За межамі зыходнага (біялагічнага) арэала чалавек можа выжываць, пераадольваючы неспрыяльныя фактары навакольнага асяроддзя (вельмі нізкую ці высокую тэмпературу, адсутнасць ежы ў зімовы перыяд) з дапамогай спецыяльна створаных абаронных сродкаў, прылад і прыстасаванняў. Гэта жыллё, якое ацяпляецца, цёплае

адзенне, кансерваваныя прадукты харчавання і г. д.

З другога боку, ва ўмовах прамсловых прадпрыемстваў многія фактары (шум, вібрацыя, тэмпература, вільготнасць, электрамагнітныя палі, дамешкі шкодных рэчываў у паветры і г. д.) перыядычна ці пастаянна знаходзяцца за межамі вынослінасці чалавечага арганізма. Гэта адмоўна сказваецца на здароўі людзей у выглядзе прафесійных захворванняў, стрэсаў, псіхічных расстройстваў і г. д. Таму існуе спецыяльная сістэма тэхнічных і арганізацыйных мерапрыемстваў, накіраваных на забеспячэнне бяспекі працоўнай дзейнасці чалавека. Бяспека дасягаецца шляхам зніжэння ўзроўню ўздзеяння на арганізм небяспечных і шкодных вытворчых фактараў.

Але атрымліваецца гэта далёка не заўсёды. Таму для працаўнікоў шэрага вытворчасцей абмяжоўваецца агульны працоўны стаж, скарачаецца працягласць рабочага дня (напрыклад, пры рабоце з атрутнымі ці радыеактыўнымі рэчывамі — да 4 гадзін). Акрамя гэтага, ствараюцца спецыяльныя прыстасаванні для зніжэння ўзроўню вібрацыі і шуму, электрамагнітнага і цеплавога выпраменьванняў, засцярогі ад радыяцыі і г. д.

Вытворча-гаспадарчая дзейнасць чалавека, выкарыстанне (перапрацоў-





ка) прыродных рэсурсаў непазбежна прыводзяць да ўтварэння пабочных прадуктаў (адходаў), якія рассяваюцца ў навакольным асяроддзі. Хімічныя злучэнні, што паступаюць у ваду, глебу, паветра, а таксама трапляюць у ежу, таксама з'яўляюцца экалагічнымі фактарамі. У дачыненні да іх (асабліва да верхняй мяжы іх назапашвання) устойлівасць чалавечага арганізма вельмі малая.



На чалавека, як і на любую жывую істоту, канкрэтны экалагічны фактар уздзеяння не паасобку, а ва ўзаемадзеянні з іншымі фактарамі. У залежнасці ад гэтага дыяпазон талерантнасці (вынослівасці) да кожнага з іх таксама можа мяняцца. Напрыклад, пры адноснай вільготнасці паветра 30 % аптымальнай для чалавека з'яўляецца тэмпература паветра +28 °C. Але пры вільготнасці 70 % тая ж самая тэмпература выходзіць за межы оптымуму і трапляе ў зону пэсімуму (прыгнятання). У гэтых умовах праўляецца недамаганне: пачашчаецца дыханне, з'яўляецца пачуццё гарачыні і духаты, чалавек нават можа страціць прытомнасць.

Адным з асноўных паказчыкаў ступені прыстасаванасці чалавека да фактараў навакольнага асяроддзя з'яўляецца здароўе. Звычайна мы не ведаем, які з фактараў асяроддзя ў дадзены момант дзейнічае мацней. Але калі здароўе папуляцыі, нацыі ці чалавецтва ў цэлым пагаршаецца, значыць, штосьці дзейнічае неспрыяльна. Па маштабах змянення здароўя можна ацаніць і маштаб дзеяння пашкоджальнага фактара: альбо

ён уздзеянчае толькі на пэўную папуляцыю, ці дзейнічае ў пэўным раёне, альбо з'яўляецца агульнапланетарным.

**Паняцце аб індывідуальным здароўі.** З часоў Гіпакрата здароўе вызначалася як адсутнасць хвароб, як стан арганізма, пры якім ён здольны паўнаважна выконваць свае функцыі. Здароўе ў такім разуменні — аб'ект медыцыны. Урач-практык заўсёды мае справу з канкрэтным пацыентам. Ацэньваючы здароўе пацыента, урач вызначае, ці ёсць у яго хранічныя захворванні, аналізуе функцыянальны стан яго органаў і сістэм органаў, індывідуальныя асаблівасці, псіхічнае і фізічнае развіццё. Па выніках абследавання пацыента ўрач прымае канкрэтнае рашэнне пра лячэнне хворага, прызначае лекі, лячэбныя працэдурны і рэжым.

**Здароўе як папуляцыйная катэгорыя.** Здароўе людзей залежыць ад спадчыннасці і ўздзеяння розных фактараў навакольнага асяроддзя. Гэтыя абставіны ўлічваюцца пры разглядзе здароўя на папуляцыйным узроўні. У гэтым выпадку аб'ектам даследавання выступае не асобны чалавек, а папуляцыя ці сукупнасць папуляцый — этнічная група, нацыя, чалавецтва ў цэлым. Праблемамі здароўя людзей на папуляцыйным узроўні займаецца адна з новых галін экалогіі — **медыцынская экалогія**.



Здароўе на папуляцыйным узроўні — гэта больш агульная катэгорыя, паколькі тое, што датычыцца папуляцыі, абавязкова праяўляецца ў шмат якіх канкрэтных індывідуумаў. Напрыклад, у некаторых раёнах Еўропы (у тым ліку і ў Беларусі) распаўсюджана захворванне эндэмічны валляк. Ад яго пакутуе некалькі мільёнаў чалавек. Прычынай гэтага захворвання з'яўляецца нястача еды ў пітной вадзе. У кожным канкрэтным выпадку ўрач прызначае хвораму лекавыя прэпараты, якія змяшчаюць ёд, а пры неабходнасці накіроўвае пацыента на аперацыю. Наадварот, на папуляцыйным узроўні ёсць дзейсны сродак барацьбы з захворваннем — карэкцыя мінеральнага складу пітной вады ці ежы дадаваннем неабходнай колькасці еды



Мал. 91. Ёдаваныя прадукты

ў выглядзе ёдаванай солі (мал. 91). Гэты спосаб распаўсюджваецца на ўсю папуляцыю і мае не толькі прафілактычны, але і лячэбны характар.

Асноўнымі экалагічнымі паказчыкамі стану здароўя папуляцыі чалавека з'яўляюцца: нараджальнасць і смяротнасць, працягласць жыцця, захворванне і яго структура. Важную ролю іграюць і такія паказчыкі здароўя людзей, як працаздольнасць, псіхалагічныя паказчыкі, напрыклад задаволенасць жыццём.

Вывучэнне працягласці жыцця, суадносін нараджальнасці і смяротнасці (**дэмаграфічныя паказчыкі**) дае магчымасць ацаніць агульны стан папуляцыі чалавека.

**Працягласць жыцця чалавека** — паказчык, які вызначаецца не толькі біялагічнымі і спадчыннымі асаблівасцямі, але і сацыяльнымі ўмовамі. Чалавек жыве даўжэй, чым большасць вышэйшых пазваночных. Вядома, што асобныя індывідуумы дажываюць да 110 і больш гадоў, хаця гэта і не заўсёды пацверджана дакументальна.



Да 2002 г. старэйшай жыхаркай Беларусі была 122-гадовая М. В. Шарая, якая жыва ў вёсцы Жары Брагінскага раёна Гомельскай вобласці. У 2002 г. у Кнігу рэкордаў Гінеса была занесена П. А. Закурдаева з алтайскага горада Заранска (Расія) як старэйшая жыхарка Зямлі. Яна нарадзілася ў 1866 г. і памерла ў канцы 2003 г. У маі 2004 г. споўнілася 116 гадоў А. А. Барысевіч, жыхарцы Беларусі, якая на той момант была прызнана самай старой жыхаркай Еўропы.





Такія рэкорды сустракаюцца ў розных частках свету і характарызуюць відавую (біялагічную) мяжу жыцця. Індывідуумы, якія дасягаюць найбольшай працягласці жыцця, складаюць нязначную частку папуляцыі. Сярэдняя працягласць жыцця ў Расіі, напрыклад, у 1896—1897 гг. складала 32 гады, у СССР у 1926—1927 гг. — 44 гады, у 1958—1959 гг. — 69 гадоў, у 1970—1971 гг. — каля 70 гадоў. У цяперашні момант адзначаецца пагаршэнне гэтага і іншых дэмаграфічных паказчыкаў.

Дынаміка сярэдняй працягласці жыцця ў большасці краін сучаснага свету характарызуецца больш спрыяльнымі тэндэнцыямі ў жанчын параўнальна з мужчынамі (гл. мал. 58).

Вялікую інфармацыю пра стан папуляцыі чалавека даюць паказчыкі захворванняў насельніцтва і структура хвароб. **Захворванні** адлюстроўваюць ступень прыстасаванасці папуляцыі да ўмоў асяроддзя, а структура хвароб — удзельную вагу кожнай хваробы ў агульнай колькасці.

Вяданне прычын хвароб, умоў ася-

роддзя, якія гэтыя прычыны выклікаюць, дае чалавеку інструмент для аховы сваёй папуляцыі і кожнага канкрэтнага індывідуума ад уплыву неспрыяльных фактараў асяроддзя.

Захворванне — з'ява не выпадковая. Прыкладна на 50 % захворванне абумоўлена ладам жыцця. Шкодныя звычкі, няправільнае харчаванне, недастатковасць фізічных нагрузак, якая прыводзіць да гіпадынаміі, стрэсы, парушэнне рэжыму працы і адпачынку садзейнічаюць развіццю хвароб. Яшчэ па 20 % захворванняў прыпадаюць на спадчыннасць, экалага-кліматычныя ўмовы. Астатнія прыблізна 10 % вызначаюцца сучасным узроўнем медыцынскай дапамогі.

Вось чаму так важны для кожнага чалавека здаровы лад жыцця. Ён садзейнічае не толькі павелічэнню працягласці жыцця, але і паляпшэнню яго якасці.



**1.** Што з'яўляецца паказчыкам адаптацыі чалавека да навакольнага асяроддзя? **2.** Што азначае паняцце «здароўе»? **3.** Чым папуляцыйнае здароўе адрозніваецца ад індывідуальнага? Якія, на ваш погляд, галоўныя прычыны адрозненняў? **4.** Чым тлумачацца захворванні чалавека? **5\*.** Як вы думаеце, якія хваробы з'яўляюцца асноўнай прычынай заўчаснай смерці ў індустрыяльных краінах Еўропы і Паўночнай Амерыкі? **6\*.** Чым можна растлумачыць выпадкі інфаркту міякарда ў маладых людзей, што даволі частыя ў цяперашні час?

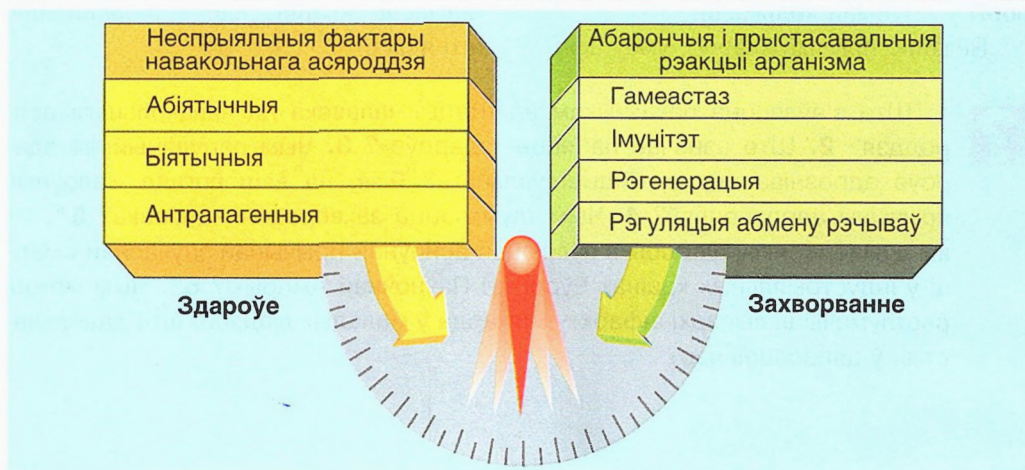


## 36. Рэакцыі арганізма чалавека на змяненне фактараў асяроддзя

*Адаптацыі чалавека да фактараў асяроддзя.* Арганізм чалавека — складаная, адкрытая біялагічная сістэма. Як і кожная біялагічная істота, ён не можа жыць без навакольнага асяроддзя, з яго ён чэрпае рэчывы і энергію, якія пастаянна расходуюцца на падтрыманне працэсаў жыццядзейнасці. На чалавека аказваюць уздзеянне абіятычныя фізічныя (святло, вільгаць, атмасферны ціск) і хімічныя (састаў паветра, вады, ежы); біятычныя (жывыя істоты) і антрапагенныя фактары (мал. 92). Арганізм чалавека прыстасаваны да пэўнай інтэнсіўнасці і працягласці ўздзеяння прыродных фактараў, якія ў норме ствараюць камфортнае асяроддзе. У межах дыя-

пазону вынослівасці чалавек прыстасоўваецца да ўмоў асяроддзя дзякуючы шматлікім абаронным і адаптацыйным рэакцыям арганізма. Галоўнымі з іх з'яўляюцца: падтрыманне нязменнасці ўнутранага асяроддзя (гамеастаз), рэгенератыўныя працэсы, імунітэт, рэгуляцыя абмену рэчываў. У межах оптымуму і зоны нармальнай жыццядзейнасці гэтыя рэакцыі забяспечваюць эфектыўнае функцыянаванне арганізма, высокую працаздольнасць, хуткае аднаўленне пасля фізічных і ра-зумовых нагрузак.

Лішак ці недахоп тых ці іншых уздзеянняў фактараў асяроддзя прыводзіць да развіцця хваравітых станаў, што пацвярджае адносны характар ада-



Мал. 92. Фактары, якія вызначаюць здароўе і захворванне людзей





птацыі чалавека. У выпадку пераходу якога-небудзь фактару ў зону псімуму эфектыўнасць адаптыўных сістэм зніжаецца альбо прыстасавальная здольнасць страчваецца. У арганізме ўзнікаюць паталагічныя змены, што сведчыць пра пэўную хваробу.

**Паталагічныя станы, якія з'явіліся пад уплывам фактараў навакольнага асяроддзя**, часцей за ўсё праяўляюцца ў атручваннях (таксікозах), алергічных рэакцыях, анкалагічных і спадчынных захворваннях, прыроджаных анамаліях.

**Атручванні (таксікозы)** — адна з самых распаўсюджаных рэакцый арганізма на ўплыў антрапагенных фактараў. Атручванні развіваюцца па прычыне паступлення ў арганізм тых ці іншых **рэчываў-таксікантаў**. Практычна любое рэчыва ў пэўных дозах можа стаць таксічным. Аднак паводле частаты хвароб можна вылучыць найбольш распаўсюджаныя на сённяшні дзень таксіканы: ядахімікаты, нітраты, цяжкія металы, некаторыя прамысловыя і бытавыя хімічныя рэчывы.

**Алергічныя рэакцыі (алергіі)** сталі «візітнай карткай» сучаснага чалавека згуртавання. Алергія — гэта стан павышанай адчувальнасці арганізма да пэўных рэчываў — **алергенаў**. Па прычыне кантакту з алергенам зніжаецца імунітэт арганізма. Могуць развівацца розныя хваробы, перш за ўсё дэrmатыт (запаленне скуры), бронхіяльная астма, сянная ліха-

манка, ацёкі і інш. Як правіла, спыненне кантакту з алергенам прыводзіць да выздараўлення. Алергенамі могуць быць поўсць і пёры жывёл, пылок раслін, лекавыя прэпараты, прадукты харчавання, некаторыя рэчывы прыроднага і штучнага паходжання, бытавая хімія. Колькасць алергенаў пастаянна ўзрастае прапарцыянальна колькасці новых рэчываў, якія чалавек выкарыстоўвае ў побыце ці вытворчасці.

**Анкалагічныя хваробы** — гэта вялікая група хвароб, звязаных з неконтрольным дзяленнем клетак розных частак чалавечага арганізма, здольных утвараць метастазы — новыя пухліны на здаровых тканках. Пухліны паводле сваёй прыроды бываюць дэбрыякаснымі і злаякаснымі. І тыя і другія зніжаюць якасць жыцця чалавека, а злаякасныя часта прыводзяць да летальнага (смяротнага) зыходу. Рэчывы, якія садзейнічаюць развіццю злаякасных пухлін, называюцца **канцэрагенамі**. Найбольш распаўсюджаныя з іх — бензапірэн, бензол, фенольныя злучэнні, вінілхларыд, сажа, смолы, мінеральныя масла. Сёння вядома каля 60 хімічных канцэрагенаў і 2 фізічныя — ультрафіялетавае выпраменьванне і іанізавальная радыяцыя. Канцэрагенамі з'яўляюцца таксама некаторыя вірусы і прадукты жыццядзейнасці шэрага патогенных бактэрый і грыбоў.



Бензапірэн — араматычны вуглевадарод. Існуе ў выглядзе двух ізамераў, адзін з якіх валодае канцэрагенным



дзеяннем. Вылучаецца з тытуню падчас курэння, пры перапрацоўцы нафтапрадуктаў, з выхлапнымі газамі аўтамабіляў.

**Спадчынныя хваробы** звязаны з узнікненнем пашкоджанняў ДНК ці храмасом. Такія пашкоджанні называюцца **мутацыямі**. Як вы ўжо ведаеце з курса біялогіі 9-га класа, малекулы ДНК з'яўляюцца носьбітамі спадчыннай інфармацыі. Яны адказваюць за развіццё ў арганізмаў тых ці іншых прыкмет і перадачу гэтых прыкмет патомкам. ДНК уваходзіць у састаў асобых структур ядра клетак — храмасом. Калі адбываецца пашкоджанне таго ці іншага ўчастка малекулы ДНК, то прыкметы, якія закадзіраваныя ў ёй, таксама могуць мяняцца, часам вельмі істотна. Пашкоджанні ДНК атрымліваюцца ў спадчыну (перадаюцца патомкам) у тым выпадку, калі яны ўзнікаюць у палавых клетках. Такія мутацыі могуць вы-

клікаць бясплоднасць, нараджэнне нежыццяздольных альбо з фізічнымі і разумовымі адхіленнямі дзяцей. Фактары, якія выклікаюць мутацыі, называюцца **мутагеннымі**. Большая частка канцэрагенаў з'яўляецца таксама мутагенамі.

**Прыроджаныя аномаліі** ўзнікаюць па прычыне дзеяння фактараў, якія парушаюць нармальнае развіццё плода ў перыяд цяжарнасці. Такія фактары называюцца **тэратагеннымі**. Амаль усе канцэрагены і мноства таксікантаў маюць тэратагенныя ўласцівасці. Сярод тэратагенаў найбольш вядомы нікацін. У жанчын, якія кураць ці пасіўна ўдыхаюць тытунёвы дым, нікацін пастаянна назапашваецца і канцэнтруецца ў яйцаклетках. Пасля апладнення яйцаклеткі нікацін парушае нармальнае развіццё плода. Вось чаму жанчына, якая курыць, практычна не мае шансаў нарадзіць здаровае дзіця.



1. Дзякуючы якім рэакцыям і працэсам чалавек прыстасоўваецца да змяненняў умоў навакольнага асяроддзя? 2. Чаму алергію называюць хваробай XXI стагоддзя? 3\*. Чаму ўзрастаюць выпадкі развіцця злаякасных пухлін? 4. Складзіце схему «Рэакцыі арганізма чалавека на ўплыў фактараў асяроддзя». 5. Як вы думаеце, якія тэрыторыі Зямлі, акрамя Антарктыды, непрыдатныя ў цяперашні час для пастаяннага пражывання чалавека?

## 37. Уплыў абіятычных фактараў на здароўе чалавека. Касмічныя і геафізічныя фактары

**Святло.** Арганізм чалавека эвалюцыйна сфарміраваўся ва ўмовах сонечнай радыяцыі, таму людзі, як і ўсе жывыя істоты, залежаць у сваім жыцці ад Сонца.

Як ужо адзначалася, у склад сонечнага спектра ўваходзіць *бачнае* выпраменьванне, якое праз зрокавы аналізатар арыентуе чалавека ў прастору. Бачнае святло забяспечвае чалавеку





80—90 % інфармацыі пра навакольнае свет, уплывае на стан нервовай сістэмы, павышаючы актыўнасць кары вялікіх паўшар'яў. Святло ўздзейнічае на фотахімічныя працэсы ў арганізме, на сутачны рытм жыцця, абмен рэчываў, працаздольнасць, самаадчуванне і да т. п.

Акрамя бачнага святла, на арганізм чалавека ўплывае *ультрафіялетавае* выпраменьванне (УФ). У цэлым яно аказвае танізуючае ўздзеянне, выклікае пігментаўтварэнне (загар), уплывае на сінтэз вітаміну D у скуры, павышае імунітэт, актывізуе абмен рэчываў. Маючы антысептычнае і бактэрыцыднае дзеянне, УФ прадухіляе ўзнікненне запаленчых працэсаў у валасяных сумках, прыгнятае развіццё грыбковых хвароб скуры.

Лішак сонечнай радыяцыі, як і яе недахоп, аказвае адмоўнае ўздзеянне на здароўе чалавека. Працяглае светлавое галаданне садзейнічае развіццю шэрага хвароб, ускладняе лячэнне сухотаў, сардэчна-сасудзістых хвароб. Але і павышаныя дозы сонечнай радыяцыі неспрыяльныя для арганізма: зніжаецца імунітэт (змяншаецца колькасць лейкоцытаў крыві, што адказваюць за фарміраванне імунітэту). Вялікія дозы ультрафіялетавага выпраменьвання з'яўляюцца прычынай мутацый, павышаюць верагоднасць развіцця анкалагічных хвароб. Ад шкоднага ўздзеяння ультрафіялету ўсё жывое на Зямлі абараняе азоны экран,

які знаходзіцца ў верхніх сляях атмасферы (гл. мал. 2).

Натуральнае для чалавека асвятленне — сонечнае. У цяперашні час уздзеянне гэтага фактара прыметна змянілася. Большую частку часу сучасны чалавек праводзіць у памяшканні. Светлавое асяроддзе закрытых памяшканняў значна адрозніваецца ад натуральнага, паколькі цераз шкло праходзіць не ўвесь спектр сонечнага выпраменьвання. Гэта, у першую чаргу, адносіцца да УФ-променяў. Да таго ж асветленасць часта бывае недастатковай (менш за 200—250 люкс пры норме каля 500 люкс). Штучнае асвятленне адрозніваецца ад натуральнага вузкім спектрам, манатоннасцю, пульсаваннем. Для таго каб дамагчыся ад люмінесцэнтных ламп такога ж біялагічнага эфекту, як ад сонечнага святла, патрабуецца асветленасць ужо не 500, а 2000 люкс.

Нават выйшаўшы з памяшкання, мы часам трапляем у светлавое асяроддзе, далёкае ад натуральнага. Забруджаная атмасфера гарадоў затрымлівае да 40 % бачнага святла і больш за 50 % ультрафіялетавага выпраменьвання. Таму гарадскому жыхару для атрымання неабходнай (прафілактычнай) дозы сонечнага выпраменьвання неабходна знаходзіцца пад адкрытым небам у два разы даўжэй, чым жыхару сельскай мясцовасці.



Уплыў Сонца на здароўе чалавека быў адзначаны яшчэ ў глыбокай старажытнасці. Дэталёвыя даследаванні гэтага пачаліся толькі ў XVIII—XIX стст. Сёння вядома, што ўплыў Сонца звязаны перш за ўсё з 11-гадовым цыклам сонечнай актыўнасці. Павышэнне сонечнай актыўнасці з'яўляецца прычынай узнікнення магнітных і іанасферных бур. Такія буры, у сваю чаргу, абумоўліваюць павелічэнне напружання электрамагнітнага поля Зямлі, што непасрэдна ўплывае на арганізм чалавека. У гады павышанай сонечнай актыўнасці ці ў час магнітных бур у людзей пачашчаюцца парушэнні дзейнасці сардэчна-сасудзістай і нервовай сістэм, псіхікі і паводзін. Усплёскі сонечнай актыўнасці прыводзяць, з аднаго боку, да аслаблення імунітэту, а з другога — да павышэння агрэсіўнасці патагенаў і прыродных носьбітаў інфекцый. Таму ўзрастае верагод-

насць інфекцыйных хвароб, у тым ліку тых, якія маюць характар эпідэмій (грып, халера, дызентэрыя).

**Электрамагнітнае выпраменьванне.** Чалавек жыве ў геамагнітным полі Зямлі. Гэта яго натуральнае асяроддзе. Аднак у выніку дзейнасці чалавека ўзнікла і штучнае электрамагнітнае асяроддзе, далёка не бяшходнае для арганізма. Крыніцай электрамагнітнага выпраменьвання з'яўляюцца радыёстанцыі і высакавольтныя лініі электраперадач, палі электраправодак унутры будынкаў (мал. 93). Электраторамамі ствараюцца віхравыя электрамагнітныя палі (на вытворчасці, у



Мал. 93. Крыніцы электрамагнітнага поля





дамашніх халадзільніках, пральных машынах і інш.). У закрытых памяшканнях крыніцамі электрамагнітных выпраменьванняў часцей за ўсё бываюць тэлевізары, камп'ютэры і іншыя бытавыя электрапрыборы. Пэўны ўклад у электрамагнітнае забруджванне ўносяць статычныя разрады на пластмасах і вырабах з поліэфірных смол (сінтэтычных тканінах, шпалерах, дыванах, лінолеуме і да т. п.).



Гранічна дапушчальны ўзровень электрамагнітных палёў — 20 кВ/м, парогавы — 30 кВ/м. У раёнах радыёстанцый узровень электрамагнітнага выпраменьвання перавышае гранічна дапушчальныя нормы прыкладна ў 4—8 разоў, а паблізу выкавальных ліній электраперадач больш чым у 20 разоў.

Электрамагнітныя выпраменьванні аказваюць негатыўны ўплыў перш за ўсё на нервовую сістэму чалавека. Пры напружанні электрамагнітнага поля ў 1000 В/м з'яўляюцца галаўныя болі і пачуццё моцнай стомленасці, пры большых значэннях — бяссонніца, развіваюцца неўрозы і іншыя хваробы. Высокія ўзроўні напружання электрамагнітных палёў уплываюць на

эндакрынную сістэму, рэпрадуктыўную функцыю, абмен рэчываў і інш.

Напрыклад, пры працяглай рабоце з камп'ютэрам развіваюцца хваробы вачэй, скуры, з'яўляюцца алергія, дэпрэсія. У жанчын-аператараў камп'ютэрнай тэхнікі, якія на працягу 6—10 гадоў штодзённа кантактуюць з гэтай апаратурай, назіраюцца парушэнне менструальнага цыкла, перарыванне цяжарнасці, змяненні псіхікі. Могуць развівацца пухліны, страўнікава-кішачныя хваробы. Гэтыя факты сведчаць аб неабходнасці строга выконваць нормы працы з тэлеапаратурай і камп'ютэрамі, асабліва гэта датычыцца дзяцей, дзяўчат і маладых жанчын.



Пры працы на камп'ютэры **неабходна**: устанавіць на экран шкляны ці выкакасны пластмасавы аптычны фільтр; пазбягаць сеткаватых ці тканых фільтраў; падстаўку для чарнавых матэрыялаў змясціць бліжэй да экрана. Экран павінен знаходзіцца прыкладна на 20° ніжэй за ўзровень вачэй і на адлегласці 40—75 см ад вачэй. Важна пазбягаць яркага столевага святла, кожныя 10 мін адводзіць на 5—10 с позірк у бок ад экрана. Асветленасць экрана павінна быць аналагічнай асветленасці памяшкання. Эkrаны вялікай распазнавальнай здольнасці змяншаюць напружанне зроку.



**1.** Які ўплыў на жыццядзейнасць чалавека аказвае сонечнае выпраменьванне? Якім чынам яно ўспрымаецца чалавекам? **2.** Ці захоўваецца выасцярожнасць пры моцным сонечным выпраменьванні? Чаму? **3.** У чым заключаецца небяспека ультрафіялетавага выпраменьвання для жывых арганізмаў? **4.** Якія крыніцы электрамагнітнага забруджвання навакольнага асяроддзя? **5.** Якія біялагічныя наступствы ўздзеяння электрамагнітнага выпраменьвання? **6\*.** Прапануйце спосабы зніжэння ўздзеяння электрамагнітных палёў на чалавека.



## 38. Уплыў кліматычных і глебавых фактараў на здароўе чалавека

**Кліматычныя фактары.** У найбольшай ступені на арганізм чалавека аказваюць уплыў тэмпература, адносная вільготнасць паветра і атмасферны ціск. Цяпло, вільготнасць, святло, утвараючы разнастайныя спалучэнні, вызначаюць клімат. З кліматычнымі фактарамі цесна звязаны функцыянальны стан і ахоўныя рэакцыі арганізма.

Кліматычныя ўмовы вызначаюцца перш за ўсё **тэмпературай**.



Верхняя мяжа магчымых для пражывання чалавека тэмператур складае каля  $+55^{\circ}\text{C}$ , ніжняя — каля  $-60^{\circ}\text{C}$ . Аднак кароткачасова чалавек можа вытрымаць больш высокія і больш нізкія тэмпературы. Спецыяльнымі даследаваннямі ўстаноўлена, што тэмпературу  $+71^{\circ}\text{C}$  звычайны чалавек вытрымлівае на працягу 1 гадзіны,  $+82^{\circ}\text{C}$  — 49 мін,  $93^{\circ}\text{C}$  — 33 мін, а  $+104^{\circ}\text{C}$  — 26 мін. Вядомы выпадкі кароткачасовага знаходжання чалавека пры тэмпературы  $+160^{\circ}\text{C}$  і нават  $+200^{\circ}\text{C}$ . З другога боку, абарыгены Цэнтральнай Аўстраліі могуць спаць аголенымі пры тэмпературы паветра  $0$ — $+5^{\circ}\text{C}$ , а «маржы» — купацца ў ледзяной вадзе.

Зонай кліматычнага камфорту для чалавека лічыцца даволі вузкі інтэрвал тэмператур ( $+20$ ... $+25^{\circ}\text{C}$ ), які некалькі адрозніваецца ў краінах з розным рэжымам вільготнасці і тэмпературы.

Аптымальная тэмпература паветра ў памяшканнях жылых дамоў і грамадскіх будынкаў у халодны перыяд у краінах з халодным кліматам —  $+21$ ... $+22^{\circ}\text{C}$ , з

умераным кліматам —  $+20$ ... $+21^{\circ}\text{C}$ , з гарачым —  $+17$ ... $+18^{\circ}\text{C}$ . Такім чынам, насельніцтва халодных рэгіёнаў лічыць за лепшае знаходзіцца ў больш цёплых памяшканнях, чым жыхары гарачых краін.

Тэмпература паветра — адзін з асноўных фізічных раздражняльнікаў арганізма. Яна аказвае значны ўплыў на важнейшыя жыццёвыя функцыі арганізма — тэрмарэгуляцыю, абмен рэчываў, кровазварот і інш.

Зніжэнне тэмпературы паветра актывізуе рэакцыі цеплаўтварэння ў арганізме. Чым ніжэйшая тэмпература паветра і менш загартаваны арганізм, тым ярчэй праяўляюцца гэтыя рэакцыі.

З ахаладжэннем арганізм змагаецца да той пары, пакуль ён здольны ўзнаўляць цяпло, якое інтэнсіўна расходзецца. Калі арганізм утварае цяпла меней, чым расходзе, наступае агульнае пераахладжэнне, якое суправаджаецца аслабленнем усіх яго жыццёвых функцый.

Пры высокай тэмпературы ўзнікаюць супрацьлеглыя абаронна-прыстасавальныя рэакцыі. Яны працягваюцца да той пары, пакуль не наступіць пераграванне арганізма. Як пераахладжэнне, так і пераграванне шкодныя для здароўя. Адмоўны ўплыў высокай тэмпературы выяўляецца ў зні-





жэнні фізічнай актыўнасці людзей, павышэнні верагоднасці захворванняў сардэчна-сасудзістай сістэмы і нырак.

Гарачыня выклікае адчуванне стомленасці і зніжае жыццёвы тонус. Яна садзейнічае павелічэнню потааддзялення, што прыводзіць да страты арганізмам вады і мінеральных соляў. Калі працяглы час няма магчымасці наталіць смагу, можа ўзнікнуць абязводжванне арганізма, асабліва ў дзяцей і пажылых людзей. З гарачынёй часта звязаны скурныя хваробы і інфекцыйныя гастрэнтэрыты, паколькі высокая тэмпература паветра садзейнічае размнажэнню ўзбуджальнікаў хвароб.



Нізкую і высокую тэмпературу арганізм чалавека пераносіць па-рознаму.

Так, пры тэмпературы  $+20^{\circ}\text{C}$  насычае вільгаццю паветра, якое рухаецца з хуткасцю 3 м/с, здаецца такім жа халаднаватым, як нерухомае паветра пры тэмпературы  $+14^{\circ}\text{C}$ . Рэзкае павышэнне вільготнасці выклікае ў хворых людзей задыхку, пачашчанае сэрцабіццё, разбітасць, апатыю. У памяшканні, якое нармальна вентыліруецца, чалавек адчувае сябе добра пры такіх суадносінах паміж тэмпературай і вільготнасцю паветра:  $+20^{\circ}\text{C}$  і 80 %,  $+25^{\circ}\text{C}$  і 60 %,  $+30^{\circ}\text{C}$  і 44 %,  $+35^{\circ}\text{C}$  і 33 %.

Асабліва непажаданыя для здароўя раптоўныя ваганні тэмпературы. Яны могуць выклікаць парушэнні дзейнасці сардэчна-сасудзістай сістэмы, псіхічныя расстройства. Уплыў тэмпературы ўзмацняецца ва ўмовах павышанай вільготнасці.

**Адносная вільготнасць** лічыцца аптымальнай пры паказчыках 30—60 %. Зімой у памяшканнях з цэнтральным ацяпленнем вільготнасць паветра можа зніжацца да 18 %.



Прыстасавальныя магчымасці арганізма да ўздзеяння неспрыяльных кліматычных фактараў, і ў першую чаргу да тэмпературы навакольнага асяроддзя, развіваюцца ў працэсе загартоўвання. Звычайна пад загартоўваннем разумеюць уздзеянне на арганізм такіх прыродных фактараў, як сонца, паветра і вада. Прычым гэтыя фактары павінны быць блізкімі да экстрэмальных, а іх уздзеянне — кароткачасовым. Экстрэмальна высокія тэмпературы чалавек зведае ў парылні. У цяперашні час атрымліваюць пашырэнне суха-паветраныя лазні-сауны, у якіх тэмпература паветра можа павышацца да  $+100^{\circ}\text{C}$  і болей. Экстрэмальна нізкія тэмпературы зведаюць «маржы» і прыхільнікі аблівання халоднай вадой.

Арганізм чалавека звязаны з навакольным асяроддзем праз газаабмен, які ажыццяўляецца пры дыханні. Асноўная функцыя дыхання — забеспячэнне арганізма кіслародам, неабходным для акісляльных працэсаў, якія праходзяць у яго клетках. Чыстае свежае паветра змяшчае дастатковую колькасць кіслароду і садзейнічае бадзёраму, актыўнаму настрою, высокай працаздольнасці.

Змяненні **атмасфернага ціску** адбываюцца на стане здароўя перш за ўсё тых людзей, якія пакутуюць на артрыты і артрозы. Гэтыя хваробы суправаджаюцца болямі ў суставах і змяненнем іх форм.



Ваганні атмасфернага ціску зніжаюць насычэнне крыві кіслародам і механічна раздражняюць нервовыя канчаткі. Адна з праяў уплыву атмасфернага ціску — горная хвароба. На вышыні каля 3000 м зніжаецца парцыяльны ціск газаў. Гемаглабін недастаткова насычае кроў кіслародам, і развіваецца гіпаксія (кіслароднае галаданне). Пры гэтым з'яўляюцца задышка, слабасць, узмацняецца сэрцабіцце, чалавек часам страчвае прытомнасць. На вялікіх вышынях (вышэй за 5000 м) можа развівацца ацёк лёгкіх і як вынік гіпаксіі мозга — кома.

Значныя перапады атмасфернага ціску могуць выклікаць кесонную хваробу. Гэта хвароба звязана з рэзкім змяненнем парцыяльнага ціску газаў у крыві. Пузыркі азоту, што выдзяляюцца пры гэтым, могуць закупорыць капіляры і прывесці да страты прытомнасці і нават смерці. Кесонная хвароба развіваецца ў аквалангістаў і вадалазаў у выпадку, калі яны парушаюць правілы пад'ёму з глыбіні на паверхню.

На нервовую сістэму чалавека і яго псіхічны стан аказвае ўплыў **вецёр**. Ён выклікае пераўзбуджэнне нервовай сістэмы, раздражняючы рэцэптары скуры. Парывістыя і гарачыя сухавеі рэзка пачашчаюць выпадкі неадекватных паводзін людзей. За 1—2 дні да наступлення ветраных дзён у крыві і тканках многіх людзей павялічваецца колькасць біялагічна актыўнага рэчыва — сератаніну.

Людзі, якія пакутуюць на розныя хранічныя хваробы, дрэнна адчуваюць сябе падчас бур, ураганаў.

Рэзкая перамена надвор'я мяняе суадносіны ў паветры іонаў, што маюць пэўныя электрычны зарад.

*Адмоўныя* іоны станюцца ўплываюць на здароўе чалавека, а *дадатныя* — негатыўна. Калі мы дышаем паветрам, багатым на адмоўныя іоны, напрыклад, каля хутка цякучай вады, паветра здаецца асвятляльным і ўзбуджальным. Калі ж даводзіцца дыхаць паветрам, дзе пераважаюць дадатна зараджаныя іоны, што характэрна для цесных жылых і вытворчых памяшканняў з багаццем усялякіх электрамагнітных прылад, то ўзнікае стан затарможанасці, санлівасці, галавакружэння.

Метэаралагічныя ваганні для здаровага арганізма, як правіла, небяспечныя не маюць, яны як бы трэніруюць яго, загартоўваюць. Тым не менш у людзей, якія не адчуваюць уздзеяння перамен надвор'я, рэакцыі на яго ўсё ж праяўляюцца. Так, пры рэзкім змяненні надвор'я вадзіцелям транспарту цяжэй канцэнтравать увагу. У сувязі з гэтым можа ўзрастаць колькасць аварый. У выніку хвароб (грыпу, ангіны, запалення лёгкіх, захворванняў суставаў) ці ператамлення супраціўляльнасць і рэзервы арганізма зніжаюцца. Менавіта таму метэаадчувальнасць адзначаецца ў 35—70 % хворых на розныя захвор-





ванні. Напрыклад, кожны другі, хто пакуе на хваробы сардэчна-сасудзістай сістэмы, выяўляе метэаадчувальнасць.

**\*Біярытмы чалавека.** Прыроднае асяроддзе рытмічна змяняецца, і арганізм чалавека, як і іншых жывых істот, рэагуе на гэтыя змены.

Вы ўжо знаёмы з цыркаднымі, ці калясутачнымі, рытмамі. Гэта ваганні тэмпературы цела, частаты пульсу, артэрыяльнага ціску, працаздольнасці. Выяўлены і высокачастотныя рытмы, перыяды вагання якіх знаходзяцца ў межах ад долі секунды да паўгадзіны. Да іх належаць ваганні біяэлектрычнай актыўнасці галаўнога мозга, сэрца, мышцаў і іншых органаў, рытмы дыхання. Існуюць таксама біялагічныя рытмы сярэдняй частаты — ад паўгадзіны да 20—28 гадзін.

Універсальнымі паказчыкамі агульнага стану здароўя арганізма служаць цыркадныя рытмы. Важнейшым з іх з'яўляецца ваганне тэмпературы цела. Так, сігналам адыходу да сну для большасці людзей служыць паніжэнне тэмпературы цела, а яе павышэнне з'яўляецца сігналам абуджэння. З дня ў дзень да гэтага моманту ў крыві павышаецца колькасць адрэналіну — рэчыва, якое павялічвае частату сардэчных скарачэнняў, актывізуе працу ўсяго арганізма.

У цыркадным рытме мяняецца і працаздольнасць чалавека. Яна мае два пад'ёмы: з 10 да 12 гадзін і з 16 да 18 гадзін. Ноччу працаздольнасць зніжаецца, асабліва ў інтэрвале ад 1 да 3 гадзін. Адны з нас энергічна працуюць у першай палове дня, іх называюць «жаваранкамі», другія — вечарам. Гэта «совы» (мал. 94).



Мал. 94. «Жаваранкі» і «совы»



Змена часавых паясоў прыводзіць да збою ў біялагічных рытмах.

Згубна ўздзейнічае на біялагічныя рытмы алкаголь. Устаноўлена, што пасля аднаразовага прыёму вялікай дозы алкаголю нармальныя сутачныя рытмы аднаўляюцца толькі на трэція суткі.\*

**Глебавыя і гідралагічныя фактары.** Недахоп ці лішак у асяроддзі якіх-небудзь хімічных элементаў і рэчываў у значнай ступені вызначае здароўе канкрэтнай папуляцыі.

Захворванні, звязаныя з асабліва-сцямі рэгіёна, атрымалі назву *эндэмічных* хвароб. Напрыклад, дэфіцыт еду ў вадзе і прадуктах харчавання, як ужо адзначалася, з'яўляецца прычынай хвароб шчытападобнай залозы, недахоп кальцыю — ломкасці касцей, недахоп кобальту ці жалеза — малакроўя.

Лішак тых ці іншых элементаў мае не меншую небяспеку. Так, павышаная колькасць бору з'яўляецца прычынай

захворвання органаў дыхання і пнеўманіі. Недахоп фтору выклікае карыес зубоў. Аднак яго лішак (да 1 г/л) прыводзіць да разбурэння зубоў — флюарозу. Яшчэ большае павышэнне яго канцэнтрацыі (да 5 г/л) прыводзіць да акасцянення звязак, парушэння працы печані, кішэчніка.

У многіх выпадках некалькі фактараў, якія знаходзяцца ў мінімуме ці максімуме, аказваюць сумесны ўплыў. Так, напрыклад, нізкая колькасць кальцыю ў спалучэнні з павышанай колькасцю жалеза, стронцыю, свінцу і цынку правакуе дэфармацыю касцей, выклікае парушэнне фарміравання хресткоў, садзейнічае скрыўленню пазваночніка.

Многія выпадкі пагаршэння стану здароўя людзей звязаны з недастатковым ці лішнім змяшчэннем у вадзе і ежы пэўных рэчываў, у першую чаргу з дэфіцытам кальцыю, жалеза, еду ці лішкам некаторых металаў, такіх, як марганец, цынк, свінец, ртуць, бор.



1. Які ўплыў на арганізм чалавека аказваюць ваганні тэмпературы паветра?
2. Які ўплыў на арганізм чалавека аказвае зніжэнне тэмпературы?
3. Як адбіваецца на стане чалавека недахоп кіслароду ў паветры?
4. Які ўплыў на чалавека аказвае вецер?
5. Якія хваробы звязаны з недахопам ці лішкам тых ці іншых хімічных элементаў у ежы і вадзе?





## 39. Ежа і здароўе

**Пажыўныя рэчывы і іх функцыі.** Арганізм чалавека абменьваецца з навакольным асяроддзем арганічнымі і мінеральнымі рэчывамі. Бялкі, тлушчы, вугляводы, а таксама мінеральныя рэчывы і вітаміны ён атрымлівае з ежай. У дадзеным выпадку чалавек мае больш магчымасцей для рэгулявання свайго абмену рэчываў (у параўнанні з газаабменам), паколькі сам вырашае, чым і як яму харчавацца.

Успомнім, якія рэчывы і для чаго мы спажываем. Галоўная функцыя **бялкоў** — будаўнічая. У цэле дарослага чалавека за 7 гадоў абнаўляюцца ўсе клеткі (акрамя нервовых і клетак тканак зубоў). Бялкі бываюць як жывёльнага, так і расліннага паходжання. Бялкі, што паступаюць са знешняга асяроддзя, расщэпліваюцца ў стрававальнай сістэме да амінакіслот, з якіх ствараюцца новыя бялкі для тканак і клетак цела.

Канцавым прадуктам бялковага абмену з'яўляюцца рэчывы, якія змяшчаюць азот (мачавіна і мачавая кіслата) і не змяшчаюць азот (вуглекіслата і вада). Важнейшай асаблівасцю бялковага абмену з'яўляецца тое, што бялкі могуць будавацца толькі з амінакіслот і не адкладвацца ў запас.

**Тлушчы** выконваюць у арганізме энергетычную (рэзервовы запас энер-

гіі) і абаронную (захаваўне цяпла, механічная ізаляцыя) функцыі.

У страўнікава-кішачным тракце тлушчы расщэпліваюцца да гліцэрыну і тлустых кіслот, якія ўсмоктваюцца ў кішэчнік, а затым паступаюць у лімфу і крываток і разносяцца па ўсім арганізме. Як і бялкі, тлушчы могуць быць жывёльнага і расліннага паходжання.

Галоўная функцыя **вугляводаў** — забеспячэнне арганізма энергіяй. Вугляводы ў арганізме расщэпліваюцца да простых цукроў (глюкозы, фруктозы, галактозы і інш.), якія і ўсмоктваюцца ў кроў. Асноўны пастаўшчык вугляводаў — прадукты расліннага паходжання.

Акрамя пералічаных арганічных рэчываў, арганізм атрымлівае з навакольнага асяроддзя **мінеральныя рэчывы і вітаміны**, якія ўваходзяць у склад ферментаў — каталізатараў працэсаў, якія адбываюцца ў арганізме.

**Праблемы харчавання.** Адною з нядобрых спадчын, што дасталіся нам ад далёкіх продкаў, з'яўляецца няпоўная адпаведнасць пры прыёме ежы пачуцця насычэння рэальным патрэбнасцям арганізма. Адсюль пераяданне, залішняе маса цела, у тым ліку і ў дзяцей, і звязаныя з гэтым хваробы. Старажытным людзям, якія пастаянна змагаліся за выжыванне, неабходна было есці з «запасам», паколькі яны



не ведалі, калі такая магчымасць надарыцца зноў. Верагодна, з гэтым і звязана спазненне ў нас пачуцця насычэння. У той час непажаданыя вынікі пераядання кампенсаваліся наступным галаданнем. Цяпер няма неабходнасці есці ў запас, але арганізм жыве «па старых правілах», і таму многім людзям патрабуецца свядомае самаабмежаванне.



Нормы спажывальнай ежы разлічваюцца паводле колькасці спажывальнай энергіі. Лічыцца, напрыклад, што для людзей разумовай працы, якія не займаюцца фізкультурай, патрабуецца каля 2500—2700 калорый у суткі; асобам фізічнай працы ў залежнасці ад віду работ — ад 3000 (токары, фрэзероўшчыкі) да 3700 і нават 5000 калорый (лесарубы, землякопы і інш.).

Дзеці маюць рухомы лад жыцця, частка энергіі ў іх расходуюцца на рост, і іх патрэбнасці ў пераразліку на адзінку масы цела павышаныя. Так, дзецям 10 гадоў пры масе цела 30—40 кг ежы патрабуецца амаль столькі ж, колькі і даросламу чалавеку, які мае ўдвая большую масу цела, — 2000—3000 калорый.



Мал. 95. Рафінаваныя прадукты

Раней чалавек выкарыстоўваў для харчавання нерафінаваныя (франц. *raffiner* — ачышчаць) прадукты. Цяпер ён спажывае пераважна ачышчаныя: муку вышэйшага гатунку, цукар, алей (мал. 95) і да т. п. Гэта таксама істотна павялічвае каларыйнасць спажывальнай ежы. Пры гэтым зніжаецца паступленне ў арганізм шэрага карысных рэчываў, якія маюцца ў прародных, неапрацаваных прадуктах.

У старажытнасці людзям перыядычна прыходзілася вымушана галадаць. Арганізм да гэтага ў спадчыну падрыхтаваны. Значыць, і для сучаснага чалавека перыядычнае галаданне было б натуральным. У некаторых выпадках людзі свядома ідуць на часовае адмаўленне ад ежы ў аздараўленчых мэтах. Дабратворны эффект галадання вядомы даўно. Яшчэ Плутарх гаварыў, што замест прыёму лекаў лепш пагаладаць дзень-другі. У старажытных народаў адмаўленне ад ежы лічылася спосабам самаачышчэння арганізма.

У цяперашні час галаданне шырока выкарыстоўваецца ў розных аздараўленчых сістэмах. Для дзяцей галаданне як спосаб аздараўлення забаронена. Аднак для зніжэння масы цела ў залішне поўных дзяцей іншы раз даводзіцца выкарыстоўваць дыеты, якія абмяжоўваюць каларыйнасць харчавання. Пры гэтым лячэбны рацыён забяспечвае неабходную колькасць бялкоў, мінеральных рэчываў і вітамінаў.





У апошнія дзесяцігоддзі назіраецца тэндэнцыя да змяншэння ў харчаванні долі бялкоў. Некалькі дзесяцігоддзяў назад гэты паказчык для дарослага чалавека ацэньваўся ў 120 г у суткі, затым знізіўся да 100 г. У цяперашні час нормай лічыцца сутачнае спажыванне бялку ў колькасці 80—90 г.

Празмернае спажыванне бялкоў мае негатыўныя бакі. На іх ператраўліванне затрачваецца ў некалькі разоў больш энергіі, чым на расщепленне тлушчаў і вугляводаў. Устаноўлена, што ператраўліванне бялкоў узмацняе асноўны абмен на 30—40 %, тлушчаў — на 4—14 %, вугляводаў — на 4—7 %. Немалаважна таксама, што на перапрацоўку бялкоў у якасці ферментаў расходуюцца значная колькасць вітамінаў. Спажыванне бялкоў у лішняй колькасці паскарае працэсы метабалізму, выклікаючы заўчаснае старэнне арганізма. Сучаснаму даросламу чалавеку рэкамендуецца спажываць бялкі, тлушчы і вугляводы ў суадносінах 1 : 1,2 : 4.

\*Поўнае ці частковае адмаўленне ад жывёльных бялкоў мае месца ў **вегетарыянстве**. «Строгія» вегетарыянцы зусім не ядуць ежы жывёльнага паходжання. Менш строгія не ядуць ялавічыны, рыбы і птушкі, але спажываюць іншыя жывёльнага паходжання прадукты — малако і яйцы. Варыянтамі вегетарыянства і абмежавання ў харчаванні з'яўляюцца хрысціян-

скія пасты. Людзі становяцца вегетарыянцамі па розных прычынах. Многія лічаць, што вегетарыянская дыета больш здаровая за іншыя. І ў гэтым ёсць сэнс. Шмат лячэбных дыет грунтуецца якраз на скарачэнні ці поўным выключэнні прадуктаў жывёльнага паходжання. Хтосьці тлумачыць вегетарыянства этычнымі прычынамі: негуманна забіваць жывёл дзеля ежы. На карысць умеранага вегетарыянства сведчыць і ўяўленне аб экалагічных пірамідах энергетычных патокаў (правіла 10 %).

Пры пераходзе на вегетарыянства (поўнае ці частковае) неабходна ведаць, што паўнаваартаснымі могуць быць толькі жывёльныя бялкі. Раслінныя прадукты не здольны забяспечыць паўнаваартасны набор амінакіслот. Неабходна таксама ўлічваць магчымы дэфіцыт вітаміну В<sub>12</sub>, які змяшчаецца ў прадуктах жывёльнага паходжання.

У арганізацыі харчавання дзяцей вегетарыянства не прымальнае. Арганізму, які расце, неабходны паўнаваартасныя бялкі. Іх недахоп прыводзіць да многіх негатыўных вынікаў, у прыватнасці да затрымкі разумовага развіцця.\*

Яшчэ адна адметная асаблівасць харчавання нашых далёкіх продкаў — спажыванне натуральных прадуктаў першапачаткова ў сырым выглядзе, а пазней — пасля частковай тэрмічнай апрацоўкі. Цяпер сітуацыя карэнным чынам змянілася. Амаль 100 % ежы



трапляе пад уздзеянне высокіх і вельмі высокіх тэмператур (пячэнне, кансерваванне). Пры гэтым разбураюцца многія вітаміны, мінеральныя элементы, узнікаюць шкодныя рэчывы.

**Сыраядзенне** — адзін з альтэрнатыўных кірункаў арганізацыі харчавання. Менавіта сырая (натуральная) ежа садзейнічае павышэнню імунітэту, паляпшае склад кішачнай мікрафлоры, умацняе перыстальтыку кішэчніка. Аднак і пры традыцыйным харчаванні свежыя гародніна і садавіна абавязковыя. Асабліва яны патрэбныя ў дзіцячым харчаванні, таму што патрэбнасць у вітамінах у растучага арганізма вышэйшая, чым у сфарміраванага.

**Хваробы, звязаныя з ежай.** Ежа і напоі могуць садзейнічаць развіццю хвароб. Вядома, што каля 40 % лятальных зыходаў у выніку анкалагічных хвароб звязана з няправільным харчаваннем ці прыгатаваннем ежы. Абсмажванне мяса на адкрытым агні,

на патэльні ў тлушчы ці на рашотцы можа прыводзіць да ўтварэння канцэрагенных рэчываў.

Харчовыя рацыён з вялікай колькасцю тлушчу можа выклікаць залішняю сакрэцыю жоўці і развіццё хвароб печані і жоўцевага пузыра, кішэчніка. Лішак цукру ў ежы вядзе да разбурэння зубоў і атлусцення. Лішняя вага ў сваю чаргу павялічвае рызыку захворванняў цукровым дыябетам, мачавага пузыра, гіпертаніяй.

Алкаголь у харчовым рацыёне можа быць прычынай прыроджаных анамалій у патомства. Акрамя таго, ужыванне алкаголю павялічвае пагрозу анказахворванняў дыхальных шляхоў і стрававальнага тракта.

Лішнєе спажыванне солі можа садзейнічаць развіццю гіпертаніі. Такім чынам, кожны чалавек, які імкнецца захаваць сваё здароўе, павінен ведаць і старацца выконваць правілы здаровага харчавання.



**1.** Якія функцыі асноўных пажыўных рэчываў? **2.** Як вы лічыце, чаму цяпер часта сустракаюцца людзі, якія пакутуюць на атлусценне? **3.** У чым для арганізма чалавека заключаецца шкода ўжывання лішняй колькасці бялкоў? **4\*.** Што ўяўляе сабой вегетарыянства? Якія станоўчыя і адмоўныя бакі гэтай сістэмы харчавання? **5.** У чым заключаецца шкода ўжывання алкаголю для арганізма чалавека?

## \*40. Харчовыя дабаўкі

У многіх харчовых прадуктах, медыкаментах і касметычных сродках у невялікай колькасці змяшчаюцца розныя штучныя дабаўкі. Толькі да хар-

човых прадуктаў дабаўляюць больш за 2000 самых разнастайных рэчываў. Гэта — фарбавальнікі, антызацвердзвальнікі, кансерванты, разрыхляльні-





кі, эмульгатары і інш. У развітых краінах такіх рэчываў прыпадае да 4 кг у год на чалавека.

Многія дабаўкі першапачаткова прымяняліся без дастатковай праверкі і аказаліся шкоднымі для здароўя чалавека. Ад іх выкарыстання адмовіліся. Напрыклад, замяняльнік цукру цыкламат, які ў 30 разоў саладзей за цукар, прымяняць забаронена, паколькі з ім звязана ўзнікненне злаякасных пухлін. У той жа час не да ўсіх дабавак трэба ставіцца адмоўна. Да адных прадуктаў (мука, малако, маргарын) дабаўляюць вітаміны. Да іншых (кухонная соль) — адсутныя ў навакольным асяроддзі ёд або фтор.

**Харчовыя дабаўкі, якія ўводзяцца наймысна.** Наведванне прадуктовага магазіна пераканае любога чалавека ў тым, што шмат дабавак выкарыстоўваецца для афарбоўвання, аховы ад псавання ці іншага «паляпшэння» харчовых прадуктаў. Гэтыя дабаўкі дзеляцца на тры асноўныя групы.

Першая ўключае натуральныя рэчывы, такія як цукар, соль і вітамін С. Да другой групы належаць лабараторныя аналагі прыродных рэчываў. Такі, напрыклад, ванілін — галоўны араматычны кампанент экстракту з натуральнага ванільнага бобу. Трэцяя група — цалкам сінтэтычныя ці «вынайздзеныя» ў лабараторыі рэчывы (напрыклад, сахарын).

Чаму вытворцы харчовых прадуктаў выкарыстоўваюць дабаўкі? Па-пер-

шае, каб зрабіць прадукт больш прыватным для спажывцоў. У харчовыя прадукты часта дабаўляюць фарбавальнікі і араматызатары, каб можна было здагадацца пра іх смак па таму, як яны пахнуць і па знешнім выглядзе (жоўты колер — для лімоннага, ружовы — для сунічнага марожанага).

Газіраваны вінаградны напітак здаецца больш смачным, калі ў яго яркая афарбоўка. Гэтаксама здаецца, што ў марожаным болей вяршкоў, калі яно злёгка жаўтаватага колеру. Ніхто ж не стане купляць зялёныя апельсіны.

Каля 30 % усіх безалкагольных напіткаў змяшчаюць гэтак званыя зацверджаныя фарбавальнікі. Гэта рэчывы, якія сінтэзаваны ці экстрагаваны з нераслінных матэрыялаў і зацверджаны ці правераны на чысціню. Яшчэ 60 % напіткаў афарбаваны паленым цукрам (Cola), і толькі 10 % не афарбаваны зусім (лімонныя напіткі).

Фарбавальнікі і араматызатары выкарыстоўваюцца таксама для замены дарагіх кампанентаў. Напрыклад, натуральны фруктовы сок часта адсутнічае ў штучна афарбаваных і араматызаваных безалкагольных напітках.

Па-другое, выкарыстання пэўных дабавак патрабуюць сучасныя метады гандлю прадуктамі. Хімікаты, якія знішчаюць плесню і захоўваюць ежу мяккай, даюць магчымасць перавозіць, напрыклад, хлебабулачныя вырабы і цукеркі на вялікія адлегласці.



Пасля апрацоўкі гэтыя прадукты яшчэ доўгі час застаюцца свежымі на смак.

Антыаксіданты, якія прадухіляюць з'ялчэнне тлушчаў, даюць магчымасць вырабляць такія паўфабрыкаты, як сумесі для кексаў. Фактычна мноства падобных прадуктаў не магло б існаваць без дабавак, якія надаюць ім смак, колер і здольнасць доўга захоўвацца.

Дабаўкі даюць магчымасць вырабляць больш разнастайную ежу. Некаторыя прадукты нельга захаваць без кансервавання ці замарозкі, а дабаўкі даюць магчымасць спажываць іх увесь год.

Па-трэцяе, шэраг фабрычных харчовых прадуктаў змяшчае дабаўкі вітамінаў і мінеральных рэчываў. У некаторых выпадках гэта патрабуецца для замены карысных рэчываў, якія страчваюцца пры перапрацоўцы. Напрыклад, белы хлеб узбагачаюць тыямінам і рыбафлавінам — вітамінамі, што раскладаюцца пры памале пшаніцы да мукі. У іншых выпадках вітаміны дабаўляюць да прадуктаў, якія шырока выкарыстоўваюцца, з мэтай паляпшэння пажыўнасці. Напрыклад, кашы для сьняданняў хуткага прыгатавання, што не валодаюць вялікай пажыўнай вартасцю, але спажываюцца мільёнамі дзяцей і дарослых ва ўсім свеце, узбагачаюцца вітамінамі. Вітамін С дабаўляюць у многія напіткі, малочныя прадукты.



Не так даўно ў некаторых газіраваных напітках было выяўлена канцэрагеннае рэчыва бензол. Яго колькасць у 5 і

болей разоў перавышала гранічна дапушчальныя нормы, зацверджаныя Сусветнай арганізацыяй аховы здароўя (СААЗ). Вучоныя заняліся гэтай праблемай, і механізм утварэння бензолу ў бутэльках быў раскрыты. Выявілася, што бензаат натрыю, які выкарыстоўваецца ў якасці кансерванту, узаемадзейнічае з аскарбінавай кіслотай (вітамін С) з утварэннем бензолу, вады і вуглякіслага газу. Гэтаму садзейнічае захаванне напітку на святле пры павышанай тэмпературы. Так, пры +30 °С у светлым памяшканні колькасць бензолу ў бутэльках з газіроўкай дасягала 82 мкг/л (пры норме да 10 мкг/л).

**Нітрыты і метгемаглабін.** У якасці кансервантаў прадуктаў харчавання выкарыстоўваюцца **нітраты** і **нітрыты**. Першапачаткова іх дабаўлялі ў мяса і рыбу для прадухілення псавання, паколькі не было халадзільнікаў. Аднак за доўгія гады людзі прызвычаліся да саланаватага смаку, які гэтыя дабаўкі надаюць мясным вырабам. Такім чынам, людзі ўжываюць падсоленае мяса не толькі таму, што яно добра захоўваецца, але і таму, што ім падабаецца такі смак.

Спалучэнне нітрату натрыю з нітрытам натрыю аказвае на мясныя прадукты трайнае ўздзеянне:

1) прадухіляе рост бактэрый, якія выклікаюць псаванне;

2) надае мясу характэрную ружовую афарбоўку;

3) асобы «кансервавы» смак.

Аднак было ўстаноўлена, што нітрыты не бяшчодныя злучэнні. Гемаглабін крыві, рэагуючы з нітрытамі, ператвараецца ў **метгемаглабін**. Метгемаглабін не здольны пераносіць кі-



сларод. Калі 70 % гемаглабіну такім чынам інактывіруецца, наступае смерць ад удушша. Пры меншай долі метгемаглабіну ў крыві могуць узнікнуць сімптомы кіслароднага галадання — галавакружэнне ці задышка. Па гэтай прычыне ўстаноўлены межы для колькасці нітрытаў, якія дабаўляюцца да мяса ці рыбы пры кансерваванні.

Нітраты паступаюць у арганізм чалавека галоўным чынам з гароднінай (табл. 6) і няшмат — з мясной ежай. Вялікая колькасць нітратаў у бураках, баклажанах, радысцы, сельдэрэі, салаце, шпінаце і інш. Нітраты менш атрутныя, чым нітрыты (не акісляюць гемаглабін), але пад уздзеяннем бактэрыяў могуць ператварацца ў нітрыты, калі, напрыклад, расчыненую бляшанку са шпінатам пакінуць па-за халадзільнікам.

Табліца 6.

| Гранічна дапушчальныя канцэнтрацыі нітратаў у раслінах, якія выкарыстоўваюцца ў ежу (мг/кг) |         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Бульба                                                                                      | 250     |
| Агуркі, таматы                                                                              | 150     |
| Буракі                                                                                      | 1400    |
| Цыбуля (пяро)                                                                               | 600     |
| Зяленіўныя расліны                                                                          | 2000    |
| Капуста белакачанная                                                                        | 500—900 |
| Морква                                                                                      | 250—400 |
| Кабачкі                                                                                     | 400     |
| Кавуны                                                                                      | 90      |
| Цыбуля (рэпка)                                                                              | 80      |

Нітрыты могуць узаемадзейнічаць з некаторымі амінамі, якія таксама прысутнічаюць у ежы, з утварэннем **нітразамінаў** (канцэрагенных рэчываў). Нітразаміны ёсць і ў паветры, асабліва ў гарадах. Мяркуюць, што яны ўтвараюцца з аксідаў азоту, якія забруджваюць паветра. Нітразаміны вядомы таксама як кампаненты тытунёвага дыму і некаторых алкагольных напіткаў.

**Прыродныя таксіны.** Некаторыя расліны, а таксама грыбы могуць сінтэзаваць таксічныя рэчывы, відаць, для абароны ад насякомых і іншых жывёл.

Даследаванні паказалі, што вельмі многія з гэтых рэчываў валодаюць *канцэрагенным, тэратагенным* або *мутагенным* дзеяннем. Акрамя таго, таксічныя рэчывы ўтвараюцца ў харчовых прадуктах натуральным чынам у перыяд іх захоўвання.

**Мікатаксіны** сінтэзуюцца плесневымі грыбамі, асабліва пры захоўванні ў вільготных умовах. Афлатаксіны, якія выпрацоўваюцца плесневым грыбам *Aspergillus flavus*, — гэта патэнцыйныя канцэрагены, выяўленыя ў рысе, арахісе, кукурузе, пшаніцы і іншых харчовых прадуктах, што былі прывезены з Азіі, Афрыкі, Паўночнай і Паўднёвай Амерыкі. Яны аказваюць таксічнае ўздзеянне на печань. У сувязі з гэтым трэба пазбягаць прадуктаў, на якіх з'явілася плесня. Нельга даваць заплашнелыя кармы жывёлам.



### Як распазнаць харчовыя дабаўкі?

У большасці краін існуюць правілы, паводле якіх на этыкетках абавязкова павінны быць прыведзены звесткі пра склад прадуктаў, у тым ліку і пра прыменення хімічных дабаўкі. Апошнім (акрамя араматызатараў) прысвойваецца спецыяльны код з літарай «Е». Напрыклад, Е-210 — бензойная кіслата, Е-211 — бензаат натрыю, Е-212 — бензаат калію, Е-236 — мурашыная кіслата (кансерванты), Е-300 — аскаربیная кіслата, Е-330 — лімонная кіслата (падкисляльнікі). Коды араматызатараў складаюцца толькі з лічбаў. Напрыклад, 621 — глютамат натрыю.

Многія харчовыя дабаўкі забаронены для рэалізацыі ў краінах — членах Арганізацыі эканамічнага супрацоўніцтва і развіцця. Яны маюць розныя характарыстыкі:

Е-102, 110, 120, 124, 127 — небяспечныя;

Е-103, 105, 111, 121, 125, 126, 130, 152 — забароненыя;

Е-104, 122, 141, 150, 171, 173, 180, 241 — падазроныя;

Е-123 — вельмі небяспечныя;

Е-131, 142, 210, 211, 212, 213, 215, 216, 217, 240, 330 — канцэрагенныя;

Е-311, 312, 313 — выклікаюць высыпку;

Е-250, 251 — выклікаюць змяненне ціску;

Е-221, 222, 223, 224, 226 — выклікаюць расстройства кішэчніка;

Е-338, 339, 340, 341, 407, 450, 461, 462, 463, 465, 466, 477 — выклікаюць расстройства страўніка;

Е-320, 321, 322 — выклікаюць павышэнне ўзроўню халестэрыну ў крыві;

Е-230, 231, 232, 238 — шкодныя для скуры.



**1.** З якой мэтай выкарыстоўваюць харчовыя дабаўкі? **2.** Чым небяспечна частае ўжыванне газіраваных напіткаў? **3.** У чым заключаецца небяспека пападання нітрытаў у арганізм чалавека? **4.** Чаму нельга выкарыстоўваць у ежу запласнелыя прадукты?\*

## 41. Уплыў біятычных фактараў на здароўе чалавека

**Узбуджальнікі хвароб.** Да найбольш важных біятычных фактараў, якія ўплываюць на здароўе чалавека, належыць санітарна-эпідэміялагічная сітуацыя ў канкрэтнай мясцовасці.

Згодна з вучэннем аб прыроднай ачаговасці інфекцыйных захворванняў узбуджальнікі многіх хвароб існуюць у прыродзе ў межах пэўнай тэрыторыі па-за сувяззю з людзьмі ці свойскімі жывёламі. Такія захворванні называюцца *прыродна-ачаговымі*. Чума,

тулярэмія, клешчавы энцэфаліт і сыпны тыф — прыклады прыродна-ачаговых захворванняў. Узбуджальнікі гэтых захворванняў бесперапынна цыркулююць сярод дзікіх жывёл, часцей грызуноў і птушак. Напрыклад, узбуджальнік тулярэміі (вострая інфекцыйная хвароба) можа бясконца доўга перадавацца з пакалення ў пакаленне ў папуляцыях *норкі*. Пры спрыяльных умовах мікраарганізм можа пашкодзіць чалавека.



Для таго каб адбылося заражэнне жывёлы ці чалавека, часта неабходны пасрэднік — пераносчык узбуджальніка хваробы. Звычайна гэта крыва-смокі — кляшчы, камары, блохі. Тыя хваробы, узбуджальнікі якіх перадаюцца праз пераносчыка, называюцца *трансмісійнымі*.



Клешчавы энцэфаліт — віруснае захворванне, якое пашкоджвае цэнтральную нервовую сістэму. Пераносчыкі і захавальнікі віруса — *іксодавыя кляшчы* (мал. 96). У апошні час выпадкі захворвання клешчавым энцэфалітам назіраюцца і ў Беларусі. Кляшчы пачынаюць нападаць ранней вясной, пасля раставання снегу. Як выявілася, вірус перадаецца не толькі кляшчамі. Атрымаць яго магчыма і праз малако свойскіх жывёл, якіх пакусаў клешч.

Існуюць і такія прыродна-ачаговыя хваробы, пры якіх перадача ўзбуджальніка адбываецца без удзелу пераносчыка кантактным шляхам — пры ўкусе жывёлы (шаленства); праз вадугу (безжаўтушны лептаспіроз); з ежай (дыерсеніёз); паветрана-кропельным шляхам (чума, арнітоз).



Выпадкі цяжкага інфекцыйнага захворвання — шаленства — сустракаюцца ва ўсім свеце. Пераносчыкамі віруса з'яўляюцца дзікія звяры: *лісы, яноты, ласкі, тхары, янотападобныя сабакі, ваўкі* і інш. Інкубачыйны перыяд працягваецца ад 30 да 90 дзён. У выпадку праяўлення сімптомаў ляцальны канец складае 100%. Вось чаму прышчэпкі ад шаленства неабходна рабіць адразу пасля кантакту з хворай жывёлай.

Людзі і свойскія жывёлы могуць заражацца ўзбуджальнікамі прыродна-ачаговых хвароб, трапляючы на тэрыторыю прыроднага ачага — месца пражывання пераносчыкаў і ўзбуджальнікаў.

Прыродныя ачагі інфекцыі звязаны з пэўнымі экасістэмамі. У гэтых экасістэмах узбуджальнікі, пераносчыкі і жывёлы-гаспадары існуюць сумесна, прыстасоўваючыся адзін да аднаго. Пры гэтым узбуджальнік звычайна не знішчае гаспадара. Падобны характар маюць прыродныя ачагі чумы, тулярэміі, малярыі, віруснага гепатыту, клешчавага энцэфаліту.

Асноўная задача прафілактыкі прыродна-ачаговых захворванняў заключаецца ў тым, каб разарваць якое-небудзь звязно ланцуга, па якім цыркулюе інфекцыя. Гэтаму садзейнічае агульнае аздараўленне ландшафту, правільная апрацоўка глебы і своеча-



Мал. 96. *Іксодавы таежны клешч* — пераносчык узбуджальнікаў клешчавага энцэфаліту і барэліёзу



совая ўборка ўраджаю сельскагаспадарчых культур, знішчэнне мясцін збірання і размнажэння грызуноў і іншых пераносчыкаў хвароб.

**Эпідэміі.** У прыродзе хваробатворныя арганізмы іграюць важную ролю, абмяжоўваючы колькасць папуляцый. Як толькі якая-небудзь папуляцыя пачынае рэзка павялічвацца, яна атакуецца вірусамі, хваробатворнымі бактэрыямі, пратыстамі, грыбамі. Чалавечая папуляцыя — не выключэнне. З гісторыі вядома, што ў старажытных і сярэдневяковых гарадах эпідэміі былі частымі гасцямі. Згубныя эпідэміі халеры, воспы, «чорнай смерці» — чумы спустошвалі гарады і краіны, прыкметна замаруджваючы рост колькасці насельніцтва.



Першая эпідэмія чумы — юсцініянская — у IV ст. ахапіла Паўночную Афрыку, Сірыю, Еўропу, Малую Азію. Яна панесла жыцці больш за 100 млн чалавек (больш за трэць насельніцтва планеты таго часу).

Другая буйная эпідэмія чумы пранеслася над Еўропай у XIV ст. і знішчыла больш за 25 млн чалавек — амаль палову насельніцтва Еўропы. На в. Кіпр не засталася жывым нікога.

Фактарамі, якія садзейнічалі ўзнікненню эпідэміяў, былі высокая шчыльнасць насельніцтва (перш за ўсё ў гарадах) і катастрофічна дрэнны санітарны стан. Такія ўмовы спрыялі ўзнікненню і распаўсюджванню хвароб. Чума, прыроднымі носьбітамі якой з'яўляюцца грызуны, а пераносчыкамі — блохі, перадавалася людзям праз «хат-

кіх» насельнікаў. Сярод людзей хвароба распаўсюджвалася ўжо не толькі блохамі, але і паветрана-кропельным шляхам ці падчас непасрэднага кантакту з хворым. У той час чума прыводзіла практычна да 100-працэнтнага лятальнага канца. Тыя, каго хвароба абыходзіла, пакідалі гарады. Шчыльнасць папуляцыі людзей змяншалася, эпідэмія ішла на спад, і аднаўлялася адносная раўнавага.

Дзякуючы развіццю ў XVII—XIX стст. медыцыны і гігіены, верагоднасць узнікнення эпідэміяў знізілася. Цяпер шчыльнасць папуляцый людзей, асабліва ў гарадах, зноў моцна ўзрасла. Таму біятычныя фактары час ад часу даюць пра сябе знаць — перыядычна назіраюцца ўспышкі тулярэміі, халеры, гепатыту. Не ліквідаваны ачагі малярыі, энцэфаліту, расце колькасць венерычных захворванняў.

У апошнія дзесяцігоддзі праявіла сябе яшчэ адна сур'ёзная інфекцыйная хвароба — сіндром набытага імуннадэфіцыту (СНІД). Узнікла небяспека, што новая хвароба, якую часта называюць «чумой XX стагоддзя», стане істотным фактарам, што можа аказаць уплыў на дэмаграфічныя працэсы.

Даследаванні эпідэміёлагаў, паразітолагаў, медыкаў сведчаць, што сёння ў выніку антрапагенных змяненняў прыроднага асяроддзя назіраецца рост інфекцыйных захворванняў, павялічваецца верагоднасць узнікнення нечаканых эпідэміялагічных сітуацый.



**Уплыў біятычных фактараў праз прадукты харчавання.** Жывыя арганізмы могуць аказваць уздзеянне на чалавека праз атрутныя рэчывы, якія, выпрацаваўшыся ў іх арганізме, трапляюць у прадукты харчавання. Напрыклад, у сярэднявековай было распаўсюджана захворванне эргатызм, выкліканае таксінамі, якія змяшчаюцца ў рожках (склероцыях) грыба *спарынні* (мал. 97). Гэты грыб паразітуе на злаках, пры гэтым у каласях замест зярнят утвараюцца рожкі спарынні. Пры эргатызме ў чалавека пашкоджваецца гладкая і папярочна-паласатая мускулатура. Было выяўлена, што таксіны склероцыяў спарынні адносна няўстойлівыя і пры захаванні зерня на працягу 2—3 гадоў разбураюцца. Сёння эргатызм — хвароба слабаразвітых краін. Апошняя яго ўспышка адбылася ў канцы XX ст. падчас голаду ў Эфіопіі. У развітых краінах, дзе зерне захоўваецца на працягу некалькіх гадоў і толькі потым ідзе на памол, захворванняў эргатызмам практычна не назіраецца.

**Інтрадукцыя як біятычны фактар.** Непрадказальныя і, часам,



Мал. 97. Рожкі спарынні

цяжкія вынікі для чалавека можа мець неабгрунтаваная інтрадукцыя новых відаў. **Інтрадукцыя** — гэта перасяленне якога-небудзь віду за межы яго прыроднага арэала і ўкараненне ў мясцовыя экасістэмы. Напрыклад, у 1965 г. у Бразілію з мэтай вывядзення новых перспектывных гібрыдаў былі завезены *афрыканскія пчолы*, якія аказаліся намнога больш агрэсіўныя, чым мясцовыя. Выпадкова некалькі сямей трапілі ў прыроду (здзічэлі). Афрыканскія пчолы пачалі шырока распаўсюджвацца, знішчаючы мясцовых пчол ці скрыжоўваючыся з імі. Тады ад укусаў пчол у Бразіліі загінула некалькі сотняў чалавек, былі знішчаны дзесяткі тысяч свайскіх жывёл.



1. У чым заключаецца негатыўны ўплыў жывых арганізмаў на чалавека?
2. Якія захворванні называюцца прыродна-ачаговымі? Якія меры прафілактыкі гэтых захворванняў?
3. Чым характарызуецца трансмісіўныя захворванні?
4. Якія прычыны ўзнікнення эпідэміяў?
5. Да якіх вынікаў можа прыводзіць інтрадукцыя?



## 42. Уплыў антрапагенных фактараў на здароўе чалавека. Ядахімікаты. Мінеральныя ўгнаенні

**Асноўныя антрапагенныя фактары.** Негатыўны ўплыў дзейнасці чалавека на яго ўласнае здароўе велізарны. Ядахімікаты і бытавая хімія, цяжкія металы і пластыкі, наркатыкі і тытунь, шум і электрамагнітныя палі, радыяцыя і кіслотныя дажджы, біялагічная і хімічная зброя, прамысловыя адходы — усё гэта і шмат іншага параджаецца чалавекам.

Чалавек вывучыў уплыў на свой арганізм толькі некалькіх груп створаных ім фактараў, якія так ці інакш забруджваюць навакольнае асяроддзе. Сёння да іх належаць: **хімічныя** — пестыцыды (ядахімікаты), мінеральныя ўгнаенні, цяжкія металы, моцнадзейныя атрутныя прамысловыя рэчывы, дым (у тым ліку тытунёвы), будаўнічыя матэрыялы і бытавая хімія; **фізічныя** — шум, вібрацыя, электрамагнітнае выпраменьванне і радыяцыя. Сёння вядома шмат хімічных рэчываў, якія не разбураюцца на працягу доўгага часу і здольны назапашвацца ў ланцугах харчавання. Некаторыя з іх доўга не выводзяцца з арганізма, акумулюючыся ў тканках і органах. Гэта цягне за сабой паступовае павелічэнне іх канцэнтрацыі і ўзмацненне негатыўнага ўплыву (так званы *кумулятыўны* эффект).

**Кантроль за станам навакольнага асяроддзя.** Асноўны метады

кантролю за чысцінёй навакольнага асяроддзя — гэта ацэнка змяшчэння ў ім пэўных шкодных рэчываў адносна гранічна дапушчальных канцэнтрацый і доз, як у біятопах, так і на пэўных узроўнях трафічных ланцугоў.

**Гранічна дапушчальная канцэнтрацыя (ГДК)** — гэта канцэнтрацыя шкоднага рэчыва ў навакольным асяроддзі, колькасць якога пры ўздзеянні на людзей, якія жывуць у дадзенай мясцовасці кругласутачна і на працягу ўсяго жыцця, не можа выклікаць захворванняў (што выяўляюцца сучаснымі метадамі даследавання), як у цяперашні час, так і ў далёкай будучыні. Звычайна ГДК адлюстроўвае крытычны дыяпазон якога-небудзь фактара, за межамі якога чалавек з зоны оптымуму ці нормы трапляе ў зону песімуму (прыгнятання).

\*У апошнія гады адмоўны ўплыў атмасферных забруджванняў на здароўе людзей стаў асабліва значным. Гэта звязана са змяненнем шляхоў паступлення чужародных рэчываў — **ксенабіётыкаў** (грэч. *xénos* — чужы, *bios* — жыццё) — у арганізм чалавека. На ўсім працягу эвалюцыі жывёльнага свету галоўнымі варотамі іх пранікнення ў арганізм быў страўнікава-кішачны тракт. Сфарміраваліся і адпаведныя механізмы абясшкоджвання чужародных рэчываў: ахоўную





функцыю ўзяла на сябе печань. Яна забяспечвала захаванне пастаянства ўнутранага асяроддзя арганізма. Сёння сітуацыя карэнным чынам змянілася — аднолькавая, калі не большая, доля ксенабіётыкаў паступае ў арганізм праз органы дыхання, якія не маюць хімічнага заслону. Па гэтай прычыне арганізм чалавека значна больш адчувальна рэагуе на пранікненне ў яго таксічных рэчываў праз лёгкія, чым праз страўнікава-кішачны тракт. Гэта акалічнасць улічваецца пры вызначэнні ГДК забруджвальнікаў паветра і вады.\*



Так, сярэднясутачная ГДК хларыду вадароду ў паветры гарадоў складае  $0,2 \text{ мг/м}^3$ , аксід азоту (IV) —  $0,085$ , аксід серы (IV) —  $0,05$ , аміяку —  $0,2$ , нітрабензолу —  $0,08$ , азону —  $0,03$ , ртуці металічнай, свінцу і яго злучэнняў —  $0,0003 \text{ мг/м}^3$ .

**Гранічна дапушчальная доза (ГДД)** — гэта максімальная колькасць шкоднага агента, пранікненне якога ў арганізм жывых істот (праз дыханне, ежу і да т. п.) яшчэ не аказвае згубнага ўплыву. Звычайна ўстанаўліваецца адначасовая ГДД і ГДД за пэўны прамежак часу (гадзіну, суткі і да т. п.).

Распрацоўку ГДК і ГДД ажыццяўляюць спецыялізаваныя навукова-даследчыя арганізацыі. Перавышэнне ГДК і ГДД заўсёды суправаджаецца пагаршэннем папуляцыйнага здароўя насельніцтва.

У апошні час пры вызначэнні ГДК улічваецца не толькі ступень уплыву забруджвальнікаў на здароўе чалавека, але і іх уздзеянне на дзікіх жывёл, расліны, грыбы, мікраарганізмы, а таксама на прыродныя згуртаванні ў цэлым.

Даследаванні ўплыву канцэрагенных рэчываў і іанізавальнай радыяцыі на жывыя арганізмы паказалі, што не існуе ніжніх бяспечных меж, а значыць, і ГДК для іх. Любое перавышэнне прыродных фонаў па гэтых фактарах небяспечна для жывых арганізмаў.

**Ядахімікаты**, ці **пестыцыды**, складаюць вялікую групу рэчываў, якія прымяняюцца для барацьбы з пустазеллем, шкоднікамі і хваробамі сельскагаспадарчых раслін.

У адпаведнасці з прызначэннем ядахімікаты падраздзяляюцца на некалькі груп. **Інсектыцыды** выкарыстоўваюцца для барацьбы з насякомымі-шкоднікамі. **Бактэрыцыды** накіраваны на знішчэнне ўзбуджальнікаў бактэрыяльных захворванняў. **Фунгіцыды** — супрацьгрыбковыя прэпараты. **Заацыды** выкарыстоўваюцца для знішчэння грызуноў, **нематацыды** — супраць круглых чарвей. **Гербіцыды** выкарыстоўваюцца для барацьбы з пустазеллем. Многія прэпараты маюць комплекснае дзеянне: напрыклад, з дапамогай ядахімікату ДДТ знішчалі і насякомых, і чарвей, і грызуноў.



Прамысловасць вырабляе некалькі груп ядахімікатаў. Найбольш шырока выкарыстоўваюцца фосфарарганічныя злучэнні, карбаматы (на аснове карбамінавай кіслаты) і фунгіцыды, якія змяшчаюць медзь. Вытворчасць і выкарыстанне хлорарганічных, ртуцарганічных і нітрафенольных ядахімікатаў, што шырока выкарыстоўваліся з сярэдзіны XX ст., у цяперашні час з-за высокай таксічнасці ў большасці краін свету забаронены.

\*Найбольш вядомым хлорарганічным пестыцыдам з'яўляецца **інсектыцыд ДДТ** (дыхлордыфенілтрыхлорметылметан). Інсектыцыдныя ўласцівасці гэтага рэчыва выявіў швейцарскі хімік П. Мюлер, за што і атрымаў Нобелеўскую прэмію. У 1943 г. пачалася масавая вытворчасць гэтага прэпарата. Адна мільённая частка грама ДДТ імгненна паралізавала насякомае. Да сярэдзіны 60-х гг. мінулага стагоддзя ў свеце ўжо было выраблена і распылена на палях каля 1,5 млн т гэтага прэпарата. Прымяненне ДДТ забяспечыла атрыманне высокіх ураджаяў сельскагаспадарчых культур і дало магчымасць ажыццявіць «зьялёную рэвалюцыю» ў краінах Лацінскай Амерыкі і Паўднёва-Усходняй Азіі.

Аднак ужо ў 50-х гг. з'явіліся даныя пра тое, што шмат якія насякомыя страцілі ўспрымальнасць да ДДТ. Пачалі з'яўляцца звесткі пра гібель некаторых відаў насякомаедных пту-

шак, пчол і крэветак, пра змяншэнне эфектыўнасці апылення кветкавых раслін. ДДТ у павышаных дозах пачалі выяўляць у тканках прамысловых рыб, асабліва макрэлі, спажыванне якой у ежу прыводзіла да цяжкіх атручванняў людзей. Павышаная колькасць прэпарата была выяўлена ў печані пінгвінаў і нават у жаночым малацэ. Аказалася, што ДДТ з'яўляецца хімічна ўстойлівым злучэннем з перыядам паўраспаду 49 гадоў. Ён здольны назапашвацца ў глебе і вадзе і паступаць адтуль у ланцугі харчавання (мал. 98). На кожным трафічным узроўні яго канцэнтрацыя ўзрастае ў дзесяткі, сотні і нават тысячы разоў. Трапляючы ў такіх дозах да апошняга кансумента трафічных ланцугоў — чалавека, ДДТ назапашваўся ў тканках і выклікаў захворванні нервовай сістэмы, сэрца, печані. Такім чынам, было ўстаноўлена, што ДДТ — таксічны доўгажывучы пестыцыд з выразным кумулятыўным эфектам. З-за небяспекі для здароўя чалавека выкарыстанне гэтага пестыцыду было забаронена ва ўсіх краінах свету. Аднак нават у цяперашні час у некаторых рэгіёнах свету колькасць ДДТ у тканках чалавека ў сярэднім у 2 разы перавышае ГДК.\*

Дзеючым рэчывам некаторых гербіцыдаў з'яўляецца **дыяксін**. Дыяксіны — найбольш небяспечныя з бруджвальнікаў навакольнага асярод-





Мал. 98. Міграцыя ДДТ у экалагічных ланцугах

дзя, вынік гаспадарчай дзейнасці чалавека.



У малекуле дыяксіну два бензольныя кольцы, кожнае з якіх мае па два атамы хлору, злучаныя між сабой двума атамамі кіслароду. Простая і даска-

налая форма. Гэта формула належыць самаму таксічнаму з усіх штучных рэчываў, дзеянне якога мацней за курарэ, стрыхнін, цыяніды, забароненыя сёння атрутныя рэчывы: зарын, заман, табун, V-газы.

Дыяксін — надзвычай устойлівае рэчывы. Яны з пагражальнай хуткасцю назапашваюцца ў навакольным асяроддзі, пераносяцца паветранымі патокамі на вялікіх адлегласці, з'яўляючыся пагрозай для жывых арганізмаў планеты.



\*Фосфарарганічныя пестыцыды тармазяць працу ферментаў. Пры гэтым парушаюцца функцыі ўсіх унутраных органаў. Атрुчванне суправаджаецца галаўной боллю, слабасцю, часам ванітамі. У цяжкіх выпадках назіраецца страта прытомнасці, пашкоджваюцца ныркі, печань, сэрца.

Прэпараты, якія змяшчаюць медзь, назапашваюцца ў глебе, часткова ў пладах, і могуць трапляць у арганізм чалавека. Медзь выклікае агульнае атручванне. Сімптомы атручвання — металічны прысмак у роце, павелічэнне слінавыдзялення, ваніты. Пры высокіх канцэнтрацыях назіраецца распад эрытрацытаў, з'яўляюцца сімптомы жаўтухі, узрастае верагоднасць лятальнага канца.

Такім чынам, атручванні пестыцыдамі і прадуктамі іх трансфармацыі ў экасістэмах з'яўляюцца асноўнымі праявамі зваротнага ўплыву антрапагенных фактараў на чалавека.\*

**Мінеральныя ўгнаенні** належаць да асноўных забруджвальнікаў навакольнага асяроддзя. Сёння прамысло-

васць выпускае некалькі сотняў найменняў азотных, фосфарных, калійных і камбінаваных угнаенняў. Штогод яны ўносяцца ў глебу дзесяткамі мільёнаў тон. Расліны засвойваюць не больш за 40 % гэтай масы, а астатняя частка трапляе ў вадаёмы. Пітная вада, забруджаная мінеральнымі ўгнаеннямі (у першую чаргу азотнымі), стала звычайнай з'явай у многіх рэгіёнах свету.

Акрамя таго, высокія канцэнтрацыі ўгнаенняў у глебе выклікаюць іх павышанае назапашванне ў раслінах і, адпаведна, у прадуктах харчавання, якія трапляюць да нас на стол. Нітратныя атручванні як пітной вадой, так і «пераўгноенымі» садавінай і гароднінай сёння часта сустракаюцца ў многіх раёнах свету.



Лёгкае атручванне наступае пры канцэнтрацыях нітратаў ад 300 мг/л у дарослых людзей і ад 100 мг/л у дзяцей. Яно суправаджаецца вяласцю і агульнай слабасцю.

Пры канцэнтрацыі нітратаў каля 1 г на 1 л вады ці на 1 кг ежы наступае вострае атручванне. Яно суправаджаецца млоснасцю, ванітамі, паносам, сінюшнасцю скуры, болям у грудзях. Лятальная доза нітратаў для чалавека складае прыкладна 2,5 г.



1. Якія фактары называюцца антрапагеннымі? Пералічыце важнейшыя з іх.
2. Растлумачце значэнне паняцця «кумулятыўны эффект».
3. Якімі ўласцівасцямі павінны валодаць пестыцыды? Пералічыце асноўныя групы пестыцыдаў, якія выкарыстоўваюцца ў сельскай гаспадарцы.
4. У чым заключаецца галоўная небяспека пестыцыдаў для здароўя чалавека?
5. Што з'яўляецца крытэрыем ацэнкі чысціні навакольнага асяроддзя?
6. У чым заключаецца небяспека прымянення ўгнаенняў для здароўя чалавека?





### 43. Цяжкія металы. Моцнадзейныя атрутныя прамысловыя рэчывы

**Цяжкія металы.** Атручванне імі займае трэцяе месца пасля атручванняў пестыцыдамі і нітратамі. Цяжкія металы — ртуць, свінец, цынк, марганец, хром, нікель — выкарыстоўваюцца чалавекам з даўніх часоў. Пра небяспечныя ўласцівасці некаторых з іх, асабліва «жывога себра» — **ртуці**, было вядома яшчэ ў пачатку другога тысячагоддзя. Прыкметы ртутнага атручвання назіраліся ў работнікаў фабрык галаўных убораў (у працэсе вырабу фетру шэрсць вымочвалі ў нітраце ртуці), у шахцёраў ртутных шахт, у паліцэйскіх (яны выкарыстоўвалі ртутныя фарбавальнікі для зняцця адбіткаў пальцаў).



У 1953 г. ртуцю атруціліся 202 жыхары японскага мястэчка Мінамата, 52 з іх памерлі. Прычынай атручвання стала ўжыванне крабаў, у тканках якіх аказалася высокая колькасць ртуці. Яна назапасілася ў целе крабаў з вады заліва, забруджанай сцёкамі хімічнага завода, што выкарыстоўваў хлорную ртуць як каталізатар. Канцэнтрацыя ртуці ў вадзе заліва была ў 4—30 тыс. разоў вышэй, чым у адкрытым акіяне. Пры гэтым канцэнтрацыя ртуці ў нырках памерлых людзей была ў 6 разоў вышэй, чым у целе крабаў. Такім чынам, былі ўпершыню выяўлены кумулятыўныя ўласцівасці цяжкіх металаў.

У другой палове XX ст. з'явіліся першыя звесткі пра ртутныя атручванні, звязаныя з непасрэдным кантактам з гэтым металам. Ртуць у прыродзе

не дэактывуецца. Яна назапашваецца ў глебе і вадаёмах, далей мігрыруе па харчовых ланцугах, паступова канцэнтруючыся, як і ДДТ.

Прычынай атручванняў можа быць **свінец**. Хвароба, звязаная з атручваннем свінцом, называецца сатурнізмам. Свінец, трапляючы ў арганізм, выклікае дэнатурацыю (разбурэнне прыроднай структуры) бялкоў, што цягне за сабой парушэнне ферментаўнай актыўнасці. Атручванне свінцом выклікае зніжэнне колькасці гемаглабіну ў крыві ў выніку разбурэння эрытрацытаў. У хворых на сатурнізм з'яўляецца слабасць, апатыя, парушаецца памяць, назіраецца прагрэсірующая фізічная і разумовая дэградацыя.



Звесткі пра свінцовыя атручванні вядомы яшчэ з тых часоў, калі са свінцу выраблялі водаправодныя трубы. Такі водаправод дзейнічаў у Старажытным Рыме (у той час працягласць жыцця рымскіх патрыцыяў не перавышала 25 гадоў). Сёння, верагодна, нідзе ў свеце няма свінцовых водаправодаў, аднак колькасць выпадкаў захворвання на сатурнізм узрастае. Свінец выкідваецца ў атмасферу ў складзе выхлупных газаў аўтамабіляў (тэтраэтылсвінец дабаўляецца ў бензін у якасці антыдэтанатара). Значная частка яго назапашваецца ў глебе, асабліва паблізу аўтамабільных дарог. У прыдарожнай паласе на адлегласці да 100 м ад шашы колькасць свінцу можа дасягаць 100—150 мкг/кг глебы, у той час як яго нармальнае колькасць у літасферы складае не больш за 10 мкг/кг. З глебы свінец трап-



ляе ў ланцугі харчавання. Забруджанне біясферы свінцом ілюструе такі факт: колькасць свінцу ў касцях старажытных людзей складала ўсяго 2 мг, у той час як у сучаснага чалавека — 100—200 мг.

Іншыя цяжкія металы, як ртуть і свинец, таксама аказваюць таксічнае ўздзеянне на арганізм чалавека. Яны здольны назапашвацца ў яго арганізме, маюць працяглае дзеянне і выводзяцца з кругавароту рэчываў толькі ў выпадку вымывання ў Сусветны акіян і захавання ў донных адкладах.

**Моцнадзейныя атрутныя прамысловыя рэчывы (МАПР) і дым** сталі пастаяннымі спадарожнікамі сучаснага чалавека (мал. 99). Пашкоджанні сховішчаў, пажары, выбухі, аварыйныя выкіды, якія здараюцца на прамысловых прадпрыемствах, катастрофы на марскім і чыгуначным транспарце прыводзяць да атручвання мноства людзей. Найбольш часта сустракаюцца атручванні хлорам, аміякам, выпарэннямі розных кіслот, се-

равадародам, вуглевадародамі і меркаптанами.

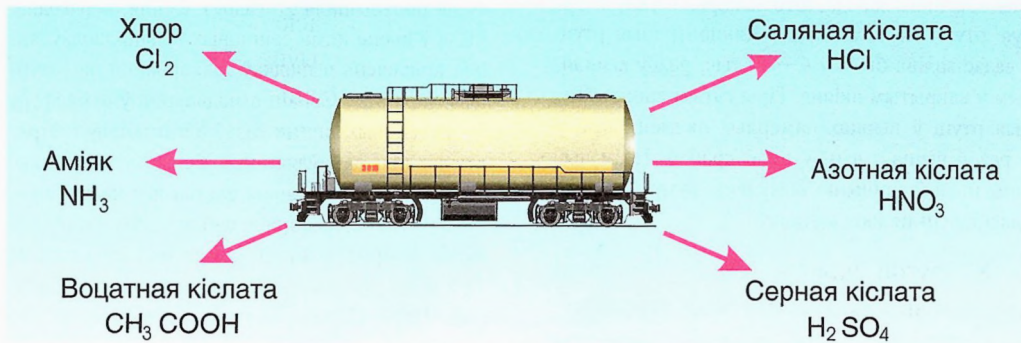
У выніку атручвання **хлорам** развіваюцца астматычны бронхіт, таксічнае запаленне лёгкіх, спазмы галасавых звязак.

Атручванне **аміякам** выклікае ўсім вядомыя захворванні — ларынгіт, трахеіт, трахеабронхіт.

Лёгкія атручванні парамі **кіслот** (сернай, сяляннай, азотнай, воцатнай і інш.) прыводзяць да пашкоджання дыхальных шляхоў, выклікаюць апёкі скуры, доўга не зажываючыя раны.

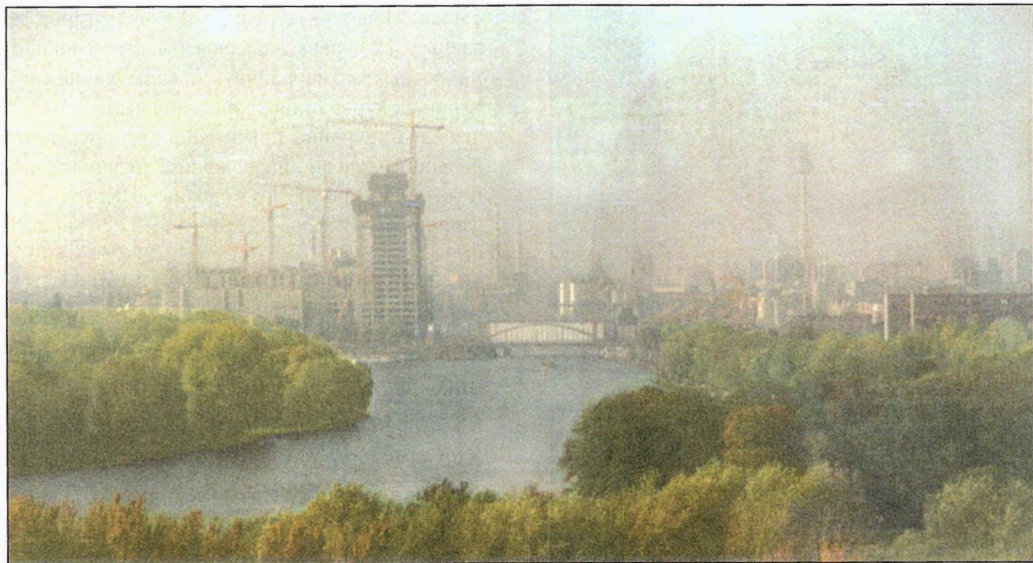
Пры высокіх канцэнтрацыях МАПР магчымы лятальны канец.

Кіслотныя атручванні могуць выклікацца **смогам** — таксічным туманам, які складаецца з пылавых часцінак і кропель вільгаці (мал. 100). У атмасферу разам з дымам і газавымі прамысловымі выкідамі трапляе аксід азоту (IV). Ён узаемадзейнічае з парамі вады, вуглякіслым газам і кіслародам. У выніку ўтвараюцца азот-



Мал. 99. Моцнадзейныя атрутныя рэчывы





Мал. 100. Смог над горадам

ная кіслата, альдэгіды, спецыфічныя нітратныя злучэнні, якія і выклікаюць атручванні.

Яшчэ адна крыніца МАПР — гэта выхляпныя газы аўтамабіляў. Набор атрутных рэчываў у іх велізарны: чадны газ, тэтраэтылсвінец, аксіды азоту і серы, альдэгіды, бензапірэн і інш. Усяго больш за 200 найменняў. Працяглае ўздзеянне выхляпных газаў на чалавека павялічвае частату захворванняў бронхітам, вострымі рэспіраторнымі захворваннямі, пнеўманіяй, садзейнічае ўзнікненню розных пухлін.

**Тытунёвы дым** — распаўсюджаны і надзвычай шкодны фактар, які аказвае ўплыў на здароўе чалавека. Курыльшчык удыхае паветра, узровень забруджвання якога ў 384 тыс.

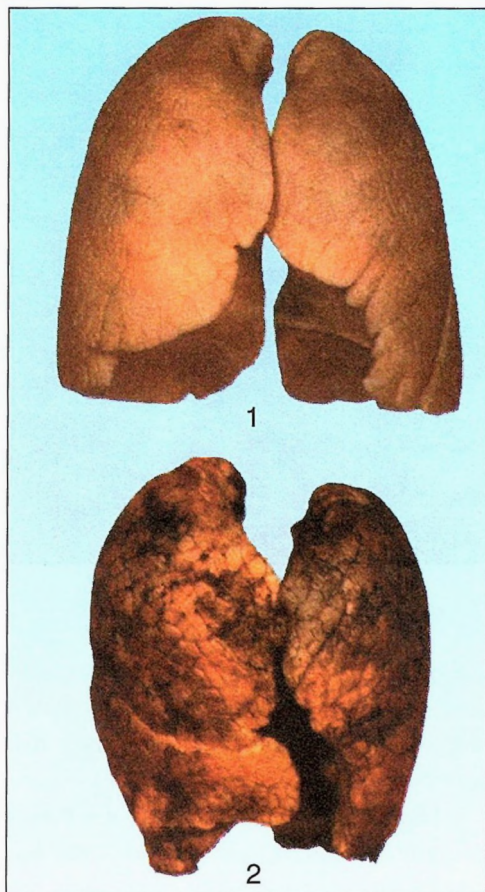
разоў перавышае ГДК. Паводле ацэнак медыкаў, удыхаць тытунёвы дым у 4 разы больш шкодна, чым газ з выхляпной трубы аўтамабіля.

Неабходна ўлічваць таксама, што ў апошнія дзесяцігоддзі тытунь стаў на многа больш таксічным, чым быў, напрыклад, у XIX ст. Гэта абумоўлена высокай гіграскапічнасцю тытунёвага ліста, які актыўна паглынае з паветра шкодныя дамешкі, колькасць якіх пастаянна ўзрастае.



Штогод на Зямлі ад хвароб, звязаных з курэннем, памірае 1,5 млн чалавек (мал. 101). Толькі ў ЗША, дзе на пачатку 90-х гг. мінулага стагоддзя курыла прыблізна 29 % дарослага насельніцтва, ад хвароб, выкліканых гэтай шкоднай звычайкай, паміралі 390 тыс. чалавек штогод. А затраты на





Мал. 101. Лёгкія чалавека, які не курыць (1), і курца (2)

лячэнне захворванняў, звязаных з курэннем, у сукупнасці з вымушанай адсутнасцю хворых на вытворчасці, складалі ад 50 да 100 млн долараў штогод. Таму ў цяперашні час многія фірмы не прымаюць на працу людзей, якія кураць.

Асабліва шкодна курэнне для жаночага арганізма. Як паказалі даследаванні амерыканскіх медыкаў, 80 % абследаваных жанчын, якія выкурвалі 26 і больш цыгарэт на дзень на працягу 20 гадоў, паміралі ад захворванняў

сэрца. Нават выкурванне 1—4 цыгарэт на дзень у 12,4 раза павышае рызыку ўзнікнення розных захворванняў. Абсалютна недапушчальна курэнне цяжарных жанчын. У 100 % выпадкаў курэнне прыводзіць да парушэнняў развіцця плода, нараджэння неданашаных, нежыццяздольных ці з рознымі адхіленнямі дзяцей.

Уцягванню моладзі ў шэрагі куральшчыкаў садзейнічае яркая замежная рэклама, якая ў развітых краінах даўно забаронена. Наогул, сёння на Захадзе курыць стала нямодна. Курэнне разглядаецца як прыкмета неадукаванасці, абмежаванасці, бескультурнасці.

**Будаўнічыя матэрыялы і бытавая хімія.** Крыніца пастаяннага шкоднага ўздзеяння на здароўе чалавека — гэта рэчы і матэрыялы, якія акружаюць яго ў побыце. Лакі, фарбы, арганічныя растваральнікі, сінтэтычныя мыючыя сродкі, асвятляльныя паветра, аэразолі, шматлікія полімерныя матэрыялы — усё гэта адбіваецца на ўзроўні захворванняў чалавека.

Сярод рэчываў, што выдзяляюцца будаўнічымі матэрыяламі, найбольшую пагрозу ўяўляюць фармальдэгід і азбест. **Фармальдэгід** трапляе ў паветра пераважна з драўняна-стружкавых і драўнянавалакністых пліт (ДСП і ДВП), якія шырока выкарыстоўваюцца пры вырабе мэблі і аздобе памяшканняў. ГДК фармальдэгіду ў паветры — 0,1—0,12 мг/м<sup>3</sup>. Канцэнтрацыя яго ў сучасных ква-





тэрах дасягае прыблізна  $0,5 \text{ мг/м}^3$ , а ў асобных выпадках —  $3 \text{ мг/м}^3$ . Фармальдэгід выклікае кан'юнктывіты, запаленні скуры, захворванні органаў дыхання, валодае канцэрагеннымі ўласцівасцямі.

**Азбест** выкарыстоўваецца як ізаляцыйны і супрацьпажарны матэрыял, уваходзіць у склад азбестацэментных труб. У выглядзе мікрачастачак (дыяметрам каля  $5 \text{ мкм}$ ) ён трапляе ў паветра, а затым у лёгкія, выклікаючы цэлы «букет» захворванняў, у тым ліку анкалагічных.

Разнастайныя **арганічныя растваральнікі, лакі і фарбы, дэзадаранты і аэразолі** валодаюць слаба- і сярэдне-таксічнымі ўласцівасцямі. Яны здольны выклікаць алергічныя рэакцыі,

раздражненне слізістых абалонак, захворванні дыхальных шляхоў, печані і нырак, нервовыя расстройства. Асабліва гэта датычыцца **метыленхларыду і тэтрахлорэтылену**, якія ўваходзяць у склад многіх растваральнікаў і асвятляльных паветра. Нават з хлараванай гарачай вады ў невялікай колькасці выдзяляецца канцэраген **хлараформ**.

З пластмасавых вырабаў і штучных пакрыццяў таксама выдзяляюцца таксічныя для арганізма чалавека злучэнні.

Менавіта таму ў цяперашні час сапраўды папулярнымі будаўнічымі матэрыяламі і бытавымі вырабамі і рэчамі лічацца не сінтэтычныя, а вырабленыя з прыроднай сыравіны.



1. Дайце характарыстыку ўздзеяння на арганізм чалавека некаторых забруджвальнікаў навакольнага асяроддзя (ртуці, свінцу, хлору, аміяку, бензапірэну, фармальдэгіду).
2. Што ўяўляе сабой смог? Як ён утвараецца?
3. У чым заключаецца небяспека курэння для здароўя чалавека?
4. Якія атрутныя рэчывы змяшчаюць выхlapныя газы аўтамабіляў?

## 44. Шумавое забруджванне. Вібрацыя

**Шум і яго крыніцы.** Шум як фізічны фактар уяўляе сабой механічны вагальны рух пругкага асяроддзя, які хвалепадобна распаўсюджваецца і носіць, як правіла, хаатычны, выпадковы характар. Характар вытворчага шуму залежыць ад віду яго крыніцы:

**механічны** — праца розных механізмаў;

**ударны** — каванне, кляпанне і інш.;

**аэрадынамічны** — рух паветра па трубах ці розных працэсах у газах;

**выбуховы** — праца рухавікоў унутранага згарання.

Інтэнсіўнасць гуку вымяраецца ў дэцыбелах (дБ). Мяжа адчувальнасці слыхавога аналізатара чалавека да гукаў —  $0 \text{ дБ}$ , гукі інтэнсіўнасцю вышэй за  $130 \text{ дБ}$  выклікаюць адчуванне болю.



Узровень шуму ацэньваецца ўзроўнем гукавага ціску і выражаецца ў дэцыбелах (дБ) паводле лагарыфмічнай шкалы (шум у 100 дБ у 10 разоў мацнейшы, чым шум у 90 дБ).

У параўнанні з XIX ст. узровень шуму ў сучасных гарадах узрос у 10 тыс. разоў. Крыніцамі шуму з'яўляюцца транспарт, машыны і механізмы, прамысловыя аб'екты, гучнагаворачыя прылады, ліфты, тэлевізары і радыёпрыёмнікі, музычныя інструменты, вялікія колькасці людзей і да т. п. (мал. 102).



У 1851 г. італьянскі анатам Альфонса Корты адкрыў сыхавы аналізатар, якім мы і ўспрымаем гук, — так званы **кортыеў орган**. Ён знаходзіцца ва ўлітцы ўнутранага вуха. Чуючы гук, мы ўлоўліваем дзве яго характарыстыкі: вышыню (частату) і гучнасць (інтэнсіўнасць). Ніжняя ўспрымальная частата — 16 Гц, а верхняя залежыць ад узросту: у юнацтве гэта 20 кГц, у старасці яна паніжаецца да 16 кГц.

З фізіялагічнага пункту гледжання адрозніваюць *нізкія, сярэднія і высокія* гукі. Ваганні ахопліваюць вялікі дыяпазон частот: ад 1 да 16 Гц — інфрагукавыя, ад 16 Гц да 20 кГц — гукавыя і вышэй за 20 кГц — ультрагукавыя.

Шумы прынята дзяліць на *нізкачастотныя* (ніжэй за 350 Гц), *сярэднечастотныя* (ад 350 да 800 Гц) і *высокачастотныя* (вышэй за 800 Гц). Пры малой частаце ваганняў гук успрымаецца як нізкі, пры вялікай частаце — як высокі. Высокія гукі аказваюць больш неспрыяльнае ўздзеянне на слых і на ўвесь арганізм чалавека, чым нізкія. Таму і шум, у спектры якога пераважаюць высокія частоты, больш шкодны, чым нізкачастотны шум.

Шкода, якую прычыняе слыху моцны шум, залежыць ад спектра гукавых ваганняў і іх характару. У першую чаргу чалавек пачынае горшчуць высокія гукі, а затым паступова і нізкія.

**Уплыў шуму на здароўе чалавека.** Пра шкодны ўплыў шуму на здароўе чалавека было вядома даўно. Яшчэ ў XVI ст. нямецкі ўрач Парацэльс лічыў, што шум выклікае глухату і галаўны боль у шахцёраў, млынароў і чаканшчыкаў. У сярэднявекі выкарыстоўвалася жорсткае пакаранне гукамі вялікага звону. Прысуджаны паміраў у страшэнных пакутах ад нясцерпнага болю ў вушах.

Колькі існуюць войны, вядома, што масавыя баявыя крыкі (напрыклад, «Ураг!») татара-мангольскай арды, якое трансфармавалася з часам у «Ура!»), а таксама барабанны бой прыгнятаюць праціўніка. У час другой сусветнай вайны сірэны самалётаў-штурмавікоў наводзілі жах, жаданне збегчы, схаватца. Цяпер гэтым фактам знойдзена тлумачэнне. Магутныя гукі ўзбуджаюць чалавека, садзейнічаюць выкіду ў кроў вялікай колькасці гармонаў, перш за ўсё адрэналіну, у выніку чаго ўзнікае пачуццё небяспекі, страху.

Шумы аказваюць шкодны ўплыў на здароўе чалавека, зніжаюць працаздольнасць, з'яўляюцца прычынай захворванняў органаў слыху (аж да поўнай глухаты), нервовай, эндакрынай, сардэчна-сасудзістай сістэм.

Уздзеянне моцнага шуму можа не толькі адмоўна ўплываць на слых, але і прыводзіць да іншых шкодных наступстваў — звону ў вушах, галавакружэння, галаўнога болю, стомленасці.





Шум у 100 дБ ужо выклікае нервовыя расстройствы, раздражнёнасць. Калі ўзровень шуму перавышае 110 дБ, спачатку наступае шумавое «ап'яненне», якое часта суправаджаецца ўспышкамі беспрычиннай агрэсіі ці, наадварот, агульнай дэпрэсіі. Шум у 120 дБ прыводзіць да незваротных пашкоджанняў нервовых канчаткаў слыхавога аналізатара, негатыўна адбіваецца на сэрцы, нервовай сістэ-

ме, органах дыхання. Гукавы ціск у 140 дБ выклікае нясцерпны фізічны боль, а яго працяглае ўздзеянне прыводзіць да смерці.



У шумных цэхах прамысловых прадпрыемстваў у 1,5—2 разы вышэй узровень захворванняў, часцей назіраюцца выпадкі часовай страты працаздольнасці, брак у працы, а прадукцыйнасць працы ніжэй на 50—60 %.

У асоб «шумных» прафесій у 4 разы часцей развіваюцца захворванні страўніка, намно-



Мал. 102. Крыніцы шуму і ўзровень гукавога ціску



га часцей — глухата, на 30 % зніжана прадукцыйнасць фізічнай і на 60 % — разумовай працы.

Шумы, якія генерыруюцца радыёапаратурай падчас эстрадных канцэртаў, могуць дасягаць узроўню 120—130 дБ. Асабліва часта гэта назіраецца на канцэртах маладых пачынаючых груп, што не маюць якаснай апаратуры і прафесійных гукааператараў. У такіх выпадках рэакцыя публікі часта абумоўлена не столькі эмацыянальным уплывам музыкі, колькі фізічным уздзеяннем гукавага ціску высокага ўзроўню.

Медыкі ўстанавілі, што пасля рок-канцэртаў, калі ў зале генерыруецца шум у 120 дБ у першых радах і 100—110 дБ — у астатніх, у 10 % слухачоў узнікаюць незваротныя пашкоджанні ўнутранага вуха, а самі канцэрты заканчваюцца ўсплёскам агрэсіі, масавымі псіхозамі, жорсткімі бойкамі і пагромамі.

У прамыслова развітых краінах 20—30 % гарадскіх жыхароў пакутуюць ад неўрозаў ці захворванняў слыхавага апарату. Людзі сталага ўзросту пераносяць шум намнога цяжэй, чым моладзь. Лічыцца, што шум з'яўляецца прычынай заўчаснага старэння арганізма і скарачае працягласць жыцця на 8—12 гадоў.



Санітарна-дапушчальныя нормы шуму ў жылым пакоі днём — 40 дБ, ноччу — да 30 дБ; у жылой зоне — 45—55 дБ. Найбольш адчувальныя да ўздзеяння

шуму асобы старэйшага ўзросту. Так, ва ўзросце 27 гадоў на шум рэагуе каля 46 % людзей, ва ўзросце 28—37 гадоў — 57 %, ва ўзросце 38—57 гадоў — 62 %, а ва ўзросце 58 гадоў і старэй — 72 %.

Немалаважнай праблемай любога буйнога горада з вялікай колькасцю транспарту і прамысловасці з'яўляецца высокі ўзровень шуму, які, паводле дадзеных вучоных-эколагаў, прычыняе жыхарам Еўропы шмат клопатаў. Напрыклад, больш за 75 % тэрыторыі Масквы знаходзіцца пад уздзеяннем акустычнай нагрузкі, якая на 5—10 дБ перавышае норму (55 дБ — у дзённы час і 45 — у начны). Пры гэтым у зонах павышанага шумавога забруджвання пражываюць, паводле розных даных, 3—6 млн масквітоў, якія вымушаны пастаянна пераносіць шум, роўны 90—100 дБ днём і 70 дБ ноччу.

І наадварот, здаўна вядома пра становучы ўплыў на чалавека гарманічнай, спакойнай, меладычнай музыкі, пра гаючы ўплыў гукаў прыроды. Гэта распаўсюджаныя ва ўсім свеце калыханкі, ціхая музыка падчас лячэбных сеансаў (сучасная музыкальная тэрапія), спевы птушак у парках і лясах, журчанне ручайкоў, ласкавы шум лесу, саду, марскога прыбою. Цудоўныя становучыя эмоцыі даюць праслухоўванні музычных твораў вялікіх кампазітараў мінулага і сучаснасці, канцэртаў флейтыстаў, скрыпачоў, гітарыстаў і саксафаністаў.

**Вібрацыя**, якая ўзнікае падчас выканання разнастайнай працы (укладкі бетону, пнеўмадрабленні парод ці дарожнага пакрыцця), выклікае вібрацыю ўсяго арганізма чалавека ці асобных яго частак.





Працяглае ўздзеянне вібрацыі аказвае вельмі негатыўны ўплыў: павышаецца стамляльнасць, развіваецца вібрацыйная хвароба (напрыклад, у шахцёраў-праходчыкаў), можа нават узнікнуць страсенне мазгоў, адбыцца разрыв тканак, парушэнне работы

сэрца і функцый нервовай сістэмы. Для зніжэння ўплыву вібрацыі на арганізм чалавека прымяняюцца калектыўныя і індывідуальныя сродкі аховы: вібраізалявальныя кажухі для механізмаў, пругкія асновы і апоры, вібрагасільныя рукавіцы, пракладкі і інш.



1. Дайце характарыстыку шуму як фізічнаму фактару навакольнага асяроддзя.
2. Якія крыніцы шумавога забруджвання навакольнага асяроддзя?
3. У чым заключаецца ўздзеянне шуму на арганізм чалавека?
4. Да якіх захворванняў можа прывесці пастаянны празмерны шум?
5. Прапануйце спосабы змяншэння ўплыву шуму на арганізм чалавека.

## 45. Радыеактыўнае выпраменьванне і яго ўздзеянне на чалавека

**Натуральны радыяцыйны фон планеты.** На працягу ўсёй сваёй гісторыі чалавек, як і ўсе жывыя арганізмы, зазнае ўплыў радыеактыўнага выпраменьвання. Яно прыходзіць з космасу ці ад радыеактыўных элементаў, рассеяных у літасферы, гідрасферы і атмасферы. З курса фізікі вы ведаеце, што гэта выпраменьванне складае **прыродны радыеактыўны фон** (мал. 103). Сіла экспазіцыйнай дозы іанізавальнага выпраменьвання прыроднага радыеактыўнага фону ў розных раёнах планеты складае  $(2,6—18,1) \cdot 10^{-5}$  Кц.

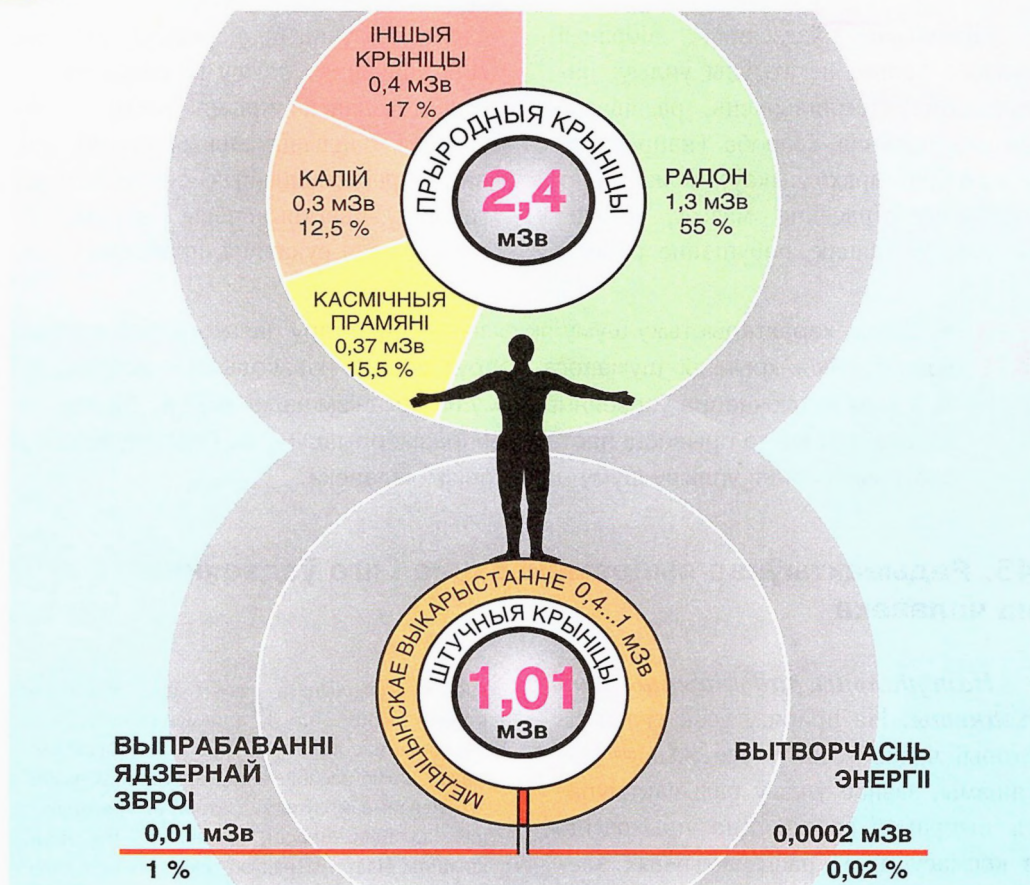
вугалю, прыроднага газу і інш. **Касмічныя промні** даюць 15,5 % апраменьвання. Трэцяе месца займае **калій** — 12,5 %. Радыеактыўны ізатоп калію засвойваецца арганізмам разам з яго нерадыеактыўнымі ізатопамі, неабходнымі для жыццядзейнасці арганізма. На іншыя крыніцы (ізатопы радыю, свінцу і інш.) прыпадае 17 %.

### **Штучныя крыніцы радыяцыі.**

Сярод штучных крыніц радыяцыі (гл. мал. 103) першае месца займае медыцынская апаратура, якая выкарыстоўвае пранікальнае выпраменьванне для дыягностыкі і лячэння (напрыклад, рэнтгенаўскія апараты). На яе прыпадае 98,9 % ад сумарнага ўплыву ўсіх штучных крыніц. Выпрабаванні ядзернай зброі даюць каля 1 % радыеактыўнага забруджвання. Уклад



Найбольшы ўклад у гэту дозу ўносяць радыеактыўны газ **радон** (55 %), які выдзяляецца з горных парод, будаўнічых матэрыялаў, пры спальванні каменнага



Мал. 103. Крыніцы іанізавальных выпраменьванняў

атамнай энергетыкі — 0,02 %. Сярод іншых крыніц радыяцыі можна адзначыць спальванне каменнага вугалю на цеплавых электрастанцыях, радыелюмінесцэнтныя і электронныя прыборы, тэлевізары. Узростанне ўзроўню радыеактыўнага забруджвання планеты абумовіла ўзнікненне асобнай галіны біялогіі — **радыяцыйнай біялогіі**.

**\*Паняцце аб радыеадчувальнасці.** Адчувальнасць біялагічных аб'ектаў да дзеяння іанізавальных выпраменьванняў называецца **радыеадчувальнасцю**, а ўстойлівасць — **радыерэзісэнтнасцю** (лац. *resisto* — супраціўляльнасць, процідзеянне).

Радыеадчувальнасць розных арганізмаў адрозніваецца ў сотні і тысячы разоў. Як правіла, чым прасцей арганізм,





тым меншая яго радыеадчувальнасць. Радыеадчувальнасць раслін у цэлым ніжэй, чым жывёл, але і сярод раслін ёсць вельмі адчувальныя да радыяцыі прадстаўнікі (напрыклад, *сасна*).\*

**Дзеянне радыеактыўнага выпраменьвання на чалавека.** Іанізавальная радыяцыя мае высокую біялагічную актыўнасць. Яна негатыўна ўплывае на жывыя арганізмы, у тым ліку і на чалавека.

Іанізавальная радыяцыя валодае вялікай энергіяй. Пры ўзаемадзеянні з рэчывамі яна здольна іанізаваць нейтральныя атамы і малекулы. Гэта можа прывесці да пашкоджання біялагічна значных малекул. Прычым ступень пашкоджання вызначаецца дозавай нагрузкай (табл. 7).

Іанізавальнае выпраменьванне часта пашкоджвае носьбіты генетычнай інфармацыі — малекулы ДНК, выклікаючы рознага роду мутацыі. Вынікі такіх мутацый праяўляюцца адразу ці праз некалькі пакаленняў.

Дробныя парушэнні структуры ДНК не прыводзяць да прыкметных змен на клетачным узроўні. Аднак, калі закранаюцца палавыя клеткі, гэтыя змены могуць перадавацца патомкам, назапашвацца ў шэрагу пакаленняў у выглядзе мутацый. Больш буйныя пашкоджанні (фрагментацыя храмасом, страта ўчастка храмасомы, зліпанне храмасом) могуць прывесці да гібелі клеткі.

Верагоднасць узнікнення мутацый узрастае прама прапарцыянальна палынутай дозе. Пад уздзеяннем прыроднага радыеактыўнага фону часта-

Табліца 7. Суадносіны фонавага апраменьвання з дапушчальнымі і небяспечнымі ўзроўнямі апраменьвання чалавека

|                                                                     |          |
|---------------------------------------------------------------------|----------|
| Цяжкая ступень прамянёвай хваробы (гіне да 50 % апрамененых)        | 450 бэр  |
| Ніжні ўзровень развіцця лёгкай ступені прамянёвай хваробы           | 100 бэр  |
| Апраменьванне, якое прыводзіць да нязначных змяненняў саставу крыві | 75 бэр   |
| Апраменьванне пры рэнтгенаскапіі страўніка (мясцовае)               | 30 бэр   |
| Дапушчальнае аварыйнае апраменьванне персаналу (разавае)            | 25 бэр   |
| Дапушчальнае аварыйнае апраменьванне насельніцтва (разавае)         | 10 бэр   |
| Дапушчальнае апраменьванне персаналу ў нармальных умовах за год     | 5 бэр    |
| Апраменьванне пры рэнтгенаграфіі зубоў                              | 3 бэр    |
| Дапушчальнае апраменьванне насельніцтва ў нармальных умовах за год  | 500 мбэр |
| Фонавае апраменьванне за год                                        | 100 мбэр |
| Прагляд 1 хакейнага матча па тэлебачанні                            | 1 мкбэр  |



та генетычных пашкоджанняў складае прыблізна 4 %. У 1962—1965 гг. (перыяд найбольш інтэнсіўнага правядзення наземных ядзерных выпрабаванняў) яна складала ўжо 5,5 %. У 1988 г. (праз 2 гады пасля аварыі на ЧАЭС) частата генетычных пашкоджанняў у асобных рэгіёнах дасягнула 10 %.



Сярод радыеактыўных элементаў найбольш актыўны ўдзел у працэсах абмену рэчываў у арганізме чалавека прымаюць **стронцый-90** ( $^{90}\text{Sr}$ ), **цэзій-137** ( $^{137}\text{Cs}$ ), **ёд-131** ( $^{131}\text{I}$ ). Гэтыя элементы сталі асноўнымі забруджвальнікамі навакольнага асяроддзя пасля катастрофы на ЧАЭС (яны трапляюць у арганізм з пылам і вадою). У пэўнай ступені гэтыя элементы валодаюць кумулятыўнымі ўласцівасцямі і здольны да назапашвання ў ланцугах харчавання. У чалавека радыеактыўны ёд канцэнтруецца ў шчытападобнай залозе, цэзій — у печані, стронцый — у касцях. Ёд-131 выклікае моцнае, але кароткачасовае апраменьванне. Ён мае кароткі перыяд паўраспаду і адносна хутка выводзіцца з арганізма. Стронцый, перыяд паўраспаду якога складае 28,5 года, выклікае апраменьванне практычна на працягу ўсяго жыцця чалавека.

Іанізавальнае выпраменьванне здольна пашкоджваць клеткі і тканкі і выклікаць саматычныя пашкоджанні (апёкі, катаракты, зніжэнне імунітэту, перарыванне цяжарнасці, развіццё розных пухлін).

У цяперашні час вядома, што не бывае бяспечных доз радыяцыі. Верагоднасць захворванняў, таксама як мутацыі, узрастае прама пра-

парцыянальна паглынутай дозе апраменьвання.

Саматычныя хваробы, звязаныя з іанізавальным выпраменьваннем, падраздзяляюцца на некалькі катэгорый у залежнасці ад паглынутай дозы (вымяраецца ў грэях — Гр, 1 Гр = 100 рад).

Пры дозе да 0,25 Гр верагоднасць радыяцыйнага пашкоджання невялікая. Пры дозе 0,25—0,5 Гр назіраюцца асобныя змяненні формулы крыві. Пры дозе 0,5—1 Гр узнікаюць хваробы крыві і парушэнні функцый цэнтральнай нервовай сістэмы.

Працяглае апраменьванне малымі дозамі (0,001—0,005 Гр), якое ў суме складае 1—1,5 Гр, прыводзіць да хранічнай прамянёвай хваробы, што суправаджаецца захворваннямі органаў кроваўтварэння, нервовай сістэмы, нырак, агульнай слабасцю. Найбольш небяспечныя захворванні звязаны з інтэнсіўным кароткачасовым апраменьваннем дозамі ад 1 Гр і болей. У такіх выпадках развіваецца вострая прамянёвая хвароба, пры якой пашкоджваецца перш за ўсё касцявы мозг, развіваецца лейкемія, амаль цалкам страчваецца імунітэт. Калі доза апраменьвання складае 4—6 Гр, у асобных выпадках чалавека можна выратаваць. Пры больш высокіх дозах пазбегнуць летальнага канца з дапамогай сучасных прэпаратаў і метадаў лячэння немагчыма.





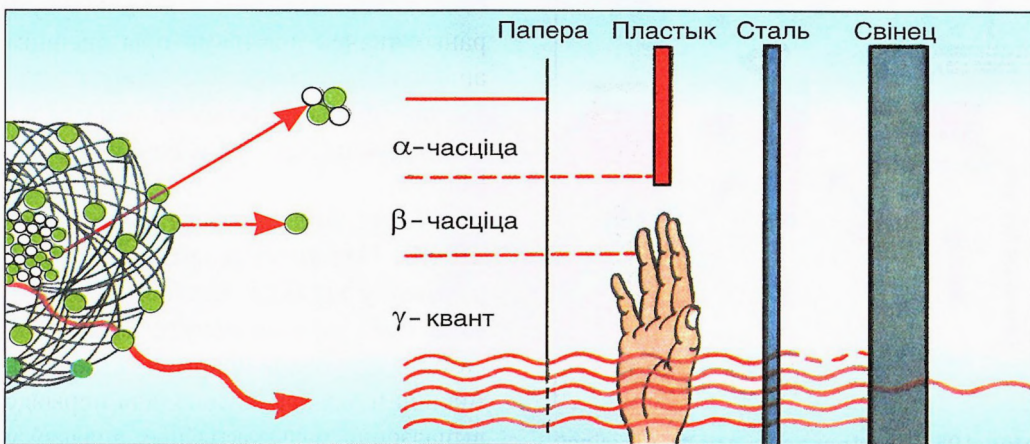
1. Якія крыніцы натуральнага радыеактыўнага выпраменьвання? 2. З чаго складаецца штучны радыяцыйны фон? 3. Якія органы і тканкі найбольш уразлівыя ў дачыненні да дзеяння радыеактыўнага выпраменьвання? 4. Якія вынікі радыеактыўнага апраменьвання арганізма чалавека?

## 46. Пранікненне радыенуклідаў у арганізм чалавека. Спосабы змяншэння паступлення радыенуклідаў

**Знешняе і ўнутранае апраменьванне.** Дзеянне радыяцыі на жывы арганізм залежыць ад тыпу выпраменьвання ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ), яго энергіі (магутнасці) і працягласці ўздзеяння. Тып і энергія выпраменьвання вызначаюць яго пранікальную здольнасць, а значыць, і ступень небяспекі (мал. 104). У залежнасці ад размяшчэння адносна арганізма выпраменьвальнікі дзяляцца на крыніцы *знешняга і ўнутранага* апраменьвання.

\*Альфа-часціца здольна «прабгаць» у паветры некалькі сантыметраў,

але будзе спынена, напрыклад, лістом паперы, адзеннем. Часціцы дадзенага віду выпраменьвання практычна не здольны прайсці цераз вонкавы слой эпідэрмісу чалавека (адмерлыя клеткі скуры) і як крыніца знешняга апраменьвання не ўяўляюць небяспекі. Бэта-выпраменьванне валодае некалькі большай пранікальнай здольнасцю, яго часціцы здольны пераадолюваць у паветры дзесяткі метраў, а ў біялагічныя тканкі пранікаць на глыбіню 1—2 см. Найбольшай пранікальнай здольнасцю валодае гама-выпраменьванне, якое распаўсюджваецца ў па-



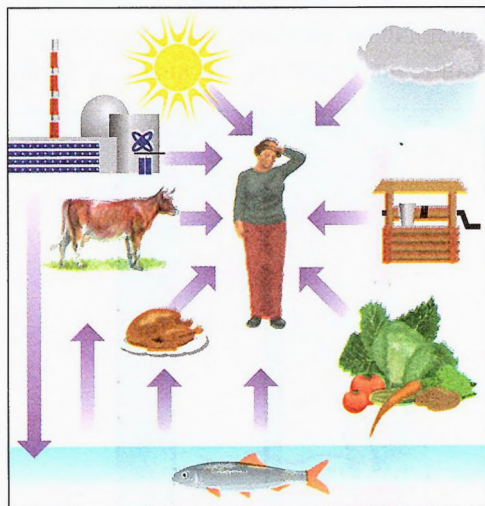
Мал. 104. Пранікальная здольнасць розных тыпаў іанізавальнага выпраменьвання



ветры на сотні метраў ад крыніцы. Максімальна аслабіць гэта выпраменьванне можна толькі з дапамогай бетону і свінцу (матэрыялаў, якія адрозніваюцца высокай шчыльнасцю). Гама-выпраменьванне з'яўляецца самым небяспечным відам знешняга апраменьвання.\*

Практычна ўсе натуральныя і штучныя радыенукліды могуць трапляць у жывыя арганізмы з паветрам, вадой і прадуктамі харчавання. У гэтым выпадку яны становяцца ўнутранымі крыніцамі апраменьвання. Небяспека радыенуклідаў, якія апынуліся ўнутры арганізма, абумоўлена шэрагам фактараў.

*Па-першае*, ступень радыяцыйнага ўздзеяння радыенуклідаў залежыць



Мал. 105. Шляхі пападання радыенуклідаў у арганізм чалавека

ад часу іх знаходжання ў арганізме. Перыяды паўраспаду і паўвывядзення многіх радыенуклідаў дастаткова працяглыя, з-за чаго арганізм зведвае апраменьванне практычна на працягу ўсяго жыцця.

*Па-другое*, для шэрагу радыеактыўных элементаў характэрна высокая ступень выбіральнага назапашвання ў спецыялізаваных органах і тканках. Напрыклад, да 30 % ізатопаў ёду назапашваецца ў шчытападобнай залозе, якая складае ўсяго 0,03 % масы цела чалавека. Асноўная маса ізатопаў палонію ( $^{210}\text{Po}$ ) канцэнтравана ў тканках печані і нырак. Такім чынам, ствараюцца параўнальна высокія дозы мясцовага апраменьвання.

*Па-трэцяе*, важнай асаблівасцю з'яўляецца павелічэнне небяспекі ўздзеяння  $\alpha$ - і  $\beta$ -выпраменьванняў, якія з-за нізкай пранікальнай здольнасці  $\alpha$ - і  $\beta$ -часціц не ўяўляюць небяспекі ці маладзейсныя для ўнутраных тканак арганізма пры знешнім апраменьванні, але становяцца надзвычай моцнымі крыніцамі іанізавальнай радыяцыі пры пападанні ўнутр арганізма.

**Шляхі пранікнення радыенуклідаў.** Паступленне радыеактыўных рэчываў у арганізм чалавека адбываецца праз стрававальную, дыхальную сістэмы і скуранае покрыва (мал. 105). Апошні шлях характэрны для перыяду выпадзення радыеактыўных ападкаў у тым выпадку, калі ёсць неабароненыя





ўчасткі скуры (асабліва з пашкоджаннямі). Частка радыенуклідаў, якія знаходзяцца ў паветры ў выглядзе аэразоляў ці на пылавых часцінках, трапляе ў арганізм чалавека праз органы дыхання. Пры гэтым буйныя часцінкі (больш за 5 мкм) асядаюць у поласці насаглоткі і часткова трапляюць у стрававальны тракт. Вельмі дробныя часцінкі, памерам менш за 1 мкм, пераважна (больш за 90 %) выдаляюцца з паветраносных шляхоў з паветрам, якое выдыхаецца. У лёгкіх і ніжніх аддзелах дыхальных шляхоў асядаюць часцінкі аэразоляў памерам ад 1 да 5 мкм.



Праз паверхню цела ў арганізм паступае не больш за 0,01 % радыенуклідаў, яшчэ каля 1 % — праз органы дыхання. Асноўная маса радыенуклідаў трапляе праз органы стрававальнай сістэмы, прычым з пітнай вадой паступае 5 %, а астатнія — з ежай.

\*Радыеактыўныя рэчывы ўсмоктваюцца практычна на ўсім працягу страўнікава-кішачнага тракту (максімальная колькасць — у тонкім кішэчніку, мінімальная — у страўніку і дванаццаціперснай кішцы). Інтэнсіўнасць усмоктвання залежыць ад асаблівасцей прадукту харчавання, ступені яго забруджвання радыенуклідамі, фізіялагічнага стану арганізма чалавека і некаторых іншых паказчыкаў.

Радыеактыўныя рэчывы з токам крыві разносяцца па ўсім арганізме. Наступны лёс уцягнутых у абмен рэчываў радыенуклідаў пераважна за-

лежыць ад іх хімічных уласцівасцей. Як правіла, радыенукліды назапашваюцца ў тых органах і тканках, у складзе якіх маюцца стабільныя элементы з аналагічнымі ўласцівасцямі.

Выдзяляюцца два асноўныя тыпы размеркавання радыеактыўных рэчываў у арганізме: шкілетны і дыфузны. *Шкілетны* тып характэрны пераважна для радыенуклідаў шчолачна-земельных элементаў, напрыклад для стронцыю ( $^{90}\text{Sr}$ ). У мінеральнай частцы касцей могуць назапашвацца ізатопы барыю, радыю, плутонію. *Дыфузны* тып размеркавання ўласцівы ізатопаў шчолачных элементаў (калію, цэзію), а таксама элементаў, якія ўваходзяць у склад арганічных рэчываў (азоту, вадароду), палонію і некаторым іншым.\*

**Спосабы змяншэння паступлення радыенуклідаў у арганізм чалавека.** Многія даследчыкі адзначаюць, што тэрапеўтычныя спосабы вывядзення радыенуклідаў з арганізма малаэфектыўныя. Значыць, асноўным спосабам абароны ад іх і адпаведна ад унутранага апраменьвання з'яўляецца прадухіленне іх паступлення ў арганізм.

Найбольш эфектыўным з'яўляецца прадухіленне паступлення радыенуклідаў на этапах: глеба — расліна і расліна — жывёла. Галоўнай крыніцай паступлення радыеактыўных рэчываў у арганізм жывёл з'яўляюцца



кармы. Значыць, для атрымання чыстай прадукцыі неабходна выкарыстоўваць чыстыя кармы.

Прымаючы да ўвагі ўласцівасці глебы і ступень яе забруджвання радыенуклідамі, шляхам падбору культур, якія вырошчваюцца, а таксама спосабаў выкарыстання ўраджаю можна дамагчыся шматразовага змяншэння радыеактыўнасці прадукцыі раслінаводства.

Адным з асноўных спосабаў змяншэння паступлення радыенуклідаў на этапе глеба — расліна з'яўляецца **апрацоўка глебы**.



Павышэнне ўрадлівасці глебы шляхам унясення арганічных і мінеральных угнаенняў прыводзіць да зніжэння радыеактыўных рэчываў ва ўраджаі. Арганічныя ўгнаенні звязваюць радыенукліды, а калій і кальцый мінеральных угнаенняў з'яўляюцца натуральнымі канкурэнтамі цэзію і стронцыю. Вапнаванне садзейнічае змяншэнню рухомасці кіслотарастваральных злучэнняў радыенуклідаў.

Не апошняю ролю іграюць **біялагічныя асаблівасці раслін**. Многія расліны выбіральна назапашваюць пэўныя элементы (напрыклад, *гарох* і *люцэрна* — стронцый). Значыць, неабходна ажыццяўляць падбор раслін для канкрэтных умоў забруджвання. Акрамя таго, неабходна ствараць і ўводзіць у культуру гатункі раслін, якія менш назапашваюць радыенукліды (розныя гатункі могуць адрознівацца па назапашванні ў 2—3 разы).

Знізіць радыеактыўнасць харчовых прадуктаў можна шляхам **тэхналагічнай перапрацоўкі**. Пры памале зерня асноўная маса радыенуклідаў выдаляецца разам з абалонкай (колькасць стронцыю пры гэтым змяншаецца ў 1,5—3 разы). Пры перапрацоўцы малака ў вяршкі ў іх пераходзіць толькі 5 % стронцыю. Гэта колькасць змяншаецца яшчэ амаль у 3 разы пры далейшай перапрацоўцы вяршкоў у масла. Істотна зніжаецца колькасць цэзію пры перапрацоўцы малака ў смятану (застаецца 9 %), сыр (10 %) і тварог (21 %).

Канешне, пажадана спажываць прадукты, якія наогул не змяшчаюць радыеактыўных рэчываў. Аднак цалкам засцерагчыся ад пападання радыенуклідаў ва ўмовах забруджвання мясцовасці немагчыма. Таму варта ведаць асаблівасці назапашвання і перамеркавання найбольш небяспечных радыенуклідаў у раслінах і жывёлах і, адпаведна, у прадуктах харчавання.

Неабходна помніць, што цэзій у арганізме жывёл размяркоўваецца дастаткова раўнамерна, стронцый назапашваецца пераважна ў касцях. Цэзію больш змяшчаецца ў мясе старых жывёл, а стронцыю, наадварот, — у касцях маладых асобін. Найбольшая канцэнтрацыя радыенуклідаў адзначаецца ў нырках, лёгкіх і печані, найменшая — у сале і тлушчы. Акрамя таго, выяўлена, што колькасць радые-





актыўных рэчываў адносна ніжэйшая ў свініне, чым у ялавічыне, бараніне, мясе качак, гусей і курэй.

Высокая канцэнтрацыя радыенуклідаў выяўляецца ў прыдонных рыб (*лінь*, сом, карась, *карп*) і адносна нізкая — у насельнікаў верхніх слаёў (*плотка*, *галавень*).

Пры зборы грыбоў, ягад і лекавых раслін на тэрыторыі, якая трапіла пад радыеактыўнае забруджванне, неабходна выконваць шэраг правіл.

Не рэкамендуецца нарыхтоўваць грыбы пры забруджванні глебы больш чым  $37 \text{ кБк/м}^2$ , а лекавыя расліны, ягады, плады — вышэй за  $74 \text{ кБк/м}^2$  (прыблізна  $2 \text{ Кц/км}^2$ ). Гэтыя велічыні адпавядаюць паказанням дазіметраў 20 і 40 мкР/г адпаведна.



Пры зборы грыбоў неабходна ўлічваць, што яны моцна адрозніваюцца адзін ад аднаго па здольнасці назапашваць  $^{137}\text{Cs}$ . Таму грыбы ўмоўна раздзяляюцца на 3 групы:

1) сярэдне назапашваючыя — *падзялёнка*, *апенька асенняя*, *белы грыб*, *падасінавік*, *лісічка*, *шампінён* лясны, *сыраежка*, *падбярэзавік*;

2) моцна назапашваючыя — *грузд чорны*, *шаруха*, *зялёнка*, *рашэтнік*, *ваўнянка ружовая*, *грузд сапраўдны*, *рыжык*;

3) акумулятары  $^{137}\text{Cs}$  — *махавік жоўта-буры*, *польскі грыб*, *гаркуха*, *масляк*.

Адным з дастаткова эфектыўных спосабаў зніжэння колькасці радыенуклідаў у прадуктах харчавання з'яўляецца **кулінарная апрацоўка**.

Забруджанае радыенуклідамі мяса неабходна вытрымаць у 10-працэнтным растворе кухоннай солі на працягу 2—4 гадзін. Пасля 10-хвіліннага кіпячэння адвар неабходна зліваць. Гэта змяншае колькасць радыенуклідаў у мясе больш чым у 2 разы. Мэтазгодна выключаць з меню мяса-касявыя булёны, асабліва кіслыя, паколькі стронцый пераходзіць у булён пераважна ў кіслым асяроддзі.

Неабходна выдаляць унутранасці, сухажыллі, галовы рыбы і птушак. Рыбу трэба спажываць у вараным выглядзе, зліваючы адвар пасля 10-хвіліннага кіпячэння. Смажыць рыбу і варыць з яе юшку непажадана.

Пры спажыванні ў ежу яец неабходна ўлічваць, што радыенукліды ( $^{90}\text{Sr}$ ) назапашваюцца пераважна ў шкарлупіне і пры варцы могуць часткова пранікаць у бялок.

Караняплоды трэба старанна мыць у праточнай вадзе, зразаць верхні слой на 3—5 мм, а з качана капусты здымаць 3—4 лісты. Пры варцы бульбы, буракоў, фасолі неабходна зліваць адвар пасля 8—10-хвіліннага кіпячэння, паколькі ў яго экстрагуецца 50—80 %  $^{137}\text{Cs}$ .

Садавіна практычна не назапашвае радыеактыўных рэчываў. Аднак на яе лупіне могуць асядаць пылавые часцінкі, у склад якіх уваходзяць радыенукліды. Таму садавіну перад спажываннем трэба старанна мыць праточнай вадой.



1. Якімі шляхамі радыеактыўныя рэчывы могуць трапляць у арганізм чалавека? 2. Ад чаго залежаць «паводзіны» радыеактыўных рэчываў у арганізме? 3. Што можна зрабіць для таго, каб прадукцыя паступленне радыеактыўных рэчываў у арганізм? 4. Якімі гігіенічнымі правіламі неабходна кіравацца для змяншэння паступлення радыенуклідаў з прадуктамі харчавання? 5. Як можна знізіць радыеактыўнасць харчовых прадуктаў?

## 47. Зніжэнне дзеяння знешняга апраменьвання. Шляхі вывядзення радыенуклідаў з арганізма чалавека

*Зніжэнне дзеяння знешняга апраменьвання.* Рызыка захворвання чалавека існуе нават пры апраменьванні малымі дозамі. Гэта рызыка павышаецца пры любым дадатковым апраменьванні, якое прыводзіць да ўзрастання дозы, што фарміруецца на натуральным радыяцыйным фоне.

Працаўнікі атамнай прамысловасці, радыётэрапеўты, вучоныя і тэхнічны персанал ізатопных лабараторый зведваюць дадатковае апраменьванне іанізавальнай радыяцыяй. Цалкам устараніць дадатковае ўздзеянне апраменьвання на працоўных месцах немагчыма, таму для прафесіяналаў устаноўлена **гранічная дапушчальная доза**, роўная 5 бэр/год. Для супрацоўнікаў гэтых прадпрыемстваў, якія непасрэдна не працуюць на радыеактыўных устаноўках ці з радыеактыўнымі рэчывамі, яна роўная 0,5 бэр/год.

У ідэале насельніцтва павінна зведваць толькі дзеянне натуральнага радыеактыўнага фону мясцовасці. Эксперты міжнародных арганізацый лі-

чаць, што дадатковае апраменьванне дозай, якая перавышае натуральны фон на 0,1 бэр/год, небяспечна для насельніцтва.



Разліковае значэнне дозы для зыхара нашай планеты, сярэдняе паводле многіх параметраў, роўна 0,2 бэр/год. У сапраўднасці ў розных частках Зямлі людзі жывуць, зведваючы як меншыя, так і большыя ўзроўні апраменьвання. У Індыі (штат Керала), дзе пражываюць 70 тыс. жыхароў, узровень радыяцыі ў 50 разоў вышэйшы, чым у сярэднім па краіне. У Францыі, Іране і некаторых іншых краінах ёсць густанаселеныя раёны, дзе натуральны радыяцыйны фон у 30—40 і болей разоў перавышае сярэдняе для ўсяго зямнога шара значэнне.

Зніжэнне дзеяння знешняга апраменьвання можа дасягацца трыма шляхамі:

1) **павелічэннем адлегласці** ад крыніцы выпраменьвання (доза выпраменьвання змяншаецца адваротна прапарцыянальна квадрату адлегласці);

2) **змяншэннем часу знаходжання** каля крыніцы;

3) **устаноўкай экрана**, які паглынае выпраменьванне (бетонная сцяна,





свінцовыя экраны — пры  $\gamma$ - і рэнтгенаўскім выпраменьванні).

**Паняцце аб радыепратэктарах.** Некалькі іншыя прынцыпы выкарыстоўваюцца пры зніжэнні дзеяння радыяцыі шляхам **супрацьпрамянёвай біялагічнай абароны**. У гэтым выпадку само выпраменьванне не змяншаецца, а павышаецца ўстойлівасць арганізма да яго дзеяння. Фактары, якія змяншаюць наступствы апраменьвання ў выніку ўздзеяння на арганізм да ці ў момант апраменьвання, называюцца **радыепратэктарнымі (радыеахоўнымі)**, а рэчывы — **радыепратэктарамі**. Радыепратэктары выкарыстоўваюцца ў медыцыне пры прамянёвай тэрапіі пухлін.

**\*Ахова арганізма чалавека пры знаходжанні на тэрыторыі з высокім узроўнем забруджвання радыенуклідамі.** У гэтым выпадку галоўнае прыняць меры да змяншэння знешняга апраменьвання (па магчымасці скараціць час знаходжання на адкрытым паветры і выкарыстоўваць сродкі аховы ад пападання ў арганізм пылавых часцінак). Дозу ўнутранага апраменьвання можна зменшыць перш за ўсё за кошт зніжэння паступлення ў арганізм радыенуклідаў з прадуктамі харчавання і вадой. Неабходна ўзмацніць вывядзенне радыеактыўных рэчываў з арганізма, а таксама павялічыць паступленне ў арганізм нерадыеактыўных элементаў, якія

з'яўляюцца натуральнымі канкурэнтамі радыенуклідаў у працэсах метабізму. Напрыклад, зменшыць небяспеку пераапраменьвання шчытападобнай залозы можна, прымаючы ёдныя прэпараты (таблеткі ёдзістага калію і інш.).

Асаблівая сітуацыя складваецца пры выпадзенні радыеактыўных асадкаў, што ўтварыліся ў выніку ядзернага выбуху ці аварыі на ядзерным устройстве. У гэтым выпадку арганізм зведае адначасова магутнае ўздзеянне знешняга і ўнутранага апраменьвання. Тады ўступаюць у дзеянне **комплексныя мерапрыемствы па радыяцыйнай абароне насельніцтва**: аператыўнае інфармаванне, эвакуацыя і адсяленне, меры супраць распаўсюджвання забруджаных прадуктаў праз гандлёвую сетку, лакалізацыя радыеактыўнасці, лячэбныя, ахоўныя і аздараўленчыя мерапрыемствы, дэактывацыя мясцовасці, сацыяльная абарона і інш.\*

**Шляхі вывядзення радыенуклідаў з арганізма чалавека.** Мы ўжо адзначалі, што пры ўнутраным апраменьванні ступень уздзеяння радыенуклідаў на органы і тканкі чалавека залежыць ад часу іх знаходжання ў арганізме.

Час, за які актыўнасць радыенукліда, назапашанага ў арганізме, змяншаецца ў два разы (без уліку распаду самога радыенукліда), называецца



Табліца 8. Перыяд паўраспаду і паўвывядзення некаторых радыенуклідаў з арганізма чалавека

| Радыенуклід       | Месца<br>назাপашвання | Перыяд<br>паўраспаду | Перыяд<br>паўвывядзення |
|-------------------|-----------------------|----------------------|-------------------------|
| $^3\text{H}$      | Усё цела              | 12,3 г.              | 12 сут                  |
| $^{14}\text{C}$   | Усё цела              | 5730 г.              | 10 сут                  |
|                   | Косці                 |                      | 40 сут                  |
| $^{24}\text{Na}$  | Усё цела              | 15 гадз.             | 11 сут                  |
| $^{32}\text{P}$   | Усё цела              | 14,3 сут             | 257 сут                 |
|                   | Косці                 |                      | 1155 сут                |
| $^{40}\text{K}$   | Усё цела              | 11,4 гадз.           | 58 сут                  |
| $^{90}\text{Sr}$  | Косці                 | 28,5 г.              | 49,3 г.                 |
| $^{131}\text{I}$  | Усё цела              | 8,08 сут             | 138 сут                 |
|                   | Шчытападобная залоза  |                      | 138 сут                 |
| $^{137}\text{Cs}$ | Усё цела              | 30 г.                | 70 сут                  |
| $^{210}\text{Po}$ | Усё цела              | 138,4 сут            | 30 сут                  |
| $^{226}\text{Ra}$ | Косці                 | 1602 г.              | 44,9 г.                 |
| $^{239}\text{Pu}$ | Косці                 | $2,4 \cdot 10^4$ г.  | 200 г.                  |

перыядам біялагічнага паўвывядзення радыеактыўнага элемента з арганізма (табл. 8).

\*Працягласць перыяду біялагічнага паўвывядзення залежыць ад метабалічнай актыўнасці тканкі і ўласцівасцей саміх радыенуклідаў. Некаторыя з іх, уключаючыся ў абменныя працэсы, могуць на працягу кароткага прамежку часу разам з прадуктамі метабалізму выводзіцца з арганізма. Ізатоп вадароду трытый, уключаючыся ў водны абмен, цалкам выводзіцца за некалькі тыдняў.

За крыху меншы час з мяккіх тканак арганізма выводзіцца радыеактыўны вуглярод. Радыенуклід, які назіпазваюцца ў касцявой тканцы, выводзяцца вельмі марудна. Пагэтану яны ўяўляюць значную небяспеку, бо іх колькасць можа павялічвацца за кошт паступлення з прадуктамі харчавання. Перыяд біялагічнага паўвывядзення ў значнай ступені залежыць і ад інтэнсіўнасці абмену рэчываў. Так, для чалавека перыяд паўвывядзення  $^{137}\text{Cs}$  у залежнасці ад узросту складае ад 30 сутак у дзяцей да 90 — у пажылых людзей.





У адрозненне ад гэтага паказчыка велічыня перыяду паўраспаду, якая вызначаецца сярэднім часам жыцця ядраў радыеактыўных элементаў, з'яўляецца дакладна пастаяннай, не залежыць ад якіх-небудзь фактараў.

Час, на працягу якога колькасць радыенукліда ў арганізме змяншаецца ў 2 разы за кошт біялагічнага вывадзення і распаду, называецца **эфектыўным перыядам паўывывадзення**. Для кароткажывучых радыенуклідаў ён вызначаецца галоўным чынам часам паўраспаду радыенукліда. Працягласць эфектыўнага перыяду паўывывадзення радыенуклідаў з вялікім перыядам паўраспаду практычна супадае з біялагічным перыядам паўывывадзення.\*

Пры выпадковым пападанні ў арганізм вялікіх колькасцей радыеактыўных рэчываў прымяняюць ахоўныя меры, што не дапускаюць іх адкладання і паскараюць вывадзенне. Адною з такіх мер з'яўляецца механічнае выдаленне: прамыванне страўніка і кішэчніка, увядзенне адсарбентаў радыенуклідаў. Затым прымяняецца метад замяшчэння ці комплексаўтварэння. Так, пры пападанні ў арганізм стронцыю для яго замяшчэння выкарыстоўваюцца прэпараты, якія ўтрымліваюць кальцый: глюканат кальцыю, хларысты кальцый і да т. п.

Існуюць важкія доказы таго, што правільна арганізаванае харчаванне

садзейнічае зніжэнню пашкоджальнага эфекту іанізавальных выпраменьванняў і вывадзенню радыенуклідаў з арганізма.

Для ўзмацнення вывадзення радыеактыўных рэчываў з арганізма рэкамендуецца:

1) павялічыць прыём вадкасцей, у тым ліку зялёнага чаю, настойў і адвараў траў, якія валодаюць лёгкім мачагонным дзеяннем (*рамонку, святаянніку, цмену, крываўніку, мяты, шыпышыны, кропу, кмену і інш.*);

2) рэгулярна спаражняць кішэчнік, для чаго ў дастатковай колькасці ўжываць прадукты, якія змяшчаюць клетчатку (хлеб з мукі грубага памолу, проса, грэцкую, ячную і аўсяную кашы, капусту, буракі, моркву, чарнасліў), піць адвары *лёну, крапівы, рэвеню*;

3) звязваць радыенукліды пектынамі (піць сокі з мякаццю, морсы, кампоты, есці яблыкі, агрэст, журавіны, слівы, абрыкосы, персікі, чорныя парэчкі, вішню, чарэшню, клубніцы, дыню, цытрусавыя, зефір, джэмы, мармелад).

Аднак неабходна ўлічваць, што пры павелічэнні прыёму вадкасці значна павялічваецца нагрузка на ныркі. А працяглае спажыванне прадуктаў, якія змяшчаюць вялікую колькасць пектынавых рэчываў, можа прывесці да істотнай страты арганізмам кальцыю, калію, магнію, кобальту і г. д.



Для зніжэння пашкоджальнага эфекту радыяцыі рэкамендуецца забяспечыць арганізм неабходнай колькасцю бялка, мікраэлементамі, мінеральнымі солямі, а таксама вітамінамі (асабліва А, С, Е). Эфектыўныя пры прамянёвых пашкоджаннях некаторыя флаваноіды (прыродныя піг-

менты, што вызначаюць афарбоўку раслін), на якія багаты чай, плады чарніц, вішні, чарнаплоднай рабіны, глогу.

Павышаюць устойлівасць да ўздзеяння радыяцыі раслінныя масла, рыба, арэхі (асабліва грэцкія), насенне гарбуза, сланечніку.



- 1.** Чаму роўная гранічна дапушчальная доза апраменьвання для людзей у населеным пункце?
- 2.** Якія шляхі зніжэння дзеяння знешняга апраменьвання на арганізм чалавека?
- 3.** Што такое радыепратэктары? У якіх выпадках іх прымяняюць?
- 4.\*** Што называецца эфектыўным перыядам паўвывядзення?
- 5.** Як зменшыць дзеянне радыяцыі пры ўнутраным апраменьванні?
- 6.** Як правільна арганізаваць харчаванне для зніжэння пашкоджальнага эфекту іанізавальных выпраменьванняў і вывядзенню радыенуклідаў з арганізма?





# Раздзел 6

## ЧАЛАВЕК І БІЯСФЕРА

*Глабальная экасістэма ўяўляе сабой адзінае цэлае, у межах якога нічога не можа быць выйграна ці страчана і якое не можа з'яўляцца аб'ектам усеагульнага паляпшэння: усё, што было здабыта з яе чалавечай працай, павінна быць аддадзена. Плацэжу па гэтым вэксалі нельга пазбегнуць; ён можа быць толькі адтэрмінаваны.*

Б. Каманер

- Што такое экалагічны крызіс? Якія яго прычыны?
- Якія вынікі імклівага росту насельніцтва для прыроды нашай планеты?
- Якія існуюць шляхі прымірэння чалавека і прыроды?







## 48. Сучасны экалагічны крызіс, яго прычыны і тэндэнцыі

*Паняцце экалагічнага крызісу.* Канец XX — пачатак XXI ст. надзвычай складаны, вырашальны перыяд у гісторыі чалавецтва. Цэлы шэраг негатыўных фактараў пагражае існаванню чалавека. Гэта, найперш, абвастрэнне да крытычнага ўзроўню ўзаемаадносін грамадства і біясферы, якое прывяло да пагаршэння стану прыродных экасістэм, з'яўлення новых для чалавецтва захворванняў (СНІДу, птушынага gryпу), дэфіцыту чыстай вады і прадуктаў харчавання. Усе гэтыя і іншыя праблемы — вынік дзейнасці чалавека.

Дзякуючы тэхнічным дасягненням сённяшні чалавек стаў надзвычайна магутным. Больш за 6 млрд нашых сучаснікаў аказваюць на прыроду такое ж (паводле маштабаў) уздзеянне, якое маглі аказаць людзі каменнага веку, калі б іх колькасць складала 50 млрд чалавек. Колькасць энергіі, што вызваляецца чалавекам, хутка можна будзе параўнаць з энергіяй, якую атрымлівае Зямля ад Сонца.

Сёння ў паўсядзённым жыцці для характарыстыкі становішча, якое складалася, часта выкарыстоўваюцца тэрміны «экалагічныя праблемы» і «экалагічны крызіс». Што ж яны абазначаюць?

Праблема — складанае тэарэтычнае ці практычнае пытанне, якое

патрабуе вывучэння і вырашэння. Праблема ўзнікае з супярэчнасці. **Экалагічная праблема** — гэта супярэчнасць паміж дзейнасцю чалавека, накіраванай на задавальненне сваіх патрэбнасцей, і звязаным з яго дзейнасцю разбурэннем прыроднага асяроддзя. Іншымі словамі, экалагічная праблема — гэта супярэчнасць, якая ўзнікае пры парушэнні раўнавагі ў сістэме «**жывы арганізм  $\rightleftharpoons$  навакольнае асяроддзе**».

Экалагічныя праблемы могуць быць *глабальнымі* (уздзеянне аказваецца на ўсю біясферу планеты), *рэгіянальнымі* (на канкрэтны рэгіён) і *лакальнымі* (на пэўную тэрыторыю, мясцовасць).

Вядома, што колькасць рэчываў, якія ўтвараюцца ў выніку біялагічнага сінтэзу і раскладаюцца ў біясферы, супадае, утвараючы складаную сістэму замкнутых біягеахімічных цыклаў (кругаваротаў). Парушэнне гэтай цыклічнасці і праяўляецца ў біясферы ў выглядзе экалагічных крызісаў.

**Экалагічны крызіс** (грэч. *krisis* — рашэнне, паваротны пункт, зыход) — гэта сітуацыя, якая ўзнікае ў экасістэмах у выніку парушэння экалагічнай раўнавагі пад уздзеяннем стыхійных прыродных з'яў ці ў выніку ўздзеяння антрапагенных фактараў. Калі віноўнікам экалагічнага крызісу





з'яўляецца гаспадарчая дзейнасць чалавека, і гавораць пра антрапагенны екалагічны крызіс.

Экалагічны крызіс характарызуецца наступнымі негатыўнымі з'явамі:

1) глабальным забруджваннем навакольнага асяроддзя;

2) глабальным пацяпленнем, парніковым эфектам;

3) разбурэннем аэонавага экрану, узнікненнем «аэонавых дзірак»;

4) вычэрпваннем рэсурсаў і забруджваннем вод Сусветнага акіяна;

5) рэзкім ростам колькасці раней невядомых і часта невылечных хвароб;

6) недахопам прадуктаў харчавання, ачагамі голаду на планеце;

7) энергетычным крызісам;

8) вычэрпваннем неаднаўляемых мінеральных рэсурсаў;

9) дэградацыяй глебавага покрыва і апусцываннем;

10) знішчэннем ляснога покрыва;

11) скарачэннем біялагічнай разнастайнасці відаў на Зямлі.

**Прычыны і тэндэнцыі экалагічнага крызісу.** Да развіцця глабальнага экалагічнага крызісу прывялі два «выбухі» — **дэмаграфічны**

**і прамыслова-энергетычны.** Бурны рост колькасці насельніцтва Зямлі і інтэнсіўнае развіццё прамысловасці выклікалі ў XX ст. катастрофічны рост спажывання прыродных рэсурсаў і ўтварэння адходаў. З экалагічным крызісам цесна звязаны сацыяльна-эканамічны крызіс.

Сутнасць экалагічнай пагрозы заключаецца ў тым, што ўсё большы і большы ціск антрапагенных фактараў на біясферу можа прывесці да поўнага разрыву натуральных цыклаў узнаўлення біялагічных рэсурсаў, самаачышчэння глебы, вады і атмасферы. Гэта выкліча рэзкае і імклівае пагаршэнне экалагічнай абстаноўкі, што можа пацягнуць за сабой паступовае скарачэнне колькасці насельніцтва планеты. Ужо цяпер экалогі папярэджваюць аб далейшым нарастанні парніковага эфекту, павелічэнні і перамышчэнні «аэонавых дзірак», усё больш частым выпадзенні кіслотных ападкаў і да т. п.

Пералічаныя адмоўныя тэндэнцыі ў развіцці біясферы паступова набываюць глабальны характар і ўяўляюць пагрозу для будучыні чалавецтва.



**1.** Растлумачце сэнс паняццяў «экалагічная праблема» і «экалагічны крызіс». **2.** Якімі негатыўнымі з'явамі характарызуецца экалагічны крызіс? **3.** У чым заключаюцца асаблівасці сучаснага глабальнага экалагічнага крызісу?



## \*49. Узаемадзеянне чалавека і прыроды

Некалькі мільёнаў гадоў таму ў біясферы з'явілася новая жывая іста-та — чалавек. У выніку яго дзейнасці ў біясферы пачалі адбывацца працэ-сы асаблівага, **антрапагеннага харак-тару**.

Сотні тысяч гадоў назад, калі коль-касць людзей на Зямлі была параў-нальна невысокай, а іх інтэлектуальны і тэхнічны патэнцыял дастаткова сла-бым, прырода практычна не адчувала на сабе ціску чалавека.

Першабытныя людзі жылі дробны-мі плямёнамі паляўнічых-збіральнікаў. Яны «карміліся з зямлі», палюючы на дзікіх жывёл і збіраючы насенне, арэхі, карані, ягады і іншую раслін-ную ежу. Паселішчы людзей былі не-вялікія і адносна недаўгавечныя. Калі харчовыя рэсурсы тэрыторыі вычэрп-валіся, людзі былі вымушаны пера-сяляцца на новае месца. Для адносна сытага існавання патрабаваліся велі-зарныя ўгоддзі. Тэрыторыя цяпераш-няй Францыі, напрыклад, магла пра-карміць не больш за 20 тыс. чалавек. Першабытныя паляўнічыя-збіральні-кі шмат у чым нагадвалі іншых усё-едных кансументаў натуральных эка-сістэм.

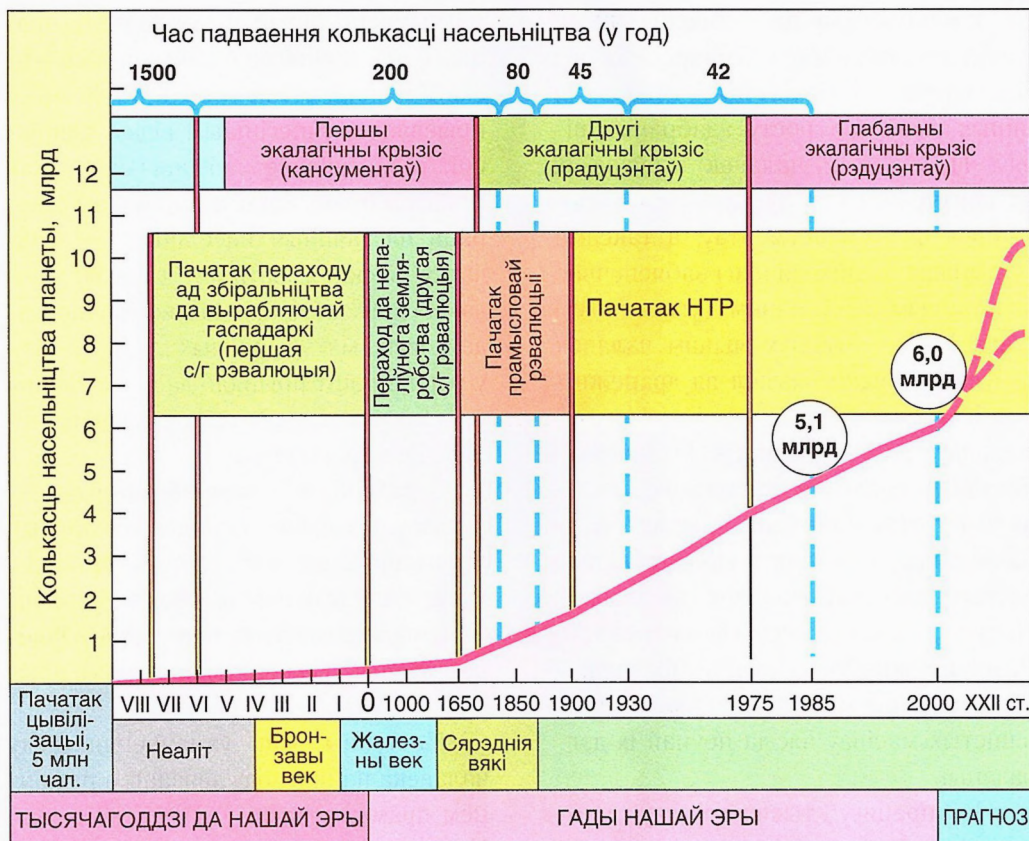
**Узнікненне супярэчнасцей па-між чалавекам і прыродай.** Для чалавечага згуртавання эпохі палеалі-ту і мезаліту характэрным было пры-стасаванне да прыроды, павага і па-

кланенне перад яе сіламі і з'явамі. У тую эпоху чалавек для свайго існа-вання выкарыстоўваў пераважна сілу сваіх мышцаў. Таму яго ўплыў на на-вакольнае асяроддзе быў мінімальным і практычна не адбываўся на функцыя-наванні экасістэм сушы. На экасістэ-му Сусветнага акіяна чалавек увогуле не аказваў уплыву.

У пачатку неаліту людзі вынайшлі лук, кап'ё і іншыя прылады, якія да-валі магчымасць паляваць з большай эфектыўнасцю. Для палявання на дзі-кіх звяроў людзі выкарыстоўвалі агонь. За некалькі тысячагоддзяў былі цал-кам знішчаны млекакормячыя леда-віковага і міжледавіковага перыядаў у Паўночнай Амерыцы і Еўразіі: *маста-донт, мамонт, шарсцісты насарог, пяхорны мядзведзь*, некаторыя віды *вярблюдаў і коней, гіганцкія ляніў-цы* і інш. Вычарпалася асноўная кры-ніца ежы старажытнага чалавека. Па-чаўся **першы глабальны экалагічны крызіс**, звязаны з дзейнасцю чалавека ў біясферы. Гэты крызіс называецца **крызісам кансументаў**. Вучоныя мяр-куюць, што першы экалагічны кры-зіс, звязаны з масавым знішчэннем (перапрамыслам) буйных жывёл, мог адбыцца 10—50 тыс. гадоў таму (мал. 106).

Гэты крызіс прымусіў чалавецтва перайсці ад збіральніцтва і паляван-ня да земляробства і жывёлагадоўлі.





Мал. 106. Антрапагенныя экалагічныя крызісы

Узнікла прымітыўная сельская гаспадарка. Змяніўся тып гаспадаркі, што з'явілася падзеяй глабальнай значнасці. Ад прысвойвальнага гаспадарчага ўкладу людзі перайшлі да вырабляючага.



Самыя старажытныя асяродкі земляробства былі знойдзены ў Пярэдняй і Малой Азіі. Там у вялікай колькасці рос дзікі ячмень — першая расліна, якая стала «дамашняй». Тут жа былі выяўлены самыя ста-

ражытныя з вядомых «гарадоў» — скучаныя паселішчы, у якіх жылі многія дзесяткі і нават сотні чалавек. Перадгор'і Малой Азіі амаль ідэальна падыходзяць па прыродных умовах для прымітыўнага земляробства: лёгкія, вельмі ўрадлівыя і ўстойлівыя да абясплоджвання глебы, дастатковая колькасць ападкаў, раўнамерна размеркаваная па сезонах. Паступова земляробчыя культуры распаўсюджваліся ўсё больш шырока. Адначасова ўзмацнялася і ўздзеянне чалавека на прыроду, бо разворванне зямель разбурала натуральныя жывыя згуртаванні больш эфектыўна, чым пажар.



Земляробства па сутнасці ўяўляе сабой працэс адбору дзікарослых відаў, расчысткі прасторы і стварэння іншых умоў для росту адабраных відаў. Пры гэтым чалавек ахоўвае іх ад канкурэнцыі (з пустазеллем) і патэнцыяльных кансументаў, а таксама (у выпадку неабходнасці) забяспечвае дадатковым жыўленнем (угнаеннямі) і вадой. Аналагічным чынам чалавек ахоўвае свойскіх жывёл ад драпежнікаў і забяспечвае кармамі для аптымальнага росту і развіцця. Інтэнсіўнае развіццё сельскай гаспадаркі аказвала істотны ўплыў на прыроду, асабліва тады, калі для падрыхтоўкі пасяўных плошчаў чалавек выпальваў тысячы гектараў лесу (позні неаліт). Развіццё жывёлагадоўлі суправаджалася выяданнем жывёламі вялікіх травяністых масіваў аж да поўнай іх дэградацыі.

На працягу тысячагоддзяў многія культурныя расліны і прыручаныя жывёлы істотна змяніліся ў выніку селекцыі і гібрыдызацыі і цяпер моцна адрозніваюцца ад сваіх дзікіх продкаў, аднак сутнасць сельскай гаспадаркі засталася нязменнай.

Асвойшы земляробства і прыручыўшы жывёл, людзі стварылі сваю ўласную, адрозную ад натуральных, чалавечую экасістэму. Гэта стала важным паваротным пунктам у гісторыі Зямлі. У людзей з'явілася магчымасць больш ці менш стабільна забяспечваць сябе ежай. Акрамя таго, гэта дало

магчымасць перайсці да падзелу працы. Адны працягвалі займацца сялянскай працай, у той час як другія маглі прысвяціць сябе іншым відам дзейнасці. Гарантаванае забеспячэнне ежай і падзел працы далі магчымасць ствараць пастаянныя паселішчы — спачатку вёскі, а затым і гарады. Людзі пачалі займацца вытворчасцю дадатковых матэрыяльных даброт. Гэта ўрэшце рэшт прывяло да станаўлення сучаснага складана арганізаванага чалавечага грамадства.

З развіццём земляробства і жывёлагадоўлі звязаны першыя лакальныя і рэгіянальныя экалагічныя крызісы. Яны былі выкліканы рэзкім змяненнем мікраклімату, складу і стану флоры, фауны, глебы, змяншэннем прыродных біялагічных рэсурсаў.

Наступны этап узмацнення ціску чалавека на прыроду звязаны з развіццём прамысловасці ў XV—XVIII стст. У гэты час колькасць насельніцтва Зямлі была каля 500 млн чалавек. Людзмі былі дасягнуты значныя поспехі ў будаўніцтве, тэхніцы, хіміі, пачалося вывучэнне і асваенне Сусветнага акіяна.

Канцэнтрацыя вялікай колькасці людзей у гарадах суправаджалася актыўным знішчэннем бліжэйшых лясоў. Драўніна ішла на будаўніцтва, ацяпленне, выраб мэблі і прылад працы, транспартных сродкаў. Гарады паступова становіліся раёнамі экалагічнага напружання, і працэс **урбаніза-**





цыі (узнікнення і росту гарадоў) ператварыўся ў негатыўны экалагічны фактар.

З канца XVIII ст. адбываецца бурнае развіццё фізікі, хіміі, тэхнікі. Чалавек вынаходзіць паравы і электрычны рухавікі, якія ў шмат разоў павялічваюць яго фізічныя магчымасці. Адносіны людзей да прыроды, яе багацця носяць характар «актыўнага» заваявання, барацьбы, драпежнага выкарыстання яе рэсурсаў з верай у тое, што яны невычэрпныя. Бурнае развіццё прадукцыйных сіл грамадства, якое выклікала шырокае выкарыстанне мінеральных рэсурсаў, прамысловую, а затым і навукова-тэхнічную рэвалюцыю, лічыцца пачаткам **другога антрапагеннага экалагічнага крызісу**. Ён адбыўся 150—350 гадоў таму (гл. мал. 97). Гэты крызіс атрымаў назву **крызісу прадукцэнтаў**.

**Трэці (сучасны) антрапагенны экалагічны крызіс** абумоўлены недапушчальна высокім узроўнем глабальнага забруджвання навакольнага асяроддзя. Рэдуцэнты (разбуральнікі) не паспяваюць ачышчаць біясферу ад антрапагенных прадуктаў ці патэнцыяльна не здольны гэта рабіць па прычыне непрыроднага (штучнага) харак-

тару сінтэтычных рэчываў, якія выкідваюцца. Таму гэты крызіс часта называюць **крызісам рэдуцэнтаў**. У выніку наступлення крызісу рэдуцэнтаў назіраецца дэградацыя біясферы.

Пытанні, звязаныя з сучасным экалагічным крызісам, упершыню абмяркоўваліся на першай Сусветнай канферэнцыі па навакольнаму асяроддзю, якая праходзіла ў Стакгольме ў 1972 г. з удзелам прадстаўнікоў 113 дзяржаў.

На канферэнцыі ўпершыню было сфармулявана паняцце **экаразвіццё — экалагічна арыентаванае сацыяльна-эканамічнае развіццё, пры якім рост дабрабыту людзей не суправаджаецца пагаршэннем асяроддзя пражывання і дэградацыяй прыродных сістэм**.

Сучасны экалагічны крызіс найбольш глыбокі і трагічны ў гісторыі развіцця чалавецтва. Пераадолець яго будзе надзвычай цяжка. Ён можа прывесці да значных міграцый людзей, справакаваць войны, іншыя сацыяльныя ўзрушэнні лакальнага, рэгіянальнага і нават глабальнага маштабаў. Асноўнымі прычынамі такога сцэнарыю развіцця падзей можа стаць барацьба за авалоданне энергарэсурсамі, крыніцамі прэснай і пітной вады і г. д.



1. Растлумачце асаблівасці экалагічнага крызісу на этапе прысвойвальнай гаспадаркі.
2. Назавіце прычыны і растлумачце сутнасць крызісу прымітыўнага земляробства.
3. У чым прычына «крызісу прадукцэнтаў»?
4. Якія асноўныя прычыны ўзнікнення «крызісу рэдуцэнтаў»?\*



## 50. Дэмаграфічны выбух і праблемы харчовага забеспячэння

**Дэмаграфічны выбух.** Сучасны этап развіцця чалавецтва характарызуецца паскораным ростам колькасці насельніцтва. На працягу многіх тысяч гадоў колькасць людзей на планеце павялічвалася дастаткова марудна. Спатрэбілася некалькі соцень тысяч гадоў, каб колькасць чалавечай папуляцыі да 1800 г. дасягнула 1 млрд чалавек. Аднак далей тэмп росту народанасельніцтва значна паскорыўся. Наступны мільярд дабавіўся ўжо праз 130 гадоў, трэці — праз 30, чацвёрты — праз 15, пяты і шосты — усяго за 12 гадоў кожны (мал. 107).

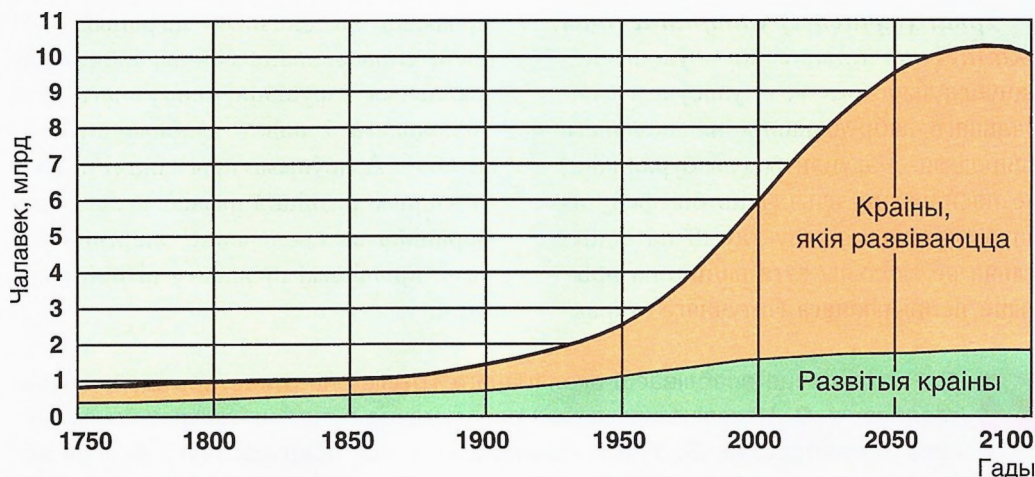


Дзесяць тысяч гадоў назад насельніцтва Зямлі складала каля 10 млн чалавек, да пачатку нашай эры яно дасягнула 200 млн, да 1650 г. — 500 млн. На

працягу наступных 200 гадоў колькасць людзей павялічылася ў два разы, дасягнуўшы 1 млрд, а ў 1900 г. — 1 млрд 660 млн. У 1950 г., нягледзячы на страты ў двух сусветных войнах, колькасць насельніцтва ўзрасла да 2,5 млрд, а затым стала штогод павялічвацца на 70—100 млн. У 1975 г. на Зямлі пражывала 4 млрд чалавек, а ў 1993 г. — 5,5 млрд. 12 кастрычніка 1999 г. у 0 г 02 мін у адным з радзільных дамоў горада Сараева нарадзіўся хлопчык, які стаў 6-мільярдным жыхаром планеты.

Колькасць насельніцтва Зямлі цяпер такая, што калі людзей раўнамерна размеркаваць на паверхні планеты, то адлегласць паміж кожным чалавекам складзе ўсяго 300 м.

Рост насельніцтва Зямлі ў сярэдзіне XX ст. набыў імклівыя тэмпы і атрымаў назву **дэмаграфічнага выбуху**. Рэзкае павелічэнне хуткасці росту народанасельніцтва ў першую чаргу звязана са змяненнем сацыяльна-эканамічных умоў жыцця.



Мал. 107. Дынаміка колькасці народанасельніцтва свету



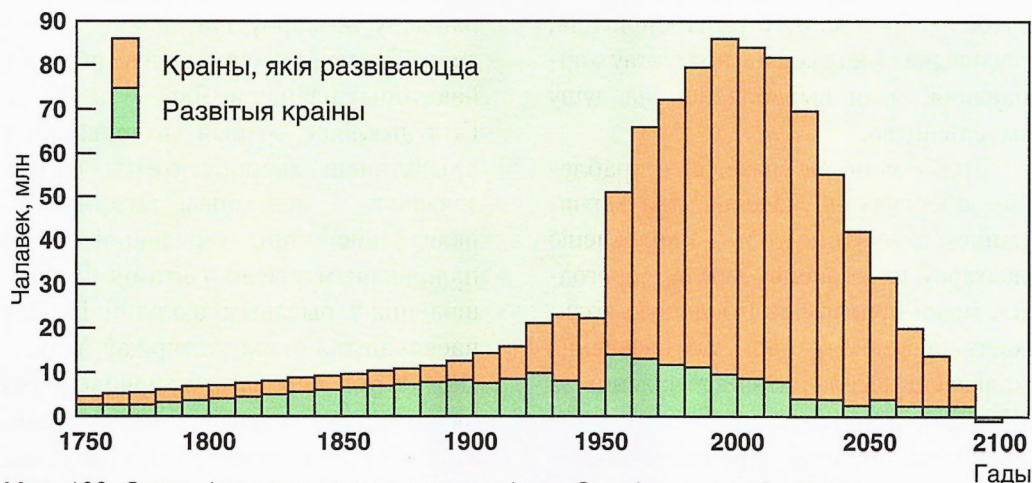


У цяперашні час на планеце кожную хвіліну нараджаецца прыкладна 260 чалавек, кожныя 10 с нараджаецца ў сярэднім 44 і памірае 18 чалавек. Такім чынам, прырост насельніцтва складае каля 225 тыс. чалавек штодзень. Штогадовы прырост роўны прыблізна 80—90 млн чалавек. Пры гэтым прырост насельніцтва на 88 % ажыццяўляецца за кошт краін, якія развіваюцца (мал. 108). Паводле прагнозаў чакаецца, што да 2050 г. зямлян будзе каля 9 млрд, а да 2100 г. — 13 млрд.

Спецыяльныя даследаванні паказваюць, што для падтрымання нармальнага існавання такой колькасці людзей прыродных рэсурсаў Зямлі і магчымасцей біясферы будзе недастаткова. Нават калі колькасць насельніцтва складзе 8 млрд чалавек, магчыма значнае павялічванне смерці людзей ад голаду, недахопу прэснай вады, хвароб.

**Нераўнамернасць рассялення.** Жыхары Зямлі расселены на планеце нераўнамерна. У пачатку 1990-х гг.

амаль палова з 5,4 млрд жыхароў планеты займала толькі 5 % плошчы яе паверхні. І наадварот, на палове плошчы Зямлі пражывала толькі 5 % насельніцтва. На сённяшні дзень каля 30 % насельніцтва свету сканцэнтравана ў краінах Паўднёвай і Паўднёва-Усходняй Азіі, уключаючы Індыю, Інданезію і Пакістан, 25 % — ва Усходняй Азіі, уключаючы Кітай і Японію. Шмат людзей пражывае таксама на ўсходзе Паўночнай Амерыкі і ў Еўропе. Максімальны прырост насельніцтва назіраецца ў краінах, якія развіваюцца (найбольш бедных), і мінімальны — у развітых краінах (гл. мал. 108). Найбольш высокі сярэдні гадавы прырост насельніцтва ў Афрыцы (2,9 %), у Лацінскай Амерыцы і Паўднёва-Усходняй Азіі — 1,8 %. Сярэдні сусветны прырост насельніцтва ў 2005 г. склаў 1,14 %.



Мал. 108. Сярэдні гадавы прырост насельніцтва Зямлі па дзесяцігоддзям



Паводле даных ААН, пяцёрку самых шматнаселеных краін свету складаюць Кітай (1,3 млрд), Індыя (1,1 млрд), ЗША (297 млн), Інданезія (223 млн) і Бразілія (181 млн). За імі ідуць Пакістан (146 млн), Бангладэш (144 млн), Расія (142 млн) і Нігерыя (138 млн).

**Харчовая праблема.** Нераўнамернае рассяленне людзей на Зямлі спалучаецца з нераўнамерным размеркаваннем прыродных багаццяў, у першую чаргу прадуктаў харчавання. Патрэбнасць у ежы чалавек задавальняе галоўным чынам за кошт вырошчвання розных культурных раслін і развядзення свойскіх жывёл. Колькасць чалавецтва расце, а колькасць ворнай зямлі, на якой вырошчваецца необходимая сельскагаспадарчая прадукцыя, у разліку на душу насельніцтва змяншаецца. Сёння на кожнага жыхара планеты прыходзіцца ў сярэднім па 0,28 га ворнай зямлі. Да 2030 г. у сувязі з ростам насельніцтва гэта лічба знізіцца да 0,19 га. Зменшыцца, адпаведна, і колькасць прадуктаў харчавання, якая вырабляецца на душу насельніцтва.

Трэба мець на ўвазе, што праблема забеспячэння насельніцтва харчаваннем звязана не толькі з колькасцю жыхароў на планеце. Зямля, верагодна, можа пракарміць і большую колькасць людзей. У наш час падваенне колькасці насельніцтва адбываецца за 35 гадоў, а вытворчасць ежы падвойваецца за 30 гадоў. Праблема заключаецца ў тым, што павелічэнне коль-

касці насельніцтва суправаджаецца яго анамальным тэрытарыяльным размеркаваннем.

Рэгіёны з праблемай хранічнага голаду існуюць там, дзе людзі штогод спажываюць менш, чым ім неабходна. Пастаяннае недададанне прыводзіць да зніжэння разумовых здольнасцей і фізічнага знясілення.



Сёння ў свеце каля 10 млн дзяцей асуджаны на паўгалоднае існаванне, каля 200 млн — харчуюцца непаўнавартасна, спажываючы недабрыйкасныя прадукты і ваду.

Колькасць галадаючых на Зямлі ў 1970 г. складала 460 млн, у 1990 г. — 550 млн, а ў цяперашні час дасягнула 650 млн чалавек.

Прычынай узнікнення харчовай праблемы з'яўляецца таксама дамінаванне аднаго-двух відаў прадуктаў у харчаванні насельніцтва. Гэта робіць рацыён аднастайным і вядзе да скрытых форм голаду. Напрыклад, 70 % рацыёну жыхароў Паўднёвай і Паўднёва-Усходняй Азіі складае рыс, а ў некаторых раёнах в. Ява — да 90 %. Гэта выклікае розныя захворванні, у прыватнасці хваробу беры-беры, звязаную з недахопам вітаміну В<sub>1</sub>, якая ўзнікае пры харчаванні толькі паліраваным рысам (вітамін В<sub>1</sub> змяшчаецца ў рысавым шалупінні). Для насельніцтва шэрагу дзяржаў Афрыкі характэрна перавага ў харчовым рацыёне клубняплодаў (батату, маніёку, ямсу). У іх шмат вугляводаў, але мала бялку.



Дакладна ацаніць колькасць га-  
ладаючых ці недаёдаючых даволі цяж-  
ка. Людзі ж звычайна паміраюць не ад  
голаду як такога. Як правіла, тыя, хто  
недаёдае, часцей церпяць ад розных  
захворванняў. Хваробы ў іх праходзяць  
цяжэй і часта маюць лятальны канец.  
Вядома, што тыф, халера, воспа, чума,  
грып, сухоты звычайна разбіваюць  
аслабленых ад недаёдання людзей. Гэта  
значыць, рэгіструюцца іншыя прычыны  
смерці, хаця ў сапраўднасці кожная з іх  
абумоўлена менавіта недаёданнем.

**Урбанізацыя.** Рост насельніцтва  
планеты суправаджаецца яго кан-  
цэнтрацыяй у гарадах (урбанізацыя)  
(мал. 109). Калі ў 1925 г. у гарадах  
пражывала 1/5 насельніцтва свету, то  
зараз — каля паловы. Прагназуецца,  
што да 2025 г. 2/3 жыхароў планеты  
будуць гараджанамі.

\*Жыццё ў горадзе мае шэраг пера-  
ваг у параўнанні з жыццём у сельскай  
мясцовасці. У горадзе ёсць больш маг-  
чымасцей для паўнаwartаснага развіц-  
ця, атрымання адукацыі, пошуку працы  
і г. д. Тут сканцэнтраваны тэатры, му-  
зеі, бібліятэкі. У гарадах лепш развіта  
сістэма медыцынскага і бытавога аб-  
слугоўвання.

Аднак гарадская цывілізацыя нясе  
не толькі даброты. Яна аказвае не-  
гатыўны ўплыў на здароўе чалавека. У  
горадзе высокая ступень забруджвання  
атмасферы, вады, прадуктаў харчаван-  
ня, прадметаў побыту выкідамі прамы-



Мал. 109. Сучасны горад

словых прадпрыемстваў і транспарту.  
Гарадское асяроддзе — гэта электра-  
магнітныя палі, вібрацыя, шум, хіміза-  
цыя побыту, патокі лішняй інфармацыі,  
празмерная колькасць кантактаў, эма-  
цыянальныя перагрузкі, гіпадынамія,  
распаўсюджанне шкодных звычак. За-  
бруджванне гарадскога асяроддзя пра-  
яўляецца ў росце алергічных, сардэч-  
на-сасудзістых, лёгачных, анкалагічных  
захворванняў у гараджан.\*

Анамальнасць тэрытарыяльнага  
размеркавання насельніцтва на Зям-  
лі суправаджаецца гіперурбанізацы-  
яй і фарміраваннем мегаполісаў з  
15—25 млн жыхароў.



У цяперашні час у Токіо, напрыклад, пра-  
жывае 26,4 млн чалавек, у Мехіка —  
18,6 млн, у Пекіне — 15,4 млн. Па-  
водле прагнозаў экспертаў ААН, да сярэдзіны  
трэцяга тысячагоддзя з 60 сусветных гарадоў-  
гігантаў 50 будуць размешчаны ў краінах, якія



развіваюцца. Найбольш буйнымі гарадамі, верагодна, стануць Токію (больш за 36 млн), Мумбаі (Бамбей — 22,6 млн), Нью-Дэлі (20,9 млн), Мехіка (20,6 млн), Сан-Паўлу (20 млн).

Сёння каля трэці насельніцтва Зямлі пражывае ў гарадах-мільянерах (іх колькасць з 1950 г. да 1999 г. вырасла ў 4,5 раза). У краінах, якія развіваюцца, штогод у гарады перасяляецца каля 80 млн чалавек. Самі

гарады-гіганты становяцца велізарнымі і небяспечнымі забруджвальнікамі асяроддзя. Іх існаванне паскарае дэградацыю прыроды на прылеглых тэрыторыях. У гарадах-гігантах ускладняецца кантроль і кіраванне сацыяльнай і эканамічнай сферамі, станам навакольнага асяроддзя, транспартам, водазабеспячэннем і бяспекай жыхароў.



**1.** Раскрыйце сэнс паняцця «дэмаграфічны выбух». **2.** Якія прагнозы росту насельніцтва Зямлі? **3.** Растлумачце прычыны дэмаграфічнага выбуху. **4.** Якія вынікі дэмаграфічнага выбуху? **5.** Якія асноўныя прычыны ўзнікнення голаду ў некаторых рэгіёнах Зямлі? **6.** Што такое урбанізацыя? Які ўплыў гэтага працэсу на чалавека і біясферу? **7\*.** Чаму, нягледзячы на тое, што гарадская цывілізацыя нясе не толькі даброты, але і аказвае негатыўны ўплыў на здароўе чалавека, рост колькасці насельніцтва гарадоў павялічваецца?

## \*51. Прычыны імклівага росту насельніцтва

*Становішча ў развітых краінах.* Нараджэнне і выхаванне дзяцей у сем'ях развітых краін сёння звязана галоўным чынам з задавальненнем натуральнай псіхалагічнай патрэбнасці. Гэта патрэбнасць бацькоўства і мацярынства, а таксама ўсведамленне таго, што вы прыносіце радасць блізкім людзям — бабулям і дзядулям, дорачы ім унукаў. Прыносіць задавальненне думка, што вашы матэрыяльныя і духоўныя каштоўнасці не адыдуць разам з вамі, а застануцца дзецям. Усе гэтыя пачуцці, што перажываюць бацькі, ніяк не звязаны з эканамічнай выгадай. За-

даволіць гэтыя патрэбнасці можна, маючы аднаго ці двух дзяцей, паколькі іх выхаванне патрабуе вялікіх затрат.

У развітых і некаторых краінах, якія развіваюцца, многія бацькі маюць магчымасць выбару, як і якую адукацыю даць сваім дзецям. Яны могуць даць адукацыю ўсім дзецям, падзяліўшы з гэтай мэтай даходы сям'і між імі. Яны могуць даць адукацыю толькі аднаму дзіцяці — больш адоранаму, рухаючы яго як мага вышэй па адукацыйнай лесвіцы. Нарэшце, яны могуць не даваць аніякай адукацыі сваім дзецям.





У краінах з дастаткова развітай эканомікай, дзе няма выразнага расслаення людзей на класы, бацькі часта лічаць за лепшае мець 1—2 дзяцей. Дзеці, дасягнуўшы пэўнага становішча ў грамадстве, апраўдваюць чаканні бацькоў, павышаючы прэстыж і дабрабыт сям'і. Акрамя таго, у большасці развітых краін існуюць законы, якія забараняюць бацькам выкарыстоўваць працу сваіх непаўналетніх дзяцей, і законы, што прадпісваюць дзецям абавязкова наведваць школу. Гэта таксама схіляе бацькоў абмяжоўваць памеры сям'і, каб мець магчымасць павялічваць свае даходы толькі за кошт уласнай працы.

Усе гэтыя і іншыя акалічнасці разам з даступнасцю разнастайных эфектыўных метадаў прадукцыйнага цяжарнасці прывялі да таго, што большасць сем'яў у развітых краінах, як правіла, маюць аднаго ці дваіх дзяцей.

**Прычыны росту насельніцтва ў краінах, якія развіваюцца.** Зразумець прычыну хуткага росту насельніцтва ў краінах, якія развіваюцца, — гэта, перш за ўсё, зразумець, якое значэнне там надаецца дзецям. У гэтых краінах дзеці працуюць з маленства, павялічваючы даходы сям'і і вызваляючы такім чынам бацькоў ад некаторых абавязкаў. Гэта дае магчымасць дарослым пераклучыцца на іншую працу ці проста трохі адпачыць. Малодшыя дзеці, дапамагаючы дзецям больш старэйшага ўзросту, таксама часткова разгружаюць іх. Калі

дзеці яшчэ малыя і не могуць працаваць у полі ці дзе-небудзь яшчэ, то яны няньчаць зусім маленькіх брацікаў і сястрычак, а таксама выконваюць пэўную працу ў доме.

Пашавая жывёлагадоўля таксама патрабуе значных затрат працы. Для адносна паспяховага ўладальніка жывёлы, статак якога складаецца, напрыклад, са 100—150 галоў буйной рагатай жывёлы, 100 авечак і коз і некалькіх аслоў, неабходна мець не менш чым шэсць памочнікаў — пастухоў ва ўзросце ад 6 да 25 гадоў. Эканамічна выгадна, калі гэта ўласныя дзеці.

У некаторых краінах Афрыкі, напрыклад у Буркіна-Фасо і Судане, прыватная ўласнасць на зямлю адсутнічае. Чалавек можа валодаць уладжым, які вырашчаны на ўчастку зямлі, але самім участкам ён не валодае. Размеркаванне ж зямлі часта ажыццяўляецца па колькасці членаў сям'і, здольных яе апрацоўваць. У сельскіх раёнах Афрыкі рабочыя рукі заўсёды ў дэфіцыце. Таму больш шматлікая сям'я, здольная апрацаваць болей зямлі, можа стаць багацейшай.

Акрамя таго, наяўнасць вялікай колькасці дзяцей дае бацькам упэўненасць у больш ці менш забяспечанай старасці, асабліва ў тых выпадках, калі дзяржава не бярэ на сябе гэты абавязак.

У бедных краінах бацькі звычайна не маюць магчымасці выбару адука-



цыі для сваіх дзяцей. Сродкі сям'і часта бываюць настолькі абмежаванымі, што іх не хапае на адукацыю нават аднаго дзіцяці. Часам у мясцовасці, дзе жыве сям'я, няма нават школы. Пры такім становішчы адзіным багаццем, даступным сям'і, становяцца самі дзеці.

На колькасць дзяцей у сям'і, акрамя ўсяго гэтага, аказваюць уплыў векавыя традыцыі, рэлігійныя перакананні і ўзровень адукаванасці.

Хуткі рост насельніцтва Зямлі за апошнія 100 гадоў у цэлым абумоўлены зніжэннем агульнага каэфіцыента

смяротнасці (адносін колькасці памерлых за год да агульнай колькасці насельніцтва), асабліва ў краінах, якія развіваюцца. Галоўнымі прычынамі гэтага з'яўляюцца:

1) паляпшэнне харчавання ў выніку ўзростага ўзроўню вытворчасці харчу і больш рацыянальнага яго размеркавання;

2) зніжэнне колькасці эпідэмій і інфекцыйных захворванняў у сувязі з паляпшэннем санітарна-гігіенічнай абстаноўкі;

3) удасканаленне медыцынскага абслугоўвання.



**1.** Якія асноўныя прычыны імклівага росту насельніцтва Зямлі? **2.** Чаму самыя высокія тэмпы росту насельніцтва адзначаюцца ў краінах, якія развіваюцца? **3.** Існуе меркаванне, што рост колькасці насельніцтва ў краінах, якія развіваюцца, тармозіць прагрэс цывілізацыі, паколькі гэтыя краіны не могуць забяспечыць развіццё здольнасцей свайго падростаючага пакалення. Як вы лічыце, ці правамоцны такі пункт гледжання? **4\*.** Прапануйце меры па абмежаванні тэмпаў росту насельніцтва.\*

## 52. Вычэрпванне прыродных рэсурсаў

*Што такое «прыродныя рэсурсы».* Для задавальнення сваіх пастаянна растурых патрэбнасцей і павышэння камфортнасці існавання чалавек развіў да надзвычай высокага ўзроўню энергетыку, хімічную, нафтаперапрацоўчую, горную, металургічную і лёгкаю прамысловасць, машынабудаванне, транспарт, спосабы сувязі і іншыя галіны.

Для забеспячэння высокага ўзроўню вытворчай дзейнасці і быту

чалавеку неабходны рознага роду рэсурсы.

Што ўяўляюць сабой «рэсурсы»? **Усе аб'екты і з'явы прыроды, якія выкарыстоўвае чалавек для прамога і непрямога спажывання, называюцца прыроднымі рэсурсамі.** Прыродныя рэсурсы выкарыстоўваюцца ў якасці:

1) крыніц энергіі (сонечная і водная энергія, гаручыя выкапні, атамнае паліва);





2) сродкаў працы, з дапамогай якіх ажыццяўляецца вытворчасць (зямля, водныя шляхі, вада для арашэння);

3) прадметаў працы (драўніна, мінералы);

4) непасрэдных прадметаў спажывання (жывыя арганізмы, кісларод паветра, пітная вада).

Прыродныя рэсурсы дзяляцца на *невычарпальныя* (сонечная энергія, вецер, марскія прылівы, энергія цякучай вады) і *вычарпальныя* (мал. 110).

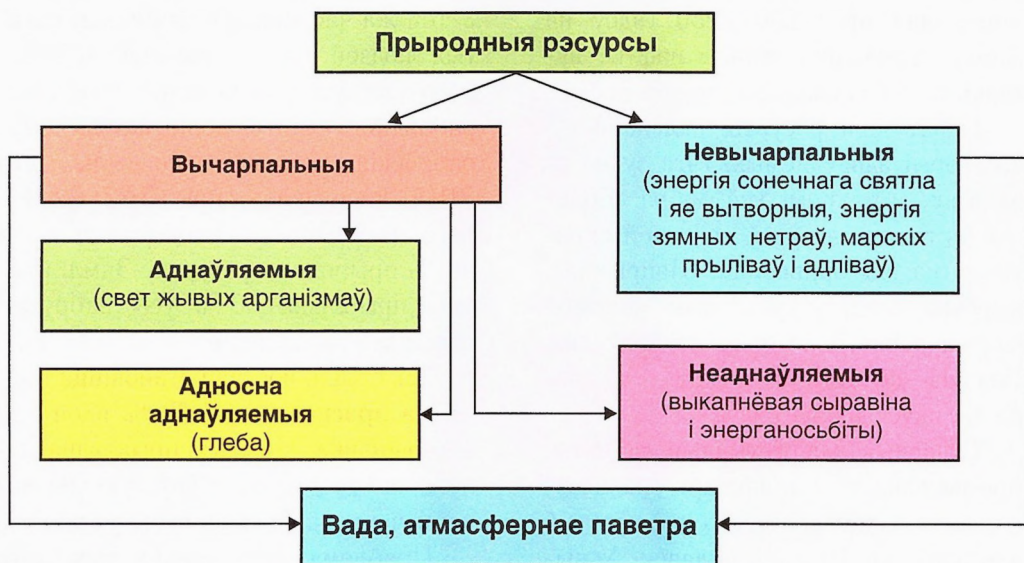
Вычарпальныя прыродныя рэсурсы дзяляцца на *вычарпальныя аднаўляемыя* (якія могуць аднавіцца), *вычарпальныя неаднаўляемыя* (якія не могуць аднавіцца) і *адносна аднаўляемыя*.

Да першай групы перш за ўсё належаць біялагічныя рэсурсы — раслінны і жывёльны свет, а таксама паветра і прэсная вада. Да другой групы належаць большасць карысных выкапняў — нафта, вугаль, газ, руды і г. д. Да трэцяй — глеба.

**Вычэрпванне прыродных рэсурсаў.** Дваццатае стагоддзе адрознівалася высокімі тэмпамі спажывання прыродных рэсурсаў. За гады, якія прайшлі пасля другой сусветнай вайны, было выкарыстана столькі ж мінеральнай сыравіны, колькі за ўсю папярэднюю гісторыю чалавецтва.



На працягу ўсяго перыяду сярэдніх вякоў і новага часу аж да прамысловай рэвалюцыі мінеральна-сыравінную базу чалавецтва складалі пераважна медзь, жа-



Мал. 110. Прыродныя рэсурсы



леза, серабро, золата, волава, свінец, ртуць, а таксама вырабныя і каштоўныя камяні.

У канцы XIX — першай палове XX ст. мінеральна-сыравінная база істотна змянілася. Гэта выявілася ў павелічэнні аб'ёму і відаў мінеральных рэсурсаў, якія выкарыстоўваліся. У другой палове XX ст. шырокае распаўсюджанне атрымалі многія новыя рудныя (алюміній, нікель, хром, марганец, ванадый, вальфрам і г.д.) і нярудныя (фасфатыды, калійныя солі, алмазы і інш.) карысныя выкапні.

Спажыванне мінеральнай сыравіны на Зямлі ўзрастае ў сярэднім на 5 % у год, што азначае яго падваенне праз кожныя 15 гадоў. Такія тэмпы спажывання мінеральных рэсурсаў прыводзяць да іх вычэрпвання: скарачэння запасаў і пагаршэння якасці.

\*Вывучэнне дынамікі спажывання мінеральных рэсурсаў паказала, што прыкладна праз 200—250 гадоў на Зямлі закончацца запасы нафты, вугалю, гаручых сланцаў і торфу.

Нават калі рэсурсы належаць да катэгорыі аднаўляемых, гэта зусім не азначае, што з імі ўсё добра. Большасць гэтых рэсурсаў на самой справе хутка вычэрпваецца. Напрыклад, высечка лясоў у сусветным маштабе значна перавышае прырост драўніны. Галоўны фундамент жыцця — глеба — паўсюдна дэградуе.

Сучасныя энергетычныя аб'екты, прамысловасць і транспарт спажываюць столькі кіслароду, што яго хапіла б для дыхання 43 млрд чалавек. У выпадку захавання тэмпаў сучасных

прамысловых і энергетычных тэхналогій прыблізна за тых ж 200 гадоў будзе зрасходавана 2/3 запасаў кіслароду ў атмасферы планеты. А працэсы ж яго вырабу з'яўляюцца раслінамі па прычыне дэградацыі біясферы, змяншэння плошчы лясоў, зніжэння біяразнастайнасці, біямасы і біяпрадукцыйнасці ў цэлым няўхільна замарджваюцца.\*

Мільярд найбольш бедных людзей планеты маюць найбольшую колькасць дзяцей і папаўняюць легіёны беднякоў і хворых. У барацьбе за выжыванне яны вымушаны высякаць лясы, знішчаць дзікіх звяроў, рыбу, птушак, выбіраць да астатку каштоўныя прыродныя рэсурсы, не турбуючыся пра іх захаванне ці аднаўленне. У той жа час мільярд найбольш багатых людзей свету спажываюць большую частку прыродных рэсурсаў і вырабляюць львіную долю адходаў. Еўрапейскія экалагі падлічылі, што ЗША, напрыклад, пры 5 % сусветнага насельніцтва спажываюць каля 40 % прыродных рэсурсаў Зямлі і даюць прыблізна 60 % усіх забруджвальнікаў на планеце.

Усё больш вострай становіцца праблема **прэснай вады**, 70 % якой ідзе на арашэнне. Прычым прыкладна палова яе расходуюцца ўпустую, не дасягаючы каранёвай сістэмы раслін.

Праблема ўзмацняецца тым, што якасць прэснай вады пастаянна пагар-



шаецца. Паводле даных ААН, больш за 250 млн чалавек спажываюць пітную ваду нізкай якасці.



Калі ў пачатку XX ст. прамысловасць расходала ўсяго 30 км<sup>3</sup> вады ў год, то да 1975 г. яе расход узрос да 630 км<sup>3</sup>, а да 2015 г. ён дасягне прыкладна 2750 км<sup>3</sup>.

Падлічана, што, калі прамысловасць будзе выкарыстоўваць ваду такімі ж тэмпамі, як да цяперашняга часу, то да 2100 г. запасы прэснай вады канчаткова вычарпаюцца.

Сярэднестатыстычны жыхар Паўночнай Амерыкі спажывае ў 70—75 разоў вады болей, чым жыхар Цэнтральнай Амерыкі ці Аравійскага паўвострава.

**Дэградацыя глебавага покрыва і апустыньванне.** Пад дэградацыяй глебавага покрыва разумеюць высільванне ўрадлівасці, эрозію і забруджванне глеб, зніжэнне біялагічнай прадукцыйнасці натуральных пашавых угоддзяў, засаленне і забалочванне, адчужэнне зямель для патрэб жыллёвага, прамысловага і дарожнага будаўніцтва.

На малюнку 111 паказана ступень дэградацыі глеб свету. Прааналізуйце даныя малюнка. Якія вывады можна зрабіць?

На сённяшні дзень існуюць некалькі прычын дэградацыі глебавага покрыва (мал. 112).

У цяперашні час штогод у свеце незваротна губляецца ў выніку розных працэсаў дэградацыі каля 7 млн ворных зямель — база жыцця для 21 млн чалавек.

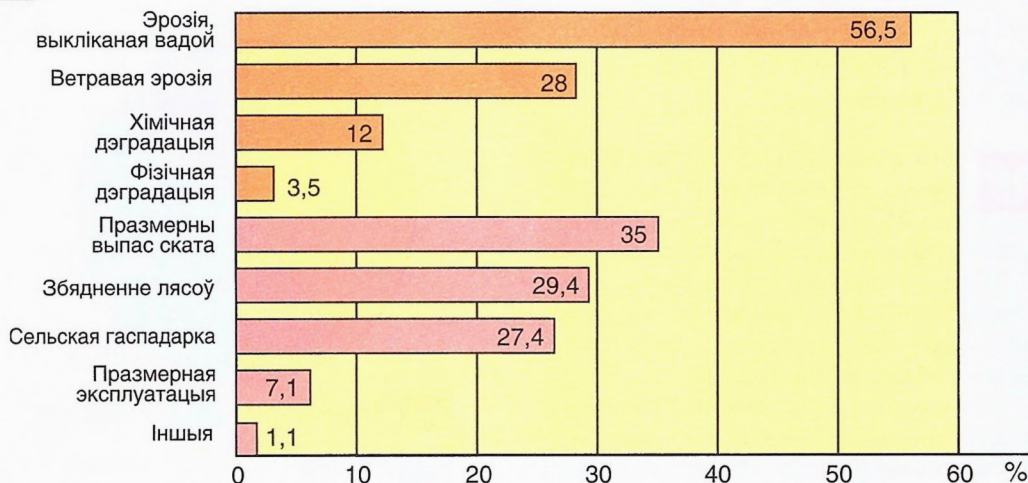


Мал. 111. Ступень дэградацыі глеб



Толькі 1/10 частка ўсіх зямель планеты прыдатная для сельскай гаспадаркі. Так, у Еўропе на іх долю прыпадае 36 %, у Цэнтральнай Амерыцы — 25 %, у Паўночнай Амерыцы — 22 %. Менш за ўсё ўрадлівых зямель у Паўночнай і Цэнтральнай Азіі (10 %), Паўднёва-Усходняй Азіі (14 %), Паўднёвай Амерыцы і Аўстраліі (па 15 %). Значная частка гэтых зямель, нягледзячы на тое, што іх і так мала, штогод выключаецца з сельскагаспадарчага абароту на патрэбы будаўніцтва.

Адной з галоўных прычын разбурэння ўрадлівага слоя з'яўляецца глебавая эрозія. Пад **эрозіяй глебы** разумеюць працэсы разбурэння і зносу глебавага покрыва патокамі вады ці ветру. Яна адбываецца галоўным чынам з-за так званага «аграпрамысловага» земляробства. Глебы разворваюцца на вялікіх плошчах, а затым ўрадлівы слой выдзімаецца ветрам ці змываецца вадой.



Мал. 112. Прычыны дэградацыі глеб



Да цяперашняга часу на Зямлі адбылася страта ўрадлівай глебы на плошчы прыблізна роўнай 152 млн га, ці на 2/3 агульнай плошчы ворнай зямлі (15 % усёй плошчы сусветнай сушы). З іх каля 6 % знішчана воднай эрозіяй, 28 % — ветравой, 12 % засолена пры няправільным арашэнні, каля 5 % — выведзена з абароту ў выніку перахімізацыі і фізічнай дэструкцыі (вытоптвання жывёламі, распрацоўкі кар'ераў і інш.).

Эрозія зносіць самы ўрадлівы слой глебы. У той час як Зямля назапашвае 1 см урадлівай глебы ў сярэднім за 300 гадоў, сёння 1 см глебы гіне за 3 гады. За апошнія дзесяцігоддзі колькасць гумусу ў глебе знізілася на 20 %.

Вялікую шкоду стану глебавага покрыва Зямлі наносзяць працэсы, звязаныя з апустыньваннем. **Апустыньванне** можа быць абумоўлена няправільным арашэннем (забалочванне і

засаленне), засухай, празмерным выпасам ската, дэградацыяй глебы, высечкай лясоў і іншымі прычынамі.

Вялікія страты глебаваму слою Зямлі наносіць **засаленне**, выкліканае няправільнай меліярацыяй. Нерацыянальная ірыгацыя (паліў) прыводзіць да таго, што спачатку адбываецца падтапленне і забалочванне глебы. Солі выходзяць на паверхню ці вымываюцца вадой, калі дрэнажныя сістэмы не адводзяць вадку.

Засаленне тэрыторыі адбываецца таксама за кошт узбагачэння глебы рознымі солямі — прадуктамі жыццядзейнасці жывёл і чалавека, бытавымі і прамысловымі сцёкавымі водамі, а таксама сцёкамі з аўтастрад, дзе каменная соль выкарыстоўваецца ў складзе пясчана-саляной сумесі для барацьбы з галалёдам.





1. Што такое прыродныя рэсурсы? Якая іх роля ў жыцці і дзейнасці чалавека?
2. Прывядзіце прыклады вычарпальных і невычарпальных прыродных рэсурсаў.
3. Якая ўзаемасувязь існуе паміж ступенню выкарыстання рэсурсаў і забруджваннем навакольнага асяроддзя?
4. Што такое дэградацыя глеб? Якія яе прычыны?
- 5\*. Дакажыце на прыкладах, што развіццё цывілізацыі суправаджаецца пастаянным ростам і пашырэннем выкарыстання прыродных рэсурсаў.

## 53. Вынішчэнне ляснога покрыва. Скарачэнне біяразнастайнасці

*Біясфернае значэнне лясоў.*  
Лясы — асноўны цэнтр жыцця на Зямлі і асяроддзе пражывання вялікай

колькасці жывых арганізмаў, крыніца многіх матэрыяльных даброт чалавека (мал. 113). Лясная расліннасць іграе



Мал. 113. Біясфернае значэнне лясоў: 1 — рэгуляцыя газавага саставу атмасферы; 2 — уплыў на кругаварот вады; 3 — ахова глеб ад эрозіі; 4 — адпачынак людзей; 5 — паляванне; 6 — нарыхтоўка лекавых траў; 7 — збор грыбоў і ягад; 8 — нарыхтоўка драўніны



важнейшую ролю ў падтрыманні балансу кіслароду і вуглякіслага газу ў біясферы. Адзін гектар лесу паглынае ў 20 разоў больш вуглякіслага газу, чым сельскагаспадарчыя расліны, якія займаюць тую ж плошчу. Кожны гектар лесу за год паглынае 10 т вуглякіслага газу, выдзяляе да 20 т кіслароду і вялікую колькасць разнастайных лятучых арганічных злучэнняў — **фітанцыдаў**. Гэтыя біялагічна актыўныя рэчывы знішчаюць хваробатворныя мікраарганізмы, аздараўляючы навакольнае асяроддзе.

Лясы рэгулююць колькасць і якасць дажджавой вады, якая паступае ў рэкі. У тых раёнах, дзе на водападзелах рэк лясное покрыва было знішчана, частымі сталі навадненні ці, наадварот, поўнае перасыханне рэчышча.

**Звядзенне лясоў.** Каля 10 тыс. гадоў назад пакрытыя лесам прасторы займалі больш за 6 млрд га паверхні сушы. У цяперашні час існуе менш

чым палова лясоў, што некалі раслі на планеце. Больш за ўсё пацярпелі шыракалістыя лясы Цэнтральнай і Заходняй Еўропы, якія займалі ўрадлівыя глебы (мал. 114). Выключэнне складаюць толькі невялікая тэрыторыя Нацыянальнага парку «Белавежская пушча» (каля 150 тыс. га) і поўнач Швецыі. У астатніх месцах нават стары лес быў некалі пасаджаны людзьмі.



Цяжка ўявіць, што 2 тыс. гадоў назад большая частка тэрыторыі Еўропы была пакрыта дрымучымі лясамі, што сярод лясоў будавалася Масква.

Яшчэ ў сярэдзіне XVIII ст. 80 % тэрыторыі Беларусі было пакрыта лесам. Найбольш інтэнсіўна лясы высякаліся з другой паловы XVIII ст. і да канца 20-х гадоў XX ст. Напрыклад, у перыяд з 1883 г. да 1914 г. было высечана 800 тыс. га лесу. Лясныя культуры былі ўзноўлены толькі на 1,6 % гэтай тэрыторыі. Сёння лясістасць тэрыторыі Беларусі складае каля 37,5 %.

У цяперашні час лясы знішчаюцца ў многіх рэгіёнах свету, але асаблівых памераў іх вынішчэнне дасягнула ў

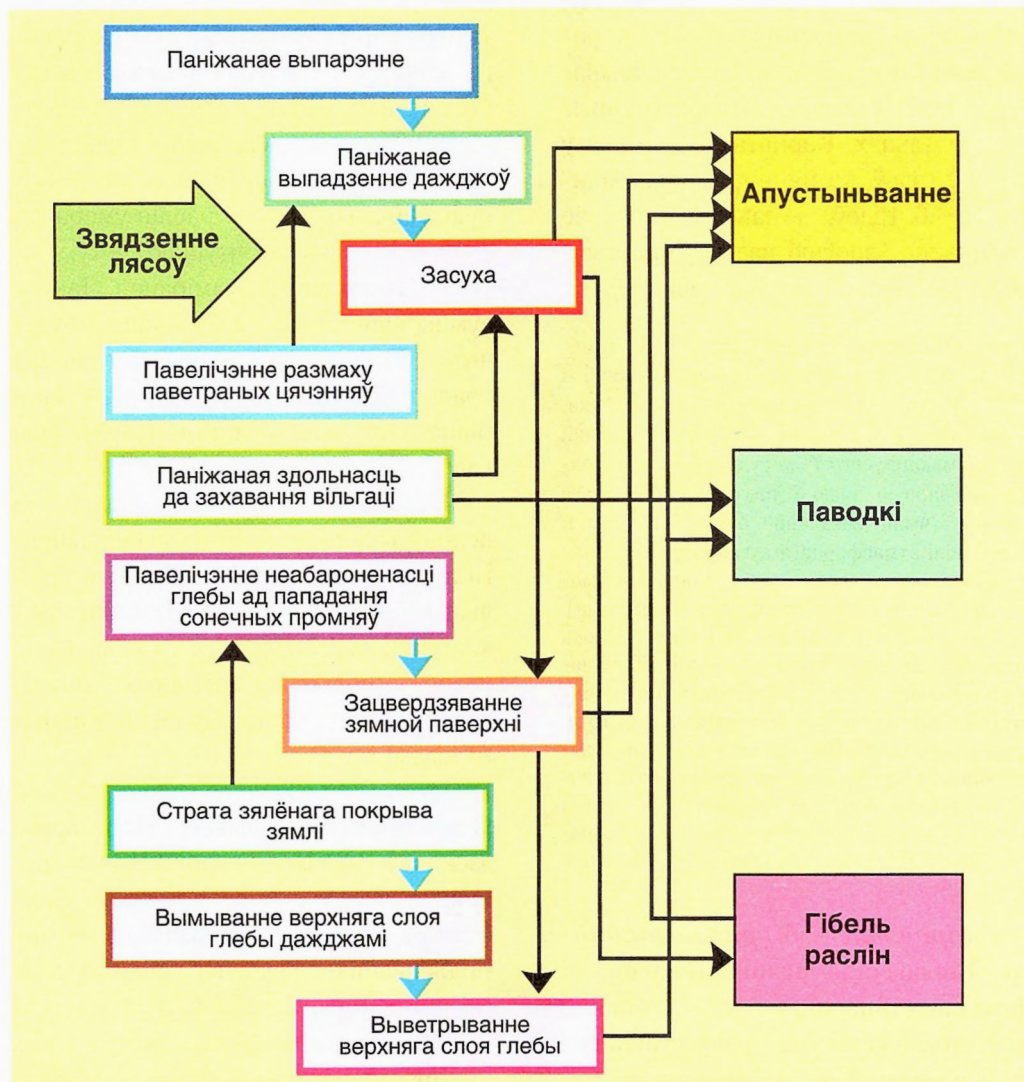


Мал. 114. Скарачэнне плошчы лясоў Еўропы



краінах, якія развіваюцца. Плошчы, што вызвалюцца ад лесу, ідуць пад раллю. Драўніна выкарыстоўваецца як крыніца паліва, сыравіна для дрэваапрацоўчай і мэблевай прамысловасці.

Вынішчэнне лясоў мае мноства побочных эфектаў (мал. 115). Гэта галоўная прычына такіх экалагічных праблем, як апустыньванне, дэградацыя глеб, навадненні, утварэнне се-



Мал. 115. Экалагічныя вынікі высечкі лясоў



левых патокаў, заглайванне вадацёкаў, разбурэнне арэалаў дзікіх жывёл, выміранне многіх відаў жывёл і раслін. Высечка лясоў у Бразіліі, ЗША, Паўднёвай Азіі, Альпах, Карпатах прывяла да больш частых навадненняў, у тым ліку катастрофічных. Калі раней моцныя навадненні і селі адбываліся ў многіх горных раёнах (напрыклад, у Альпах, Карпатах) адзін раз у 50—80 гадоў, то цяпер — праз кожныя 4—6 гадоў, а паводка (значнае павышэнне ўзроўню вады), практычна пасля кожнага моцнага дажджу.



Вільготныя трапічныя лясы, размешчаныя ў басейнах рэк Амазонкі і Конга, на тэрыторыі Коста-Рыка, в. Мадагаскар і астравоў Паўднёва-Усходняй Азіі, займаюць усяго 7 % сушы. Але яны іграюць велізарную ролю ў падтрыманні воднага балансу Зямлі, захаванні біразнастайнасці, паглыннанні атмасфернага вугляроду.

У трапічных лясах самыя ідэальныя ўмовы для жыцця (увесь час цёпла і вільготна). Тут жыве 4/5 усіх відаў раслін і амаль палова ўсіх наземных відаў жывёл. Сярод іх 80 % відаў насякомых і 90 % відаў прыматаў з ліку існуючых на планеце. Нягледзячы на гэта, вільготныя трапічныя лясы бязлітасна высякаюцца. У сусветным маштабе высечка лясоў перавышае прырост драўніны ў 18 разоў. Асабліва інтэнсіўна вынішчаюцца лясы ў Бразіліі. Толькі ў 2003 г. тут было высечана каля 20 тыс. км<sup>2</sup> лесу.

**Скарачэнне біразнастайнасці.** Біялагічная разнастайнасць, ці біразнастайнасць, — гэта паняцце, якое абазначае ўсю разнастайнасць жывых арганізмаў прыродных сістэм Зямлі. Біразнастайнасць, якую мы

бачым сёння, — гэта прадукт эвалюцыі, што вызначаецца натуральнымі працэсамі, а зараз усё ў большай ступені — уплывам чалавека.

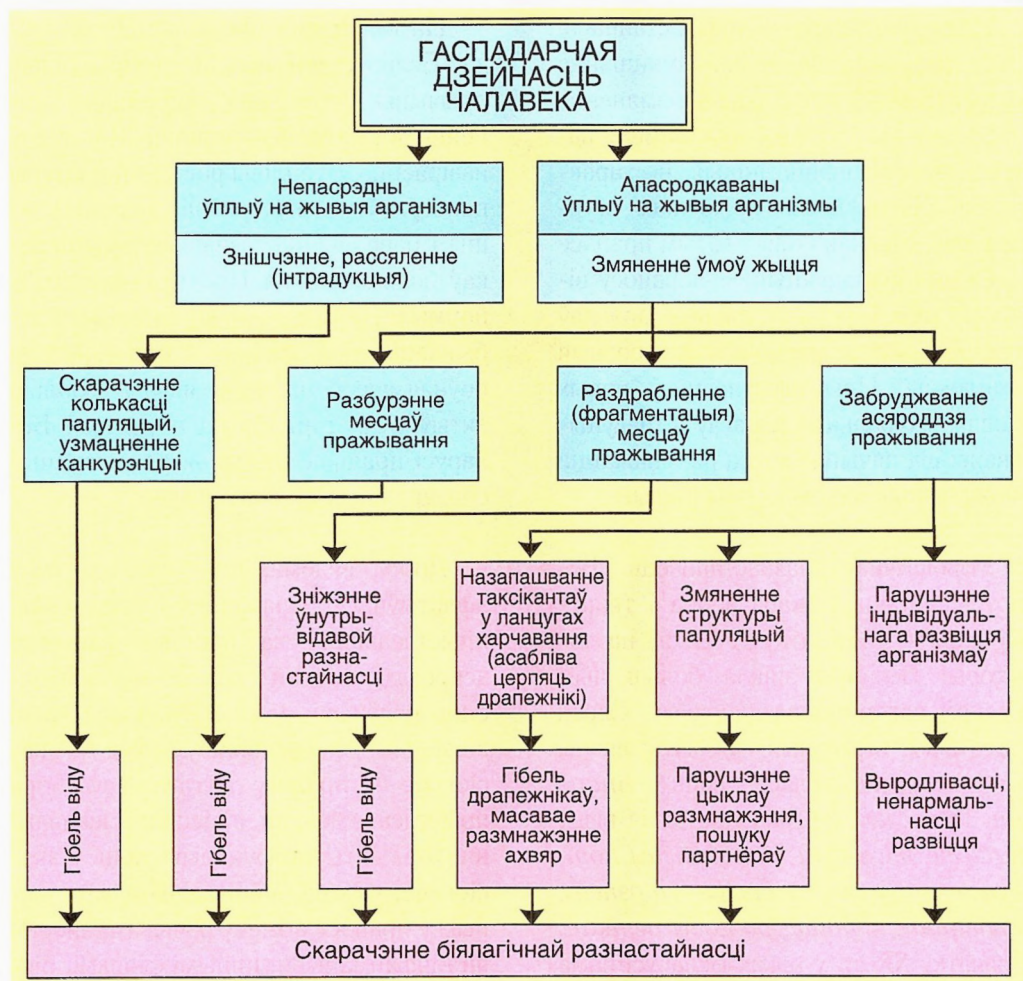
Вучоныя сцвярджаюць, што на працягу бліжэйшых 20—30 гадоў з-за тэхнагенных змяненняў навакольнага асяроддзя прырода можа страціць больш чым 1 млн відаў жывых арганізмаў. Хуткасць вымірання відаў сёння ў 1000 разоў перавышае натуральную. Каля 10 % відаў раслін умеранай зоны і 11 % відаў птушак свету знаходзяцца на мяжы вымірання. Такі ж сумны канец чакае ў бліжэйшай будучыні 130 тыс. відаў жывых арганізмаў трапічнай зоны. Праблема скарачэння біразнастайнасці, такім чынам, мае глабальны характар.

Выміранне відаў мае біялагічную аснову і складае частку эвалюцыйнага працэсу. Існуюць натуральныя прычыны вымірання — надзвычай вузкая спецыялізацыя віду, няздольнасць жыць у новых кліматычных умовах, немагчымасць канкурыраваць з іншымі відамі і г. д.

Істотны ўплыў на збыдненне відавой разнастайнасці аказвае гаспадарчая дзейнасць чалавека (мал. 116). Асноўнай прычынай вымірання відаў з'яўляецца разбурэнне ці скарачэнне месцаў пражывання, асабліва спецыфічных (нізінных балот, поймаў рэк, высакаўзроставых шыракалістых лясоў і г. д.).

Другой прычынай з'яўляецца раздрабленне месцаў пражывання. Так,





Мал. 116. Антрапагенныя прычыны скарачэння біяразнастайнасці

для выжывання некаторых відаў, напрыклад *жураўлёў*, адно вялізнае балота мае значна большае значэнне, чым некалькі маленькіх, хоць і аднолькавых па сумарнай плошчы. Некаторым драпежнікам, напрыклад *ваўкам*, для палявання патрэбны вялікія лясістыя тэрыторыі.

Забруджванне прыроднага асяроддзя як вынік дзейнасці чалавека ўплывае на жывыя арганізмы. Некаторыя з іх (напрыклад, лішайнікі, імхі) праяўляюць высокую адчувальнасць да забруджвальнікаў і гінуць ужо пры адносна невялікіх канцэнтрацыях шкодных рэчываў у паветры, вадзе і глебе.



Пад зніжэннем біразнастайнасці трэба разумець не толькі змяншэнне колькасці відаў, але і якаснае змяненне экасістэм. На іх тэрыторыі замест адных відаў з'яўляюцца іншыя, не характэрныя для мясцовых прыродных згуртаванняў. Важная роля ў гэтым працэсе належыць **інтрадукцыі** — пераносу відаў за межы іх натуральных арэалаў і ўкараненне ў мясцовыя прыродныя комплексы. Пры адсутнасці ў новых умовах натуральных ворагаў інтрадуцыраваны від пачынае хутка размнажацца і можа выцясняць мясцовыя віды.

\*Біялагічная разнастайнасць Беларусі пастаянна скарачаецца і трансфармуецца. З пачатку XVII ст. на тэрыторыі Беларусі знікла больш чым 20 відаў наземных пазваночных. Сярод іх два віды, вымерлыя на Зямлі: лясны бык — *тур* і дзікі лясны конь — *тарпан*. Перасталі сустракацца такія віды, як *пясец*, *расамаха*, *лань*, *лясны кот*, *хахуля*, з птушак — *драфа*, *стрэпет*, *каравайка*, *коўніца*, *ружовы пелікан*. З пачатку XX ст. у рэках Беларусі няма *рачной міногі* і 11 відаў рыб (*бялугі*, *рускага асятра*, *балтыйскага асятра*, *выразуба*, *ласося*, *кумжы*). Шэраг відаў вынішчаны чалавекам, іншыя зніклі з-за глабальнага скарачэння арэала ці змянення месцаў пражывання. З флоры Беларусі за апошнія 100—120 гадоў пад уплывам комплексу антрапагенных фактараў знікла больш чым 90 відаў раслін.

На змяншэнне біразнастайнасці відаў Беларусі ўплываюць і натуральныя прычыны, напрыклад, глабальнае змяненне клімату. За апошнія 100 гадоў назіраецца ўстойлівы рост тэмпературы паветра ў розных раёнах нашай краіны і павелічэнне гадавой нормы ападкаў больш чым на 100 мм (каля 20 % нормы). На фоне змянення клімату адбываецца натуральнае адступленне на поўнач лясоў, на змену якім усё больш актыўна на тэрыторыю паўднёвай Беларусі пранікае стэпавая расліннасць і спадарожныя ёй віды жывёл.\*

Добра вядома, што адной з умоў эфектыўнага існавання, выжывання, прыстасавання да вагання фактараў асяроддзя любой экасістэмы з'яўляецца наяўнасць у ёй пэўнай колькасці відаў жывых арганізмаў. Віды ў экасістэме на працягу доўгага часу добра прыстасаваліся да сумеснага існавання. Яны актыўна функцыянуюць у экасістэме, узаемадзейнічаючы адзін з адным у працэсе абмену рэчывам, энергіяй і інфармацыяй. Іншымі словамі, біялагічная разнастайнасць — гэта залог устойлівага функцыянавання як асобных экасістэм, так і біясферы ў цэлым. Экалагічнае ўзаемадзеянне розных відаў жывых істот з навакольным асяроддзем фарміруе экасістэмы, ад стану якіх залежыць жыццё ўсяго чалавецтва. Скарачэнне біразнастайнасці — гэта сур'ёзная страта для біясферы, адна з галоўных экалагічных праблем.





1. Якое значэнне ў прыродзе і жыцці чалавека маюць лясы? 2. Як змянілася плошча лясоў за час развіцця цывілізацыі? 3. У якіх мэтах высакаюцца лясы? 4\*. Адлюструйце ў выглядзе схемы глабальныя экалагічныя вынікі з'яўдзення лясоў. 5\*. На ваш погляд, якім чынам вас і вашу сям'ю закранае глабальная праблема знікнення лясоў. 6. Растлумачце, чаму адбываецца скарачэнне біяразнастайнасці. Як гэта можа адбіцца на стане асобных экасістэм і біясферы ў цэлым?

## 54. Забруджванне навакольнага асяроддзя

**Тэхнагеннае забруджванне.** За апошнія 100 гадоў чалавецтва ў 100 разоў павялічыла хуткасць свайго перамяшчэння ў прасторы, у 1000 разоў — выкарыстанне энергетычных рэсурсаў, у 7 млн разоў — ваенную магутнасць, у сотні мільёнаў разоў — хуткасць сувязі, абмену інфармацыяй і рашэння розных навуковых і практычных задач з дапамогай электронна-вылічальнай тэхнікі.

Сусветная прамысловасць зараз вырабляе прыкладна ў 100 разоў болей тавараў і здабывае ў 3—4 разы (па масе) болей карысных выкапняў, чым 25—30 гадоў таму.



Штогод чалавецтва здабывае з нетраў Зямлі больш за 100 млрд т карысных выкапняў, у тым ліку каля 3,5 млрд т вугалю, выплаўляе 800 млн т розных металаў, рассяевае на палі больш чым 500 млн т мінеральных угнаенняў.

Адначасова чалавецтва вырабляе велізарную колькасць адходаў. Толькі 2 % сыравіны, здабытай з нетраў планеты, ператвараецца ў гатовую прадукцыю, а астатнія 98 % — гэта адходы, якія забруджваюць біясферу.

Як ужо адзначалася, сёння на ўсе жывыя істоты біясферы негатыўна дзейнічае велізарная колькасць хімічных рэчываў, якія выкарыстоўваюцца чалавекам. Штогод у свеце сінтэзуюцца новыя хімічныя злучэнні. Большасць з іх, як і некаторыя адходы чалавечай дзейнасці, не перапрацоўваюцца прыродай, паколькі з'яўляюцца «чужымі» ў экасістэмах. Для сінтэтычных рэчываў не існуе рэдуцэнтаў, таму яны назапашваюцца, атручваючы навакольнае асяроддзе.

Найбольш распаўсюджанымі і небяспечнымі забруджвальнікамі паветра з'яўляюцца аксіды азоту, бензол; вады — пестыцыды, нітраты; глебы — злучэнні хлору. Асабліваю небяспеку ўяўляюць цяжкія металы, якія ў вялікай колькасці назапашваюцца ў глебе, вадзе і прадуктах харчавання.



Штогод у выніку згарання паліва ў атмасферу планеты выдзяляецца прыблізна 22 млрд т вуглякіслага газу і 150 млн т сярністых злучэнняў. Сусветная прамысловасць скідае ў рэкі каля 160 км³ шкодных сцёкаў. У глебу ўносіцца каля 500 млн т мінеральных угнаенняў і 4 млн т пестыцыдаў. За апошнія 50 гадоў выкарыстанне мінераль-



ных угнаенняў павялічылася ў 45 разоў, ядахі-мікатаў — у 10 разоў. І хаця ўраджайнасць пры гэтым узрасла толькі на 15—20 %, назіраецца паўсюднае забруджванне прыродных вод, глебы і прадуктаў харчавання.

**Віды забруджванняў.** Існуюць розныя класіфікацыі фактараў забруджвання навакольнага асяроддзя.

\*У найбольш агульным выглядзе забруджвальнікі і забруджванні навакольнага асяроддзя класіфікуюцца:

1) паводле паходжання — механічныя, хімічныя, фізічныя, біялагічныя, матэрыяльныя, энергетычныя;

2) паводле часу дзеяння — стойкія, нястойкія, паўстойкія, сярэдняй стойкасці;

3) паводле ўплыву на жывыя арганізмы — прамога і непрамога дзеяння;

4) паводле характару — наўмысныя (запланаваныя), спадарожныя, аварыйна-выпадковыя.\*

**Механічныя забруджванні** — гэта розныя цвёрдыя часцінкі ці прадметы (выкінутыя як непатрэбныя, адпрацаваныя, нявыкарыстаныя) на паверхні Зямлі, у глебе, вадзе, у космасе (пыл, абломкі розных апаратаў).

**Хімічныя забруджванні** — цвёрдыя, газападобныя і вадкія рэчывы, хімічныя элементы і злучэнні штучнага паходжання, якія паступаюць у біясферу і парушаюць прыродныя працэсы кругавароту рэчываў і энергіі.

Табліца 9. Асноўныя віды забруджвальнікаў навакольнага асяроддзя

| Віды забруджвальнікаў                   | Асноўныя крыніцы забруджвання                                                                                                            | Уплыў на стан навакольнага асяроддзя і характарыстыка                                                                                  |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Аксід вугляроду (II), ці чадны газ (CO) | Няпоўнае згаранне паліва (вугалю, прыроднага газу, драўніны, нафты, бензіну)                                                             | Змяненне клімату, парушэнне цеплавога балансу атмасферы. Змяшчэнне ў паветры ў колькасці 4 % смяротна для многіх жывых арганізмаў      |
| Аксіды азоту (I, II, IV)                | Заводы па вытворчасці азотнай кіслаты і нітратаў, анілінавых фарбавальнікаў, цэлулоіду, віскозы, металургічныя заводы, спальванне паліва | Змяненне клімату, стану азонавага слоя, кіслотныя ападка, павелічэнне колькасці нітратаў у харчовых ланцугах, узмацненне карозіі, смог |
| Вуглевадароды (бензапірэн)              | Хімічная прамысловасць, спальванне паліва, транспарт, курэнне                                                                            | Змяненне клімату, стану азонавага слоя, негатыўны ўплыў на здароўе чалавека                                                            |





| Віды забруджвальнікаў                                                 | Асноўныя крыніцы забруджвання                                                                                                             | Уплыў на стан навакольнага асяроддзя і характарыстыка                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Аксід серы (IV), ці сярністы газ ( $\text{SO}_2$ )                    | Спальванне паліва з дамешкамі серы (вугаль, нафта), перапрацоўка сярністых руд, гарэнне тэрыконаў, выплаўка металаў                       | Змяненне клімату, кіслотныя ападка, узмацненне карозіі металаў, рэспіратарныя захворванні ў чалавека, пашкоджанні раслін                                    |
| Аксід серы (VI), ці серны ангідрыд                                    | Хімічная, нафтаперапрацоўчая і металургічная прамысловасць (утвараецца ў выніку акіслення $\text{SO}_2$ у атмасферы)                      | Падкісленне грунтоў, узмацненне карозіі металаў, разбурэнне гумы, мармуру, вапнякоў, даламітаў, абвастрэнне захворванняў органаў дыхання ў чалавека і жывёл |
| Серавадарод ( $\text{H}_2\text{S}$ ) і серавуглярод ( $\text{CS}_2$ ) | Прадпрыемствы па выпрацоўцы штучнага валакна, цукру, нафтаперапрацоўчыя і коксахімічныя заводы                                            | Негатыўны ўплыў на здароўе чалавека з-за высокай таксічнасці (у 100 разоў больш таксічны, чым $\text{SO}_2$ )                                               |
| Ртуць (Hg)                                                            | Распрацоўка руд, якія змяшчаюць ртуць, вытворчасць хлору, соды, пестыцыдаў, звалкі адходаў (адпрацаваныя люмінесцэнтныя лампы, батарэйкі) | Высокатаксічнае рэчыва, асабліва ртуцьарганічныя злучэнні — метылртуць, этылртуць (назапашваюцца ў жывых арганізмах па харчовых ланцугах)                   |
| Свінец (Pb)                                                           | Выхляпныя газы аўтамабіляў, свінцовыя фарбы, матэрыялы пакрыццяў, ізаляцыя электракабеляў, металургія                                     | Таксічны метал (назапашваецца ў жывых арганізмах па харчовых ланцугах)                                                                                      |
| Кадмій (Cd)                                                           | Хімічная, горназдабываючая прамысловасць, спальванне смецця на звалках                                                                    | Самы таксічны метал — ГДК — 0,001 мг/л (назапашваецца ў жывых арганізмах па харчовых ланцугах)                                                              |
| Цынк (Zn), медзь (Cu)                                                 | Хімічная прамысловасць, металургія                                                                                                        | Таксічныя злучэнні (назапашваюцца ў жывых арганізмах па харчовых ланцугах)                                                                                  |
| Злучэнні хлору ( $\text{Cl}_2$ , HCl)                                 | Хімічная прамысловасць                                                                                                                    | Таксічны                                                                                                                                                    |
| Злучэнні фтору (HF, $\text{CaF}_2$ )                                  | Хімічная прамысловасць                                                                                                                    | Таксічны                                                                                                                                                    |
| Азбест                                                                | Будаўнічыя, гарачаўстойлівыя матэрыялы                                                                                                    | Выклікае цяжкія захворванні органаў дыхання                                                                                                                 |



Працяг

| Віды забруджвальні-каў                                                                        | Асноўныя крыніцы забруджвання                                                                             | Уплыў на стан навакольнага асяроддзя і характарыстыка                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Нафта                                                                                         | Нафтаздабываючая, нафтахімічная прамысловасць, транспарціроўка нафты                                      | Парушэнне цеплаабмену гідрасферы; гібель жывых арганізмаў у выпадку аварый і пападання ў асяроддзе |
| Поліцыклічныя араматычныя вуглевадароды (ПАВ), поліхлорбіфенілы (ПХБ), полібромбіфенілы (ПББ) | Хімічная прамысловасць (выраб поліэтыленавых упаковок, пакетаў, труб, большасці мыйных сродкаў)           | Змяненне клімату, стану аэравага слоя, канцэрагенны, мутагенны                                     |
| Фасфаты                                                                                       | Хімічная прамысловасць, вытворчасць пестыцыдаў                                                            | Забруджванне вады ў рэках і азёрах                                                                 |
| Пестыцыды                                                                                     | Хімічная прамысловасць, вытворчасць пестыцыдаў                                                            | Таксічныя злучэнні (назапашваюцца ў арганізмах па харчовых ланцугах)                               |
| Поліфтор-вуглевадароды                                                                        | Хімічная прамысловасць                                                                                    | Разбурэнне аэравага слоя, змяненне клімату                                                         |
| Радыяцыя                                                                                      | Натуральныя (пераважна радонавая) і штучныя (медыцынскае абслугоўванне, выпрабаванні ядзернай зброі, АЭС) | Зніжэнне імунітэту, злаякасныя ўтварэнні, мутацыі                                                  |

**Фізічныя забруджванні** — цеплавыя, электрычныя, электрамагнітныя, гравітацыйныя, светлавыя, радыяцыйныя палі ў наваковым асяроддзі, а таксама шумы, вібрацыя.

**Біялагічныя забруджванні** — з'яўленне ў прыродзе ў выніку дзейнасці чалавека новых разнавіднасцей вірусаў (напрыклад, ВІЧ), павышэнне пагатагеннасці паразітаў і ўзбуджальнікаў захворванняў, а таксама справакаванае чалавекам катастрофічнае размнажэнне паасобных відаў (напрыклад, па

прычыне неабгрунтаванай інтрадукцыі, парушэння каранціну пустазелля і да т. п.).

\*Да *матэрыяльных* фактараў належаць розныя атмасферныя забруджванні, сцёкавыя воды, цвёрдыя адходы. *Энергетычнымі* забруджваннямі з'яўляюцца цеплавыя выкіды, электрамагнітныя палі, ультрагукавое, светлавое, ультрафіялетавае, лазернае, інфрачырвоное, іанізавальнае, радыеактыўнае, электрамагнітнае выпраменьванні.





Да *стойкіх* належаць забруджвальнікі, якія доўга захоўваюцца ў прыродзе (пластмасы, поліэтылен, некаторыя металы, шкло, радыеактыўныя рэчывы з вялікім перыядам паўраспаду).

*Нястойкія* забруджвальнікі хутка распадаюцца, раскладаюцца альбо нейтралізуюцца ў прыродным асяроддзі пад уплывам розных фактараў.

**?** 1. Што называецца забруджваннем навакольнага асяроддзя? 2. Пералічыце асноўныя забруджвальнікі навакольнага асяроддзя. Як яны класіфікуюцца? 3. Якія рэчывы належаць да найбольш небяспечных забруджвальнікаў навакольнага асяроддзя? 4\*. Што ўяўляе сабой наўмыснае забруджванне?

## \*55. Сельскагаспадарчае забруджванне

**Крыніцы сельскагаспадарчага забруджвання.** Сельскагаспадарчае забруджванне звязана з вынасам дэджавой і ірыгацыйнай вадой з глебы ўгнаенняў і ядахімікатаў. Крыніцай забруджвання з'яўляюцца таксама сцёкавыя воды жывёлагадоўчых комплексаў, птушка- і звераферм, сіласныя ямы, гаспадарча-бытавыя сцёкі вёсак і пасёлкаў. Сельскагаспадарчае забруджванне часцей мае лакальны, калі-нікалі рэгіянальны характар.

**Мінеральныя ўгнаенні і пестыцыды.** Найбольш распаўсюджанымі мінеральнымі ўгнаеннямі, што прымяняюцца ў сельскай гаспадарцы, з'яўляюцца *азотныя, фосфарныя і калійныя*. У сельскагаспадарчых раёнах самымі маштабнымі забруджвальнікамі падземных вод з'яўляюцца ніт-

*Наўмысныя* забруджванні — гэта забароненыя супрацьзаконныя выкіды шкодных адходаў вытворчасці ў вадаёмы, паветра і глебу.

*Спадарожныя* забруджванні — гэта паступовае змяненне стану атмасферы, гідрасферы, літасферы і біясферы ў выніку дзейнасці чалавека (з'яўленне кіслотных дажджоў, парніковага эфекту, знішчэнне аэравага слоя і інш.).\*

раты. Грунтовае воды многіх краін змяшчаюць нітраты ў канцэнтрацыях, якія значна перавышаюць гранічна дапушчальныя. Максімальныя канцэнтрацыі могуць перавышаць 1000 мг/л.

Значна меншая доля ў забруджванні падземных вод належыць калійным і фосфарным ўгнаенням. Злучэнні калію і фосфару добра засвойваюцца раслінамі, а таксама сарбіруюцца гліністымі часцінкамі глеб, і толькі нязначная частка іх выносіцца ў падземныя воды.

Як ужо адзначалася, адным з найбольш небяспечных відаў сельскагаспадарчых забруджвальнікаў з'яўляюцца **пестыцыды**. Большая частка пестыцыдаў і прадуктаў іх раскладання — гэта яды, якія атручваюць жывыя арганізмы. Яны мігрыруюць па харчовых ланцугах і, назапашваючыся





ў жывых арганізмах розных відаў, могуць выклікаць іх захворванні, а часам і гібель. Акрамя таго, пестыцыды назапашваюцца ў глебе, а адтуль змываюцца ў вадаёмы, дзе таксама ўключаюцца ў харчовыя ланцугі.

### **Жывёлагадоўчыя комплексы.**

Паводле ступені ўздзеяння на навакольнае асяроддзе ўплыў буйных жывёлагадоўчых комплексаў суразмерны з уплывам прамысловых аб'ектаў. Адыходы жывёлагадоўлі з'яўляюцца крыніцай хімічнага і бактэрыяльнага забруджвання прыродных глеб і вод. У першую чаргу гэта арганічныя рэчывы: мачавіна, фенолы, медыцынскія прэпараты, якія дадаюцца ў корм, і г. д. У сцёках змяшчаюцца і неарганічныя рэчывы: злучэнні азоту, фосфару, калію, медзі, марганцу і інш. Акрамя таго, у сцёках прысутнічаюць патагенныя мікраарганізмы (напрыклад, *сальманелы*), бактэрыі фекальнага забруджвання і сапратрофныя мікраарганізмы.

Сцёкі жывёлагадоўчых комплексаў забруджваюць як падземныя, так і паверхневыя воды. Забруджванне падземных вод адбываецца ў выніку фільтрацыі з гняясховішчаў, а таксама ў выпадку ўнясення ў глебу ў якасці ўгнаення высокіх доз гноевай жывыкі. Гэта выклікае сур'ёзную занепакоенасць, паколькі падземныя воды сілкуюць калодзежы, водазаборы, злучаюцца з адкрытымі вадаёмамі.

**Эўтрафікацыя вадаёмаў.** Бывавыя, сцёкавыя, прамысловыя воды,

гноевая жывыка агракомплексаў і вымытыя з палёў угнаенні і ядахімікаты прыносяць вялікую колькасць арганічных рэчываў у рэкі і азёры. Там, пры іх расшчапленні, павялічваецца колькасць фосфару, азоту, што прыводзіць да масавага размнажэння цыянабактэрыяў, водарасцей і некаторых водных раслін. Гэты працэс называецца эўтрафікацыяй.

**Эўтрафікацыя** (грэч. *eutrophia* — добрае харчаванне) — павышэнне біялагічнай прадукцыйнасці вадаёма ў выніку назапашвання ў ім біягенных элементаў пад уздзеяннем антрапагенных ці натуральных фактараў.

Спрыяльныя абіятычныя фактары разам з эўтрафікацыяй вадаёма прыводзяць да хуткага размнажэння аўта-трофных пратыстаў і цыянабактэрыяў, што выклікае **цвіценне вады** (гл. с. 31). Гэта асноўная прыкмета эўтрафікацыі, якая мае вельмі непрыемныя вынікі. Вада набывае брудна-зялёны колер, непрыемны смак і пах, таму не можа выкарыстоўвацца ў побыце без спецыяльнай апрацоўкі. Донныя камяні абрастаюць ніткаватымі водарасцямі, абрыўкі якіх, прыбітыя хвалямі да берага, гніюць і выдзяляюць пры гэтым атрутныя серавадарод і аміяк. Вынік цвіцення вады — змяншэнне ў ёй кіслароду, які затрачваецца на акісленне забруджвальнікаў. Некаторыя цыянабактэрыі таксама выдзяляюць ядавітыя рэчывы, шкодныя для водных арганізмаў. У выніку гінуць многія віды водных арганізмаў.





- ?** 1. Якія крыніцы сельскагаспадарчага забруджвання? 2\*. Чаму пестыцыды з'яўляюцца асабліва небяспечнымі сельскагаспадарчымі забруджвальнікамі? 3. Якія фактары забруджвання вадаёмаў вы ведаеце? 4. Якія экасістэмы ў першую чаргу зведаюць сельскагаспадарчыя забруджванні? 5. Растлумачце сутнасць паняцця «эўтрафікацыя» вадаёма. Якія прычыны яе ўзнікнення? 6. Назавіце асноўныя прыкметы эўтрафікацыі.\*

## 56. Азоны экран і прычыны яго разрушэння

*Азоны экран і яго ахоўныя функцыі.* Жыццё на Зямлі залежыць ад энергіі Сонца. Гэта энергія прыходзіць на Зямлю ў выглядзе святла бачнага, інфрачырвонага, ці цеплавога, і ультрафіялетавага (УФ) выпраменьвання. УФ-выпраменьванне найбольш энергетычна магутнае, таму інтэнсіўна ўздзейнічае на жывыя арганізмы. Увесь паток УФ-выпраменьвання, які даходзіць да зямной паверхні, умоўна падзяляюць на тры дыяпазоны: УФ (А) (даўжыня хвалі 400—315 нм), УФ (В) (315—280 нм) і УФ (С) (280—100 нм). УФ (В)- і УФ (С)-выпраменьванні, так званы «жорсткі ультрафіялет», найбольш шкодны для ўсяго жывога: яны прыводзяць да парушэння структуры бялкоў і нуклеінавых кіслот і ў рэшце рэшт да гібелі клетак. Было выяўлена, што нават пры невялікім перавышэнні дозы УФ у чалавека з'яўляюцца апёкі на скуры. Вучоныя ўстанавілі, што павелічэнне колькасці выпадкаў захворвання ракам скуры, а таксама хвароб вачэй, якія прыводзяць да слепаты, звязана з ростам інтэнсіўнасці УФ-выпраменьвання.

Што ж ахоўвае нас і ўсю біясферу

ад шкоднага ўздзеяння жорсткага УФ-выпраменьвання? Азоны экран Зямлі (азонасфера).

Вы ўжо ведаеце, што на вышыні 15—25 км у паветры павышаная колькасць азону. Азон утвараецца ў гэтай зоне стратасферы з кіслароду ( $O_2$ ) пры электрычным разрадзе (напрыклад, падчас навальніцы). Энергія УФ (В)- і УФ (С)-выпраменьвання расходуюцца на фотахімічную рэакцыю ўтварэння азону:  $3O_2 \rightarrow 2O_3$ .

Вось чаму да паверхні нашай планеты УФ (В)- і УФ (С)-прамяні не даходзяць. Цераз азоны экран пранікае толькі істотна аслаблены паток УФ (А)-выпраменьванняў. Наш арганізм умее абараняцца ад яго негатыўнага ўздзеяння, сінтэзуючы ў скуры слой цёмнага пігменту — меланіну (загар). Аднак меланін утвараецца дастаткова мала. Таму працяглае знаходжанне на сонцы вясной і ў пачатку лета, калі скура пакуль не насычана пігментам, выклікае яе пачырваненне (апёк), галаўны боль, павышэнне тэмпературы цела.

Азоны слой утварыўся на Зямлі, паводле сучасных дадзеных, 570—400 млн гадоў таму, калі ў атмасферы



за кошт дзейнасці фотасінтэзуючых водных арганізмаў пачаў назапашвацца кісларод.

**Разбурэнне аэонавага экрану і яго наступствы.** У апошні час вучоныя занепакоены зніжэннем колькасці азону ў аэонавым слоі атмасферы. Над Антарктыдай у гэтым слоі з'явілася «дзірка», колькасць азону ў якой на 40—50 % менш за звычайную. Плошча «дзіркі» з года ў год павялічваецца і сёння ўжо перавышае плошчу мацерыка Антарктыды. Да таго ж «дзірка» паступова змяшчаецца ў бок населеных раёнаў Аўстраліі.

Над Паўночным паўшар'ем таксама выяўлена «аэонавая дзірка» (над в. Шпіцберген), хаця і не такая вялікая, як антарктычная (мал. 117).

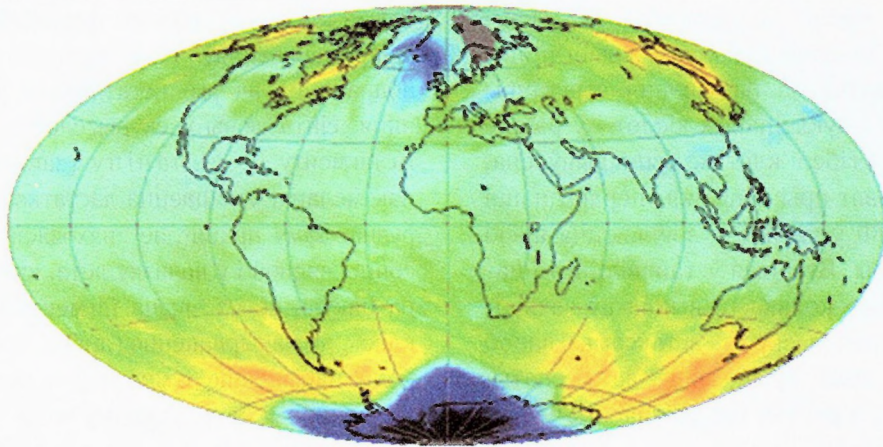


Навуковая і грамадская цікавасць да праблемы аэонавага слоя ўзнікла ў пачатку 70-х гг. мінулага стагоддзя, калі

амаль адначасова ў навуковых часопісах з'явіліся артыкулы амерыканскага і нямецкага вучоных Г. Джонстана і П. Крутцэна. Тэма абодвух артыкулаў была аднолькавая — пагроза аэонаваму слою Зямлі ў выніку гаспадарчай дзейнасці чалавека. А ўжо ў 1985 г. свет даведаўся пра глабальную экалагічную праблему «аэонавых дзірак». У часопісе «Nature» («Прырода») з'явіўся артыкул англійскага вучонага Дж. Фармана, у якім ён сцвярджаў, што колькасць азону над Антарктыдай пастаянна змяняецца. Падставай для такога заключэння паслужылі назіранні за агульнай колькасцю азону ў атмасферы, праведзеныя на англійскай антарктычнай станцыі Халі-Бэй. Там за перыяд з 1975 г. да 1985 г. колькасць азону знізілася на 10 %.

Змяншэнне колькасці азону ў атмасферы пагражае жыццю ўсяго жывога на Зямлі. Ужо пры яго змяншэнні на 10 % значна ўзрастае колькасць выпадкаў захворванняў на рак скуры і катаракту.

**Прычыны разбурэння аэонавага слоя.** У чым жа прычына з'яўлен-



Мал. 117. «Аэонавая дзірка» над Паўночным і Паўднёвым полюсамі Зямлі





ня «азонавых дзірак» над Паўночным і Паўднёвым полюсамі? Большасць вучоных сыходзяцца ў адным: галоўнымі вінаватымі з'яўляюцца некаторыя хімічныя рэчывы, якія трапляюць у стратасферу з узыходзячымі паветранымі патокамі. Яны ўступаюць у рэакцыю з азонам і раскладаюць яго. Такімі рэчывамі з'яўляюцца, напрыклад, аксіды азоту. У выніку дзейнасці чалавека іх доля ў атмасферы пастаянна павялічваецца. Істотны ўплыў на стан азонавага слоя аказваюць злучэнні хлору, фтору і броду.

Крыніцамі гэтых рэчываў у першую чаргу з'яўляюцца грамадзянская авіяцыя і хімічныя вытворчасці, якія ўсё больш развіваюцца. Акрамя таго, іх назапашванню садзейнічае прымяненне азотных угнаенняў, хлраванне пітной вады, шырокае выкарыстанне **фрэонаў**, ці **хладонаў** (поліфторвуглеводарадаў), у халадзільных устаноўках, супрацьпажарнай пене, у якасці растваральнікаў і ў аэразолях. Усё гэта прывяло да таго, што мільёны тон гэтых рэчываў трапляюць у ніжнія слаі атмасферы ў выглядзе бясколернага нейтральнага газу. Распаўсюджваючыся ўверх, поліфторвуглеводароды пад уздзеяннем УФ-выпраменьвання разбураюцца, выдзяляючы фтор і хлор, якія актыўна ўступаюць у працэсы разбурэння азону (мал. 118).

газ. Зараз малекулы гэтага газу называюць «забойцамі». Штогод у свеце вырабляецца некалькі мільёнаў тон фрэонаў. Асабліва разбуральны для азону хлор: кожны яго атам здольны знішчыць 100 тыс. малекул азону! А некаторыя ж фрэоны — доўгажыхары: трапляючы ў атмасферу, могуць існаваць у ёй 70—100 гадоў.

Шырокі рух «зялёных» ва ўсім свеце, прыняцце Праграмы ААН па навакольным асяроддзі (ЮНЕП) і дзеянні міжнароднай арганізацыі СМА (Сусветная метэаралагічная арганізацыя) прывялі да заключэння вясной 1985 г. **Венскай канвенцыі аб ахове азонавага слоя**. У канвенцыі абвешчалася агульная мэта 44 краін, якія ў ёй удзельнічалі: захаванне азонавага слоя і кансультацыі па папярэджанні дзеянняў, што яму шкодзяць.

Канкрэтныя мерапрыемствы па ахове азонавага слоя прадугледжваліся ў Пратаколе да канвенцыі, прынятым у верасні 1987 г. у Манрэалі (Канада). Было вырашана да 2000 г. скараціць на 50 % прымяненне фрэонаў, а затым і ўвогуле адмовіцца ад іх, замяніўшы на больш бяспечныя злучэнні.

У чэрвені 1990 г. у Лондане на сустрэчы прадстаўнікоў краін, якія падпісалі Манрэальскі пратакол, былі прыняты папраўкі, што істотна ўзмацнілі абмежаванні на фрэоны.

У 1992 г. прадстаўнікі 91 краіны сабраліся ў Капенгагене на чарговую канферэнцыю па азонавым слоі з мэтай узаконіць спыненне вы-



Калі больш за 60 гадоў назад быў упершыню сінтэзаваны фрэон, хімікі не маглі нарадавацца на сваё тварэнне: бяшкродны, нетаксічны, інертны, танны







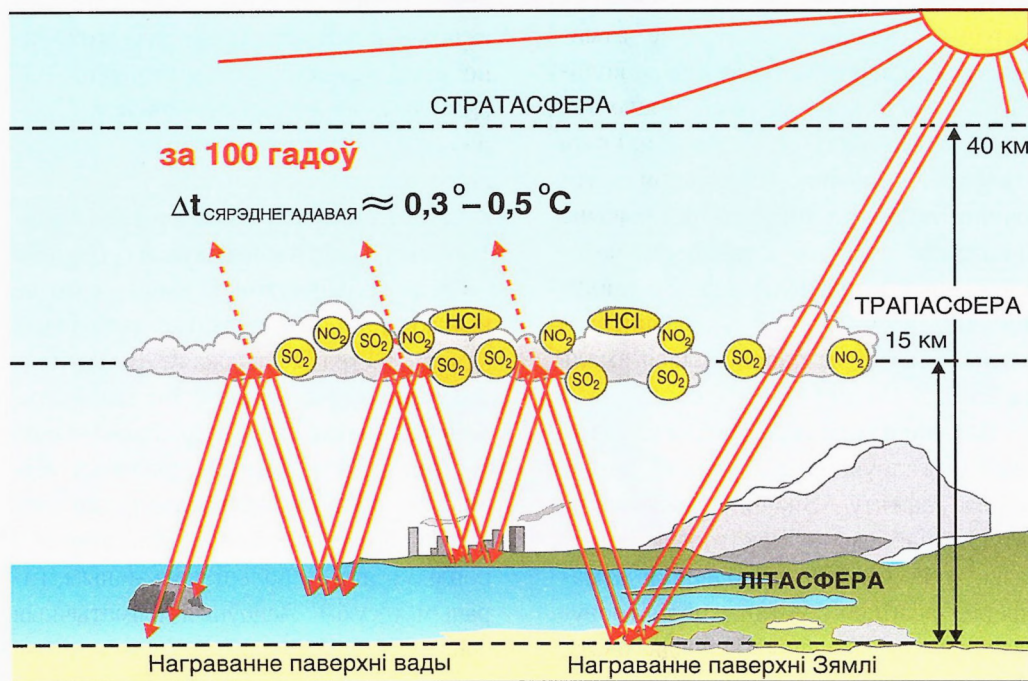
## 57. Глобальне пацяпленне і парніковы эффект

**Глобальнае пацяпленне і яго прычыны.** Клімат Зямлі, які залежыць пераважна ад стану атмасферы, на працягу геалагічнай гісторыі перыядычна мяняўся. Эпохі пахаладання, калі значная частка сушы (у прыватнасці, поўнач Еўразіі і Паўночнай Амерыкі) пакрывалася ледавікамі, чаргаваліся з эпохамі пацяплення, якія выклікалі раставанне льдоў. Мы жывём у чарговую эпоху пацяплення.

Тэмпературныя змяненні, што адбываюцца на паверхні Зямлі і ў яе атмасферы, звязаны з наяўнасцю ў

прыродзе газаў, якія з лёгкай рукі вучоных былі названы парніковымі. Гэта вуглякіслы газ, метан, аксіды азоту і вадзяная пара. Выявілася, што парніковыя газы дзейнічаюць таксама, як шкло ці плёнка ў цяпліцы або парніку.

Гэтаксама, як у парніку, шкляныя дах і сцены прапускаюць сонечную радыяцыю, але не даюць знікнуць цяпла, так і парніковыя газы практычна празрыстыя для сонечных прамянёў, але затрымліваюць доўгахвалевае цеплавое выпраменьванне Зямлі, не да-



Мал. 119. Механізм парніковага ефекту



ючы яму знікаць у космасе (мал. 119). Пры гэтым частка цяпла вяртаецца назад на паверхню Зямлі і адтуль зноў паступае ў атмасферу. Гэта выклікае разаграванне атмасферы, вядомае як **парніковы (аранжарэйны, цяплічны) эффект**. Без газавай «коўдры», што ахутвае Зямлю, тэмпература на яе паверхні была б на 30—40 °C ніжэй. Існаванне жывых арганізмаў у такім выпадку было б даволі праблематычным.

Аднак у апошні час вучоныя б'юць трывогу. Сёння атмасфера Зямлі разагравецца значна мацней, чым калі-небудзь у мінулым. Гэта ў многім абумоўлена дзейнасцю чалавека. Па-першае, чалавек падагравае атмасферу, спальваючы велізарную колькасць вугалю, нафты, газу і іншых гаручых матэрыялаў. Па-другое, і гэта галоўнае, у выніку спальвання арганічнага паліва, а таксама па прычыне знішчэння лясоў у атмасферы назапашваецца вуглякіслы газ. За апошнія 200 гадоў колькасць вуглякіслага газу ў атмасферы павялічылася амаль на 25 %.

Вадзяная пара і вуглякіслы газ з'яўляюцца галоўнымі віноўнікамі парніковага ефекту. Значна ўзмацняюць гэтую праблему і некаторыя іншыя газы, якія чалавек выкідае ў атмасферу, асабліва метан, поліфторвуглевадароды (фрэоны) і аксіды азоту. Яны прыкладна напалову вызначаюць сённяшняе глабальнае пацяпленне.



За апошнія 200 гадоў тэмпература на Зямлі павялічылася прыкладна на 0,5 °C. Паводле падлікаў вучоных, у бліжэйшыя дзесяцігоддзі па прычыне парніковага ефекту сярэднегадавая тэмпература можа павялічыцца яшчэ на 1,5—2 °C, а да 2030—2040 гг. (пры падваенні колькасці CO<sub>2</sub> у атмасферы) — на 3—4 °C (прыкладна на 0,2—0,5 °C за дзесяцігоддзе).

Калі чалавецтва не зменшыць маштабы забруджвання атмасферы і тэмпература будзе расці, як у апошнія 20 гадоў, то клімат Зямлі вельмі хутка стане больш цёплым, чым калі-небудзь за апошнія 100 тыс. гадоў.

**Негатыўныя вынікі парніковага ефекту.** У чым жа заключаецца небяспека парніковага ефекту? Разлікі паказваюць: павелічэнне сярэднегадавой тэмпературы выкліка змяненне такіх важнейшых кліматычных параметраў, як колькасць ападкаў, воблачнасць, акіянічныя плыні, памеры ледзяных палярных шапак.

Некаторыя ўнутраныя рэгіёны кантынентаў з няўстойлівым увільгатненнем стануць больш сухімі, у выніку чаго не выключана яшчэ большая дэградацыя зямель і страты ўраджаяў. Вільготныя вобласці будуць яшчэ ў большай ступені насычаны вільгаццю, павялічыцца частата і інтэнсіўнасць трапічных ліўняў і штормаў. У высокіх шыротых зімы будуць больш кароткімі, вільготнымі і цёплымі, а лета больш даўжэйшым, гарачым і сухім. Асноўныя кліматычныя зоны Паўночнага паўшар'я змесцяцца на поўнач прыблізна на 400 км. Гэта абумовіць пацяпленне ў зоне тундры,





змяншэнне слоя вечнай мерзлаты і раставанне палярных льдоў.

У сярэдніх шыратах, у тым ліку ў галоўных хлебных раёнах планеты, клімат стане паўпустынным, ураджаі зерня будуць рэзка скарачаны. Акрамя таго, магчыма павелічэнне экстрэмальных уздзеянняў на сельскую гаспадарку — вялікіх навадненняў, устойлівых засух, лясных пажараў і масавага размнажэння шкоднікаў сельскагаспадарчых культур.

Глабальнае пацяпленне адаб'еца і на стане лясоў планеты. Лясная расліннасць, як вядома, можа існаваць у вельмі вузкіх межах тэмпературы і вільготнасці. Большая частка раслін можа загінуць, што пацягне за сабой разбурэнне гэтай складанай экасістэмы і гібель многіх відаў жывёл.

Павелічэнне сярэдняй тэмпературы паветра, якое мае адбыцца, прывядзе да значнага змяншэння ледавікоў. Разлікі і вымярэнні паказалі, што за апошнія 100 гадоў аб'ём высакагорнага абледзянення скараціўся прыблізна на 2000 км<sup>3</sup>, штогадовае скарачэнне склала ў сярэднім 0,06 %.

Пацяпленне клімату вядзе да раставання палярных льдоў і павышэння ўзроўню Сусветнага акіяна. За апош-

нія 20 гадоў хуткасць павышэння яго ўзроўню павялічылася ў два разы і дасягнула 2,5 см у год. Паводле прагнозаў вучоных, да 2100 г. магчымае павышэнне ўзроўню акіяна складзе 0,6—1,0 м, што расцэньваецца як будучая глабальная катастрофа. У гэтым выпадку значныя вобласці акіянічных і марскіх узбярэжжаў, дзе цяпер пражывае ад 30 да 50 % насельніцтва Зямлі, апынуцца пад вадой. Будуць затоплены астравы, што прывядзе да міграцыі мільёнаў чалавек.

Даследаванні паказваюць: каб пазбегнуць глабальнай катастрофы, неабходна зменшыць выкіды аксідугляроду ў атмасферу прынамсі да 2 млрд т у год (прыкладна на 2/3 ад цяперашняга аб'ёму).



Сусветная грамадскасць занепакоена наступным змяненнем клімату. Робяцца захады з мэтай прадухіліць будучую катастрофу. На міжнароднай сустрэчы ў Таронта (Канада) у 1988 г. вучоныя і палітыкі прапанавалі да 2025 г. скараціць выкіды аксідугляроду ў атмасферу на 20 %.

На канферэнцыі ААН па ахове навакольнага асяроддзя і развіццю ў Рыю-дэ-Жанейра ў 1992 г. была падрыхтавана Рамачная канвенцыя аб змяненні клімату, асноўным палажэннем якой стала міжнародная каардынацыя і аб'яднанне намаганняў у барацьбе са змяненнем клімату і яго неспрыяльнымі вынікамі для планеты.



**1.** Што такое парніковы эффект? **2.** Як узнікае парніковы эффект? **3.** Назавіце асноўныя прычыны ўзнікнення парніковага ефекту. **4.** Як магчыма прадухіліць змяненне клімату планеты? **5\*.** Міжарадавая група экспертаў па змяненні клімату лічыць, што мегаполісы (гарадскія астравы цяпла), апус тынванне, абязлесенне, разбурэнне атмасфернага азону выклікаюць глабальнае пацяпленне. Растлумачце механізмы іх дзеяння.



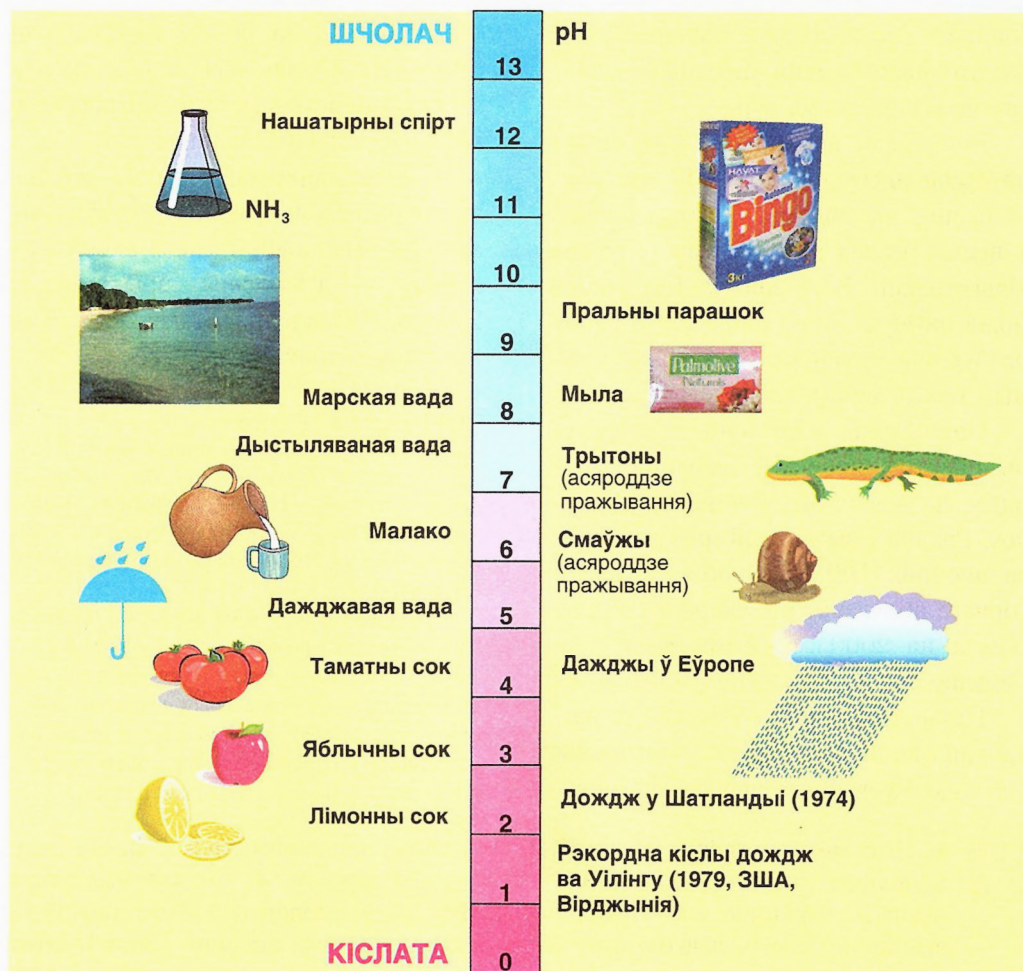
## 58. Проблема кіслотных дажджоў

\*Для вызначэння кіслотнасці рэчываў выкарыстоўваюць шкалу pH, у аснове якой ляжыць канцэнтрацыя іонаў вадароду (мал. 120). Амплітуды шкалы pH ад 0 да 14. Воцат мае паказчык pH, роўны 2,5; pH = 7 азна-

чае, што асяроддзе нейтральнае (дыстыляваная вада), pH пітной соды некалькі большы, чым 8.\*

*Што такое кіслотны дождж.*

Як ужо адзначалася, у выніку работы



Мал. 120. Шкала кіслотнасці





цеплавых электрастанцый, аўтамабільных рухавікоў, некаторых прадпрыемстваў металургічнай і хімічнай прамысловасці ў навакольнае асяроддзе выкідваюцца аксіды серы і азоту. Гэтыя газы злучаюцца з атмасфернай вільгаццю і ўтвараюць дробныя кропелькі сернай і азотнай кіслот, якія пераносяцца ветрам у выглядзе кіслотнага туману ці выпадаюць на зямлю кіслотнымі дажджамі. **Кіслотнымі** называюцца ападкі з велічынямі рН, меншымі, чым рН чыстай дажджавой вады (5,6).

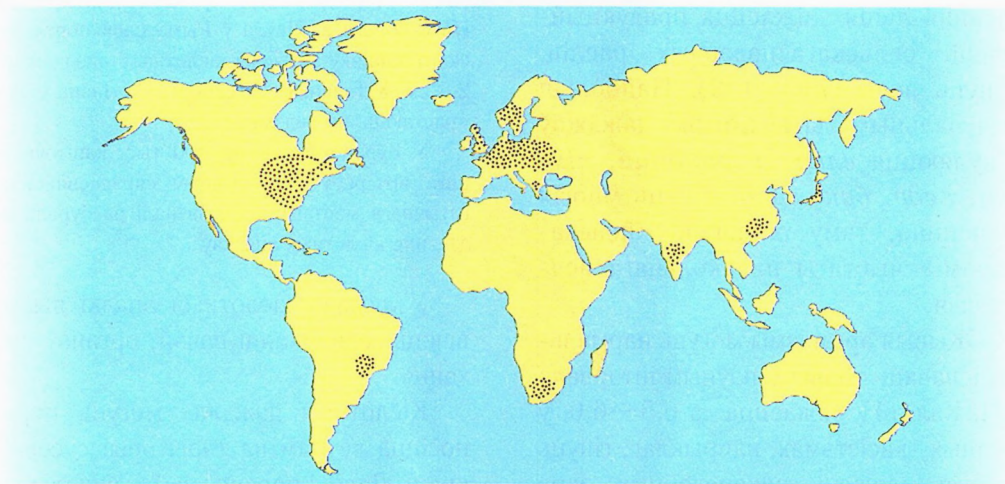
Кіслотныя ападкі выпадаюць на паверхню Зямлі не толькі ў выглядзе дажджу, але і ў выглядзе снегу і граду. Яны наносзяць значную экалагічную, эканамічную і эстэтычную шкоду.

Зімой паблізу ЦЭЦ і металургічных заводаў часам выпадае кіслотны снег, які яшчэ больш шкодны, чым кі-

слотны дождж, паколькі ў ім больш высокая колькасць кіслот. Раёны, дзе выпадае кіслотны снег, аднаразова атрымліваюць 4—5-месячную дозу забруджвання. Вясной талая вада часам змяшчае ў дзесяткі разоў болей кіслот, чым у чыстых раёнах.

Кіслотныя дажджы назіраюцца ў многіх рэгіёнах свету (мал. 121). Яны асабліва характэрны для Заходняй і Паўночнай Еўропы, прамысловых раёнаў Расіі, Украіны, ЗША і Канады.

Напрыклад, цяпер да небяспечнага ўзроўню закіслена трэцяя частка азёраў штата Фларыда, 20 % азёраў штатаў Масачусетс, Нью-Гемпшыр, Род-Айленд (ЗША). У такім жа стане знаходзяцца 20 тыс. азёраў поўдня Швецыі, сотні азёраў у Паўднёвай Канадзе.



Мал. 121. Арэалы выпадзення кіслотных дажджоў





Мал. 122. Дрэвы, пашкодзаныя кіслотнымі дажджамі

**Дзеянне кіслотных ападкаў на навакольнае асяроддзе.** У выніку выпадзення кіслотных ападкаў парушаецца раўнавага ў экасістэмах. Глеба губляе элементы мінеральнага жыўлення, што пагаршае жыццяздзейнасць расліннасці і, як вынік, прыводзіць да збяднення жывёльнага свету. Па прычыне пашкоджання лісця зніжаецца прадукцыйнасць сельскагаспадарчых раслін. Гінуць лясы (мал. 122). Найбольш адчувальнымі да кіслотных дажджоў з'яўляюцца *елка, лістоўніца, піхта, кедр, бук, граб*. Гінуць многія лішайнікі, таму іх лічаць «індыкатарамі» чыстаты навакольнага асяроддзя.

Жывыя арганізмы могуць нармальна існаваць толькі ў пэўным інтэрвале рН. Калі рН зніжаецца да 6,5—6,0, у водных экасістэмах, напрыклад, гінуць многія малюскі, ракападобныя, ікра земнаводных (мал. 123).

Пры рН, роўным 6,0—5,0, гінуць найбольш адчувальныя *планктонныя арганізмы і насякомыя, сігавыя рыбы, стронга, харыус, ласось, плотка, акунь і шчупак*. Пры рН, ніжэйшым за 4,5, у вадаёмах гіне ўся рыба, большасць жаб, насякомых, выміраюць мікраарганізмы, развіваюцца анаэробныя (бескіслародныя) працэсы з выдзяленнем метану і серавадароду.

Кіслотныя ападкі паскараюць разбурэнне помнікаў архітэктуры, будынкаў, збудаванняў, асабліва тых, якія пабудаваны з вапняку і абліцаваны мармурам.



Гістарычныя помнікі Грэцыі і Рыма, прастаяўшы тысячагоддзі, разбураюцца проста на вачах. Такі ж лёс пагражае і Тадж-Махалу — шэдэўру індыйскай архітэктуры перыяду Вялікіх Маголаў, Таўэру і Вестмінстэрскаму абацтву ў Лондане, Казанскаму сабору, Мармуроваму палацу і Аляксандра-Неўскай лаўры ў Санкт-Пецярбургу. На саборы Св. Паўла ў Рыме слой портлендскага вапняку з'едзены кіслотнымі ападкамі на 2,5 см. У Галандыі на саборы Св. Іаана статуі «растаюць, як ледзянцы».

У Еўропе больш за 100 тыс. каштоўнейшых вітражоў — помнікаў сярэдневяковага гатычнага мастацтва — ззналі разбуральнае дзеянне кіслотных ападкаў.

У людзей кіслотныя ападкі вызываюць захворванні вачэй, органаў дыхання.

Кіслотныя дажджы могуць пераносіцца ветрам на тэрыторыі суседніх краін. Далёкі перанос забруджвальных рэчываў у атмасферы — гэта адна





Мал. 123. Адчувальнасць розных водных арганізмаў да павышэння кіслотнасці вады

з праблем Паўночнага паўшар'я. У 1983 г. увайшла ў сілу **Канвенцыя аб трансмежавым забруджванні**, у якой зазначана, што краіны павінны імкнуцца да абмежавання і паступовага змяншэння забруджвання паветранага асяроддзя, уключаючы забруджванні, што выходзяць за межы іх дзяржаў.

У ліпені 1985 г. у Хельсінкі дваццаць дзяржаў Еўропы і Канада пад-

пісалі **Праатакол аб 30-працэнтным зніжэнні выкідаў аксідаў серы** на тэрыторыі сваіх дзяржаў і, як вынік, аб абмежаванні трансмежавых патокаў шкодных рэчываў на тэрыторыі суседніх дзяржаў.

Як бачым, праблема кіслотных дажджоў мае агульнасусветны характар. Таму людзі на ўсёй Зямлі павінны вырашаць яе агульнымі намаганнямі.



**1.** У чым заключаецца механізм узнікнення кіслотных дажджоў? **2.** Назавіце асноўныя прыродныя і антрапагенныя крыніцы кіслотных дажджоў. **3.** Якія наступствы кіслотных дажджоў для прыроды? **4\*.** Якія асноўныя кірункі вырашэння праблемы кіслотных дажджоў?

## **\*59. Адметныя рысы экалагічных адносін чалавека і прыроды**

*Экалагічныя адносіны чалавека.* Чалавека ад іншых прадстаўнікоў жывой прыроды адрозніваюць асаблівыя экалагічныя адносіны. Калі ўсе біялагічныя віды Зямлі прыстасоўваюцца (адаптуюцца) да асяроддзя свайго пражывання, да прыродных умоў, якія мяняюцца, то сучасны чалавек здольны прыстасоўваць асяроддзе пражывання да сваіх патрэбнасцей. Патрэбнасці чалавека як сацыяльнай істоты неабмежаваныя, г. зн. не маюць мяжы.

У сілу сваёй высокай арганізацыі чалавек аказвае на навакольнае асяроддзе ўздзеянне, несупастаўляльнае з уздзеяннем на яго іншых арганізмаў. Прычым гэта ўздзеянне часта перавышае магчымасці навакольнага асяроддзя да аднаўлення. Гэта адбываецца па наступных прычынах.

**1.** Змяніўся характар харчовых сувязей. Для атрымання ежы сучасны чалавек падключае дадатковыя да мускульнай энергіі энергарэсурсы.

**2.** Змяніўся характар інфармацыйных сувязей, з дапамогай якіх чалавек узгадняе свае дзеянні з дзеяннямі іншых людзей. Дзякуючы гэ-

таму ён здольны шматразова ўзмацніць моц свайго ўздзеяння на асяроддзе.

**3.** Адбыўся пераход на дзейнасць у галіне прыродакарыстання з дапамогай прылад. Само паняцце «дзейнасць» уласціва толькі чалавеку, паколькі гэта ўсвядомлены мэтанакіраваны працэс. У прыродных папуляцыях такога ўсведамлення адсутнічае.

**4.** Чалавек выкарыстоўвае запасы закансерваванай сонечнай энергіі (драўніна, каменны вугаль, нафта, газ, торф), а таксама энергію зямных нетраў, атама. Іншыя віды жывых арганізмаў гэтага рабіць не ў стане.

**5.** Чалавек здольны прадказваць экалагічныя наступствы сваёй дзейнасці, хоць пакуль гэта яму не заўсёды ўдаецца.

Паводле вобразнага выказвання расійскага экалага М. Ф. Рэймерса, чалавек паводзіць сябе ва ўзаемадзеянні з асяроддзем, як «разумна-неразумны паразіт». Калі меркаваць па экалагічных выніках яго дзейнасці, чалавек неразумны, а калі па яго імкненні да захавання прыроды, то разумны.





### *Непасрэднае разбурэнне чалавекам натуральных экасістэм.*

Жывёлы не могуць цалкам разбурыць асяроддзе свайго пражывання. Аднак у адносінах да чалавека гэта праваіла пакуль не дзейнічае. Прыкладна за 8—10 тыс. гадоў, пачынаючы з неалітычнай (сельскагаспадарчай) рэвалюцыі і да канца XIX ст., чалавек разбурыў натуральныя (пераважна лясныя і лесастэпавыя) экасістэмы на 1/5 частцы сушы. За XX ст. былі знішчаны натуральныя экасістэмы яшчэ на 40 % плошчы кантынентаў (без Антарктыды). Без уліку ледзяных, скальных і аголеных паверхняў непадушаныя прыродныя экасістэмы захаваліся толькі на 27 % сушы. Тым важнейшым паказчыкам здаровага стану экасістэм з'яўляецца наяўнасць натуральнай расліннасці.

Важнейшай экалагічнай праблемай, якая вынікае з разбурэння экасістэм, з'яўляецца зніжэнне біяразнастайнасці. Адбіранне ежы, экалагічнай прасторы, парушэнне ўзаемадзеяння паміж арганізмамі ў выніку гаспадарчай дзейнасці вядуць да разбурэння мясцін пражывання відаў і папуляцый і, урэшце, да знікнення відаў. У натуральных умовах адзін від вымірае раз у 2000 гадоў, за апошнія 300 гадоў адзін від знікаў кожныя 10 гадоў, а ў цяперашні час — страчваецца амаль штодзённа. Знікненне відаў зніжае здольнасць экасістэм да самарэгуляцыі.

Вырашэнне праблемы заключаецца ў захаванні яшчэ існуючых і аднаўленні парушаных экасістэм — мясцін пражывання відаў.

***Парушэнне энергетычнага балансу экасістэм.*** Экасістэмы існуюць за кошт сонечнай энергіі, якая не забруджвае асяроддзе і з'яўляецца практычна вечнай. Колькасць сонечнай энергіі адносна пастаянная і залішняя. Празмерная таму, што расліны выкарыстоўваюць толькі каля 1 % сонечнай энергіі, што дасягае Зямлі. Паступаючай энергіі дастаткова для таго, каб задаволіць любыя патрэбнасці чалавецтва. Паколькі ўся сонечная энергія ўрэшце рэшт ператвараецца ў цяпло, павелічэнне яе выкарыстання ў гаспадарчых мэтах не павінна было ўплываць на раўнавагу ў біясферы. Спальваючы выкапнёвае паліва, у якім сонечная энергія назапашвалася мільёны гадоў, чалавек рэзка павялічыў паступленне ў атмасферу цяпла, вуглякіслага газу і інш.

Парушэнне энергетычнага балансу ў экасістэмах праявілася і ў «экспрапрыцыі» чалавекам энергіі экасістэм. У біясферы за мільёны гадоў сфарміравалася зладжанае і ўстойлівае размеркаванне спажывання арганічнага рэчыва, якое ствараецца прадукцэнтамі між рознымі кансументамі. Да канца XIX ст. чалавек спажываў фотасінтэтычную прадукцыю ў межах, што адпавядалі буйным жывёлам. Пры гэтым ён актыўна выцясняў іх. З пачат-





кам прамысловай рэвалюцыі чалавек, навучыўшыся выкарыстоўваць энергію выкапнёвага паліва, стаў забіраць усё большую колькасць фотасінтэтычнай прадукцыі, якая выраблялася экасістэмамі. У выніку частка з іх дэградзіравала.

Гаспадарчая дзейнасць чалавека прывяла да значных змяненняў энергетычнага балансу:

1) чалавек у сваю карысць стаў забіраць з натуральнага абароту ў экасістэмах значна больш чыстай першаснай прадукцыі (энергіі), чым гэта «належыць» буйным кансументам;

2) знішчыўшы на вялікіх плошчах расліннасць, ён істотна (не менш чым на 1/5) знізіў прадукцыйнасць жывых арганізмаў.

Вынікам парушэння энергетычнага балансу экасістэм сталі дэмаграфічная і харчовая праблемы.

Як вы памятаеце, у канцы доўгіх харчовых ланцугоў не можа быць вялікай біямасы. Колькасць жа чалавецтва за апошнія 100 гадоў узрасла з феноменальнай хуткасцю. У некаторых рэгіёнах гэта пацягнула за сабой нястачу харчавання і голад. У такой сітуацыі чалавеку неабходна было перайсці на другі трафічны ўзровень — харчавацца пераважна расліннай ежай. Тым не менш мноства людзей, асабліва ў развітых краінах, знаходзяцца на трэцім трафічным узроўні, г. зн. ядуць мяса. А выкарыстанне мяснага рацыёну звязана са

шматразовым пашырэннем пасяўных плошчаў, забруджваннем экасістэм мінеральнымі ўгнаеннямі, пестыцыдамі, адходамі жывёлагадоўчых ферм і да т. п.

Вырашыць гэтыя праблемы можна пры ўмове выкарыстання пераважна сонечнай энергіі і яе вытворных, эканоміі энергіі, пераходу на харчаванне прадукцэнтамі (раслінамі), планавання нараджальнасці.

**Парушэнне натуральных кругаваротаў рэчываў.** У натуральных экасістэмах атрымання, выкарыстанне рэсурсаў і пазбаўленне ад адходаў ажыццяўляецца ў ходзе кругаваротаў хімічных элементаў. Чалавек жа, як адзначае амерыканскі экалаг Б. Нейбел, паводзіць сябе ў прыродзе так, быццам бы хімічныя элементы бесперапынна ўзнікаюць у адным месцы і бяспследна знікаюць у іншым. Напрыклад, з нетраў Зямлі здабываюцца фасфарыты і выкарыстоўваюцца для вытворчасці фосфарных ўгнаенняў. Харчуючыся прадукцыяй сельскай гаспадаркі, чалавек перадае адходы сваёй жыццядзейнасці ў каналізацыю, адкуль яны так ці інакш трапляюць у вадаёмы. Так вада ўзбагачаецца фасфатамі, якія на сушы ўжо не вяртаюцца. У выніку радовішчы на сушы вычэрпваюцца, а водныя экасістэмы забруджваюцца.

Важнейшым вынікам парушэння натуральных кругаваротаў хімічных элементаў з'яўляецца праблема за-





бруджвання, ці хімічнай дэфармацыі, асяроддзя. Забіраючы з экасістэм першасную сыравіну, чалавек у масавых маштабах вырабляе некалькі тысяч штучных рэчываў. Пры гэтым каля 80 % з іх не ацэнены з пункту гледжання таксічнасці і ўздзеяння на навакольнае асяроддзе. У рэшце рэшт усе гэтыя рэчывы, многія з якіх раней адсутнічалі ў біясферы, так ці інакш трапляюць у экасістэмы.

Забруджванне асяроддзя ў сваю чаргу прыводзіць да іншых глабальных экалагічных наступстваў, у прыватнасці да змянення клімату на Зямлі, з'яўлення «азонавых дзірак», кіслотных дажджоў.

У выніку дзейнасці чалавека стаў іншым і кругаварот вады. У экасістэмах сушы вільгацезварот на 70 % кантралюецца жывымі арганізмамі.

Звязанне лясной расліннасці прыводзіць да парушэння натуральнага кругавароту вады, у выніку чаго набірае абароты апустыньванне. Плошчы пустынь павялічваюцца, паколькі вільгацезварот ужо не забяспечвае таго ўзроўню вільготнасці паветра на іх перыферыі, які дае магчымасць існаваць травяністай ці лясной расліннасці.

Вырашэнне праблемы заключаецца ў эканомным выкарыстанні прыродных рэсурсаў, шырокім ужыванні другаснай сыравіны, укараненні малаадходных тэхналогій і замкнутых цыклаў вытворчасці.

Кожная з названых праблем не існуе сама па сабе, усе яны цесна пераплятаюцца і складаюць адзіную глабальную экалагічную праблему ўзаемаадносін чалавечага грамадства і прыроднага асяроддзя.



1. Якія асаблівасці ўзаемадзеяння чалавека з навакольным асяроддзем?
2. Якія асноўныя групы праблем узнікаюць у выніку ўздзеяння чалавека на навакольнае асяроддзе?
3. Якія асноўныя крыніцы забруджвання навакольнага асяроддзя?
4. Якое існуе вырашэнне праблемы парушэння энергетычнага балансу экасістэм?
5. Як звязаны харчовая і дэмаграфічная праблемы з парушэннем энергетычнага балансу экасістэм?
6. Як звязана забруджванне асяроддзя з кліматам Зямлі?\*

## 60. Пошукі альтэрнатыўных шляхоў развіцця чалавецтва

Да сярэдзіны XX ст. чалавечае грамадства нарэшце ўсвядоміла, што яго незалежнасць ад прыроды — ілюзія. Законы прыроды аднолькавыя для ўсіх жывых арганізмаў, уключаючы

чалавека. Разбурэнне прыродных сістэм, абязводжванне і апустыньванне велізарных тэрыторый, масавы перапрамысел жывёл і звязанне лясоў, уцягванне сыравіны і энерганосябітаў,



якое ўсё больш узрастае, у вытворчую сферу і такое ж аб'ёмнае іх вяртанне ў прыродныя сістэмы ў выглядзе адходаў прывялі да пагаршэння якасці прыроднага асяроддзя. Гэта пацягнула за сабой неадпаведнасць параметраў асяроддзя экалагічным патрабаванням чалавечага арганізма.

Ва ўмовах вялікіх гарадоў ці прамысловых прадпрыемстваў многія фактары (шум, вібрацыя, тэмпература, электрамагнітныя палі, дамешкі шэрага рэчываў у паветры і вадзе і інш.) перыядычна ці пастаянна знаходзяцца за межамі талерантнасці (устойлівасці) чалавечага арганізма. Акрамя таго, хімічныя злучэнні, якія паступаюць у ваду, глебу, атмасферу, а таксама трапляюць у ежу (рассеяныя «адходы» вытворчасці), таксама з'яўляюцца экалагічнымі фактарамі. У дачыненні да іх устойлівасць чалавечага арганізма малая, і такія рэчывы аказваюцца лімітуючымі фактарамі.

Зямля адна, а свет разнастайны. Мы ўсе залежым ад біясферы, без якой не можа захавацца жыццё. Тым не менш кожнае згуртаванне, кожная краіна змагаюцца за выжыванне і росквіт, вельмі рэдка турбуючыся пра наступствы гэтай барацьбы. Некаторыя расходуюць рэсурсы Зямлі такімі тэмпамі, што будучым пакаленням наўрад ці штосьці застанецца. Іншыя, якіх значна болей, спажываюць вельмі мала і гібеюць у пастаянным недаяданні і хваробах, асуджаны на раннюю смерць.

Спачатку ўзнікненне экалагічных праблем звязвалася з растучым попытам на абмежаваныя рэсурсы і забруджваннем навакольнага асяроддзя з-за росту ўзроўню жыцця параўнальна багатых краін і народаў. Аднак сама беднасць забруджвае навакольнае асяроддзе, ствараючы экалагічныя праблемы іншага парадку. Людзі, пазбаўленыя сродкаў да існавання, часта непасрэдна разбураюць навакольнае асяроддзе, каб выжыць. Яны высякаюць лясы, апусціньваюць пашы, абясплоджваюць звышэксплуатацыі і без таго неўрадлівую зямлю і садзейнічаюць усё большаму перапаўненню перанаселеных гарадоў. Сукупны эфект гэтых змяненняў тоіць у сабе такія сур'ёзныя наступствы, што беднасць як з'ява становіцца асноўным глабальным бедствам.

З другога боку, там, дзе рост эканомікі прывёў да паляпшэння ўзроўню жыцця, у некаторых выпадках гэта было зроблена ва ўмовах, якія прынясуць глабальную шкоду ў доўгатэрміновым плане. Значная частка гэтага поспеху грунтавалася на ўсё большай колькасці спажываемай сыравіны, энергіі, хімічных рэчываў і сінтэтычных матэрыялаў, а таксама на забруджванні навакольнага асяроддзя. Гэтыя тэндэнцыі маюць непрадказальныя наступствы для навакольнага асяроддзя.

Такім чынам, цяперашнія экалагічныя праблемы з'яўляюцца, з аднаго





боку, рэзультатам недастатковага развіцця эканомікі, а з другога, — вынікам неспрыяльных для навакольнага асяроддзя наступстваў высокіх тэмпаў эканамічнага развіцця, якое адбывалася без уліку экалагічных фактараў.

У 1968 г. па ініцыятыве італьянскага эканаміста, аднаго з садырэктараў фірмы «Фіят» А. Печэі, быў створаны так званы **Рымскі клуб**, куды ўвайшлі людзі, занепакоеныя тэндэнцыямі развіцця сусветнай супольнасці. Члены клуба перасцерагалі аб небяспецы нястрымнага эканамічнага развіцця і заклікалі эканамістаў і бізнесменаў неадкладна прыняць адпаведныя меры. Рымскім клубам было заяўлена, што ў пачатку XXI ст. чалавецтва чакае глабальная экалагічная катастрофа-калапс з-за неабмежаванага эканамічнага і дэмаграфічнага росту. У якасці мер, якія маглі б прадухіліць такі канец, прапаноўваліся глабальная раўнавага, стабілізацыя вытворчасці і «нулявы рост насельніцтва».

Пагаршэнне экалагічнага становішча ў многіх рэгіёнах зямнога шара і на планеце ў цэлым патрабавалі ўсё больш энергічных міжнародных намаганняў, аб'яднання ўсяго чалавецтва для аховы жыцця на планеце.

У 1972 г. у Стакгольме адбылася першая Сусветная канферэнцыя ААН па пытаннях навакольнага асяроддзя, якая прыняла **Дэкларацыю аб ахове навакольнага асяроддзя** і аб'явіла

5 чэрвеня Міжнародным днём аховы навакольнага асяроддзя.

З 1973 г. пачала дзейнічаць спецыялізаваная **Праграма ААН па навакольным асяроддзі (ЮНЕП)**. ЮНЕП прадугледжвала арганізацыю і кардынацыю шэрага даследаванняў па ахове навакольнага асяроддзя, у тым ліку стварэнне сістэмы станцый назірання (маніторынгу) за станам навакольнага асяроддзя.

У канцы 70-х гг. актывізаваў сваю працу **Міжнародны саюз аховы прыроды і прыродных рэсурсаў (МСАП)**, заснаваны па ініцыятыве ЮНЕСКА ў 1948 г. У задачы МСАП уваходзіла навуковае кансультаванне па ахове жывой прыроды і прававых пытаннях, прапаганда і распаўсюджванне сучасных прыродаахоўных ідэй.

У 1977 г. прэзідэнт Рымскага клуба А. Печэі надрукаваў кнігу «Чалавечыя якасці», у якой выклаў свае разважанні пра будучае чалавецтва. Ён сцвярджаў, што навукова-тэхнічная рэвалюцыя з'яўляецца прычынай таго цяжкага стану, у якім апынуліся сучаснае чалавецтва і навакольнае асяроддзе. Ён адзначыў, што для чалавецтва «не можа быць выратавання да той пары, пакуль народ сам не зменіць да лепшага свае якасці, норавы і паводзіны».

У 1980 г. МСАП пры падтрымцы ЮНЕП і садзейнічанні **Сусветнага фонду аховы дзікай прыроды, Харчовай і сельскагаспадарчай арганізацыі**



**ААН (ФАО)** была распрацавана і абвешчана большасцю краін свету **Сусветная стратэгія аховы прыроды**. Як адзначана ў адным з яе дакументаў, гэта стратэгія накіравана на кіраванне выкарыстаннем чалавецтвам біясферы, экасістэм і відаў, якія складаюць яе, такім чынам, каб яны маглі прыносіць устойлівую карысць цяперашняму пакаленню і ў той жа час захавалі свой патэнцыял, каб адпавядаць патрэбам і імкненням будучых пакаленняў.

У 1987 г. **Міжнародная камісія ААН па навакольным асяроддзі і развіцці (МКНАР)** у сваёй справаздачы «Наша агульная будучыня» заклікала да «новай эры эканамічнага развіцця, бяспечнага для навакольнага асяроддзя». Камісія адзначыла, што **«чалавецтва здольнае зрабіць развіццё ўстойлівым — забяспечыць за-**

**давальненне патрэб цяперашняга, не рызыкуючы здольнасцю будучых пакаленняў задавальняць свае патрэбнасці»**. Такім чынам, неабходны пераход да ўстойлівых форм развіцця, якія патрабуюць разумных узаемаадносін з навакольным асяроддзем.

Вы ўжо ведаеце, што чалавецтва можа існаваць на планеце толькі ў даволі вузкім інтэрвале параметраў навакольнага асяроддзя. Як і любы іншы від, чалавек мае сваю сістэму ўзаемаадносін з навакольным асяроддзем, законы развіцця якога чалавеку неабходна ўлічваць у сваёй дзейнасці. Адступленне ад гэтых законаў можа прывесці да катастрофічных наступстваў.

Такім чынам, чалавецтва стаіць сёння перад самай важнай праблемай выпрацоўкі стратэгіі свайго выжывання на планеце.



**1.** Пералічыце асноўныя экалагічныя праблемы глабальнага характару, якія пагражаюць існаванню чалавецтва. **2.** Якія асноўныя прычыны экалагічных праблем? **3.** Як вы разумееце сцвярджэнне: «Беднасць як такая становіцца асноўным глабальным бедствам»? **4.** Назавіце асноўную ідэю Сусветнай стратэгіі аховы прыроды.

## 61. «Канцэпцыя ўстойлівага развіцця»

Задавальненне чалавечых патрэбнасцей і імкненняў з'яўляецца асноўнай задачай устойлівага развіцця. На сучасным этапе важнейшыя патрэбнасці вялікай колькасці людзей (яда, адзенне, жыллё, праца) не задавальняюцца. Акрамя асноўных патрэбнасцей,

у гэтых людзей існуе законнае імкненне да лепшай якасці жыцця ў цэлым. Свет, у якім квітнеюць беднасць і несправядлівасць, заўсёды будзе знаваць крызісы, у тым ліку экалагічныя.

Тэрмін «устойлівае развіццё» вызначаецца як «паляпшэнне якасці





жыцця людзей без перавышэння патэнцыяльных магчымасцей экасістэм».

**Устойлівае развіццё** — гэта спецыфічная форма сацыяльна-эканамічнага развіцця чалавечага грамадства. Яно мае на ўвазе ўзгадненне эканамічных, экалагічных і сацыяльных мэт, што дасць магчымасць задаволіць патрабаванні цяперашняга пакалення Зямлі, не ставячы пад пагрозу патрэбнасці будучых пакаленняў.

**Канцэпцыя ўстойлівага развіцця** была прынята ў 1992 г. на канферэнцыі ў Рыю-дэ-Жанейра. Яна будзеца на наступных прынцыпах.

**1. Паважаць і клапаціцца аб усім існуючым на Зямлі.** Развіццё не павінна адбывацца за кошт іншых груп людзей ці будучых пакаленняў. Развіццё таксама не павінна пагражаць выжыванню жывёл і раслін.

**2. Павышаць якасць жыцця чалавека.** Неабходна даць магчымасць людзям рэалізоўваць свае патэнцыяльныя здольнасці, весці годнае і багатае на здзяйсненні жыццё. Эканамічны рост з'яўляецца важнай часткай развіцця, але ён не павінен быць самамэтай і не можа быць бясконцым. Шмат якія мэты развіцця ў розных народаў аднолькавыя. Гэта працяглае і здаровае жыццё; адукацыя; доступ да рэсурсаў, неабходных для годнага ўзроўню жыцця; палітычная свабода; гарантаваныя правы чалавека і абарона ад гвалту.

**3. Захоўваць жыццяздольнасць і разнастайнасць усяго жывога на**

**Зямлі.** Устойлівае развіццё павінна ўключаць у сябе мэтанакіраваныя дзеянні па абароне структуры, функцый і разнастайнасці прыроды ў сусветным маштабе, паколькі ад іх залежыць жыццё чалавецтва. Гэта патрабуе ад кожнага чалавека захоўваць біялагічную разнастайнасць, гарантываць устойлівае выкарыстанне аднаўляемых прыродных рэсурсаў.

**4. Звесці да мінімуму выкарыстанне неаднаўляемых рэсурсаў.** Вычэрпванне такіх рэсурсаў, як мінералы, нафта, газ і вугаль, павінна быць звязана да мінімуму. Нягледзячы на тое, што гэтыя рэсурсы немагчыма выкарыстоўваць бясконца, тэрмін іх «жыцця» можна працягнуць, напрыклад, пры дапамозе выкарыстання другаснай сыравіны, прымянення рэсурсазберагальных тэхналогій, пераключэння на аднаўляемыя рэсурсы там, дзе гэта магчыма.

**5. Развівацца ў межах магчымасцей да аднаўлення экалагічных сістэм Зямлі.** Дакладнае вызначэнне гэтых меж у цяперашні час абцяжарана. Яны змяняюцца ў залежнасці ад геаграфічных і іншых умоў: ад таго, колькі людзей жыве ў дадзеным рэгіёне, колькі харчовых прадуктаў, вады, энергіі і сыравіны яны выкарыстоўваюць і бескарысна трацяць. Палітыка, накіраваная на гарманізацыю колькасці насельніцтва, ладу жыцця і магчымасцей прыроды, павінна ісці побач з развіццём рэсурсазберагальных тэхналогій.



Для рэалізацыі прынцыпаў устойлівага развіцця рэкамендуецца ажыццявіць, у прыватнасці, наступныя дзеянні.

1. Краіны, у якіх спажыванне энергіі на душу насельніцтва перавышае 80 ГДж (напрыклад, у ЗША — 280, Вялікабрытаніі — 150), павінны знізіць спажыванне да 80 ГДж на чалавека.

2. Шэрагу краін неабходна прыняць меры па стабілізацыі нараджальнасці.

3. Людзі павінны перагледзець свае маральныя каштоўнасці і змяніць стэрэатыпы паводзін. Грамадства павінна адхіляць ідэі, якія супярэчаць экалагічна разумнаму ладу жыцця, і заахвочваць зацікаўленасць людзей у захаванні асяроддзя пражывання.

4. Садзейнічаць аб'яднанню дзеянняў на сусветным узроўні. Дасягненне ўстойлівага развіцця ў глабальных маштабах будзе залежаць ад цеснага супрацоўніцтва паміж усімі краінамі. Аднак узроўні эканамічнага развіцця розных дзяржаў розныя. Неабходна дапамагчы краінам з нізкімі даходамі ў дасягненні ўстойлівага жыцця і абароне навакольнага асяроддзя.

Канцэпцыя ўстойлівага развіцця сёння яшчэ ў пачатку свайго тэарэтычнага і практычнага пацвярджэння.

У чэрвені 1997 г. у Нью-Йорку адбылася чарговая сесія **Генеральнай Асамблеі ААН па праблемах нава-**

**кольнага асяроддзя і развіцця**, прысвечаная абмеркаванню вынікаў 5-гадовага перыяду па станаўленні ўстойлівага развіцця чалавецтва. У працы форуму прынялі ўдзел прадстаўнікі больш чым 60 краін свету.

3 26 жніўня да 4 верасня 2002 г. у Іаганесбургу (ПАР) прайшла **Міжнародная сустрэча па праблемах навакольнага асяроддзя і ўстойлівага развіцця**. У яе дакументах першыя два тэзісы былі сфармуляваны наступным чынам.

1. Усе дзяржавы будуць супрацоўнічаць у ажыццяўленні надзвычай важнай задачы ўстаранення беднасці як неабходнага патрабавання для таго, каб зменшыць няроўнасць у стандартах жыцця і лепш задавальняць патрабаванні большасці людзей у свеце.

2. Для дасягнення ўстойлівага развіцця і больш высокай якасці жыцця для ўсіх людзей дзяржавам неабходна аслабіць і выключыць экалагічна непрымальныя вытворчасці і спажыванне і падтрымаць неабходную дэмаграфічную палітыку.

Усе апісаныя падзеі і прынятыя рашэнні пераконваюць у тым, што сусветная грамадскасць заклапочана экалагічнай сітуацыяй, якая склалася сёння ў свеце. Толькі сумесныя дзеянні многіх дзяржаў Зямлі могуць прывесці да рашэння гэтай праблемы.



**1.** Што трэба разумець пад тэрмінам «устойлівае развіццё»? **2.** На якіх прынцыпах будзецца канцэпцыя ўстойлівага развіцця? **3.** Якія прапановы вы маглі б унесці ў канцэпцыю ўстойлівага развіцця?





## 62. Рацыянальнае прыродакарыстанне і ахова прыроды

У аснове чалавечай дзейнасці ляжыць прыродакарыстанне. Яно накіравана на задавальненне патрэбнасцей чалавека шляхам выкарыстання прыродных рэсурсаў і прыродных умоў. Паводле выказвання расійскага экалага М. Ф. Рэймерса, «прыродакарыстанне — гэта сукупнасць усіх форм эксплуатацыі прыродна-рэсурснага патэнцыялу і мер па яго захаванні».

**Рацыянальнае прыродакарыстанне** мае на мэце забеспячэнне эканомнай эксплуатацыі прыродных рэсурсаў і ўмоў з улікам інтарэсаў будучых пакаленняў людзей (мал. 124). Рацыянальнае прыродакарыстанне ўключае:

1) здабычу і перапрацоўку прыродных рэсурсаў, іх ахову, аднаўленне ці ўзнаўленне;

2) выкарыстанне і ахову прыродных умоў асяроддзя жыцця чалавека;

3) захаванне, аднаўленне і падтрыманне экалагічнай раўнавагі ў прыродных сістэмах;

4) рэгуляцыю ўзнаўлення чалавека і колькасці насельніцтва Зямлі.

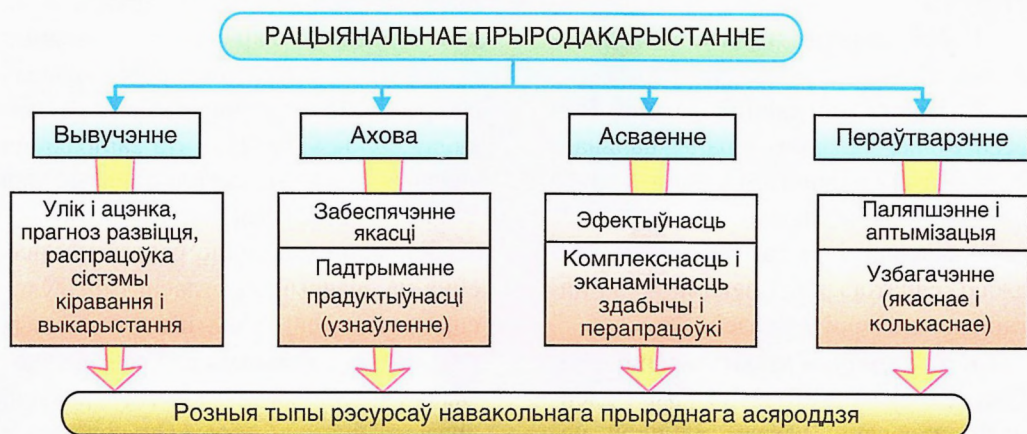
Рацыянальнае прыродакарыстанне накіравана на:

- забеспячэнне ўмоў існавання чалавецтва і атрыманне матэрыяльных даброт;

- максімальнае выкарыстанне кожнага прыроднага тэрытарыяльнага комплексу;

- прадукцыйнае альбо істотнае зніжэнне шкодных вынікаў прамысловай вытворчасці ці іншых відаў чалавечай дзейнасці;

- падтрыманне і павышэнне прадукцыйнасці прыроды, яе эстэтычнай функцыі, забеспячэнне і рэгуляванне эканамічнага асваення прыродных



Мал. 124. Асноўныя прынцыпы рацыянальнага прыродакарыстання



рэсурсаў з улікам захавання здароўя людзей.

**Нерацыянальнае прыродакарыстанне** вядзе да зніжэння якасці, растраты і вычэрпвання прыродных рэсурсаў, падрыву аднаўленчых сіл прыроды, забруджвання навакольнага асяроддзя, зніжэння яе аздараўленчых і эстэтычных вартасцей. Усё гэта цалкам выклікае пагаршэнне прыроднага асяроддзя і знішчэнне прыродна-рэсурснага патэнцыялу.

**\*Асноўныя законы рацыянальнага прыродакарыстання.** У 1971 г. вядомы амерыканскі змагар за чысціню навакольнага асяроддзя журналіст-экалаг Бары Каманер сфармуляваў чатыры палажэнні, якія раскрываюць сутнасць сістэмы рацыянальнага прыродакарыстання. Іх сталі называць **законамі экалогіі Каманера**. Сутнасць гэтых палажэнняў заключаецца ў наступным.

**1. Усё звязана з усім.** Гэта палажэнне аб экасістэмах і біясферы.

**2. Нічога не даецца дарма.** Гэта ўсеагульны «закон» рацыянальнага прыродакарыстання. Плаціць трэба энергіяй за дадатковую ачыстку адходаў, угнаеннямі — за павышэнне ўраджаю, санаторыямі і лекамі — за пагаршэнне здароўя людзей.

**3. Усё павінна кудысьці дзявацца.** Гэта палажэнне аб гаспадарчай дзейнасці чалавека, адходы ад якой непазбежныя, і таму неабходна думаць

пра змяншэнне іх колькасці і пра наступнае пахаванне гэтых адходаў.

**4. Прырода ведае лепш.** Гэта самае важнае палажэнне рацыянальнага прыродакарыстання, якое азначае, што нельга спрабаваць заваёўваць прыроду, а трэба супрацоўнічаць з ёй, выкарыстоўваючы біялагічныя механізмы для ачысткі сцёкаў і павышэння ўраджайнасці культурных раслін. Пры гэтым нельга забывацца пра тое, што сам чалавек з'яўляецца біялагічным відам, часткай прыроды, а не яе ўладаром.

Дзеянне экалагічных «законаў» Б. Каманера можна прасачыць на прыкладзе любой галіны гаспадаркі, якая ў той ці іншай ступені выклікае забруджванне навакольнага асяроддзя. Напрыклад, адна з самых «брудных» галін — горна-металургічная — аказвае на біясферу прамое і ўскоснае ўздзеянне.

**Прамое ўздзеянне** заключаецца ў выкарыстанні значнай плошчы зямель для будавання кар'ераў і падземных руднікоў, будаўніцтва абагачальных фабрык, металургічных заводаў, адвалаў парод і г. д. На гэта забіраюцца значныя плошчы, некалі занятыя пад сельскагаспадарчыя ўгоддзі.

**Ускоснае ўздзеянне** распаўсюджваецца на значныя адлегласці і праяўляецца ў ападанні газаў, пылу і хімічных рэчываў, дэфармацыі паверхні, пашкоджанні расліннага покрыва, зніжэнні прадукцыйнасці сельскагаспадарчых угоддзяў, жывёлагадоўлі і рыбнай гас-





падаркі, змяненні хімічнага саставу і руху паверхневых і грунтавых вод.

Усё гэта аказвае ўплыў не толькі на прыродную сістэму, але і на сацыяльна-гігіенічнае становішча, непасрэдна звязанае з жыццём чалавечага грамадства. Такім чынам, уздзеянне горна-металургічнай вытворчасці ў параўнанні з іншымі галінамі характарызуецца комплекснасцю і больш моцным уздзеяннем на ўсе элементы біясферы: паветраны і водны басейны, зямную паверхню, флору, фауну і нетры.\*

Для захавання і аднаўлення прыродных рэсурсаў, прадукінення шкоднага ўплыву вынікаў гаспадарчай дзейнасці на здароўе чалавека неабходны спецыяльныя прыродаахоўныя меры.

**Ахова прыроды** — гэта комплекс розных мерапрыемстваў (адміністрацыйна-гаспадарчых, тэхналагічных, юрыдычных, грамадскіх і інш.), накіраваных на забеспячэнне функцыянавання прыродных сістэм, неабходных для захавання здароўя і дабрабыту чалавека. У Статуце МСАП запісана: «Пад аховай прыроды і прыродных рэсурсаў разумеецца захаванне арганічнага свету, натуральнага асяроддзя, у якім жыве чалавек, а таксама аднаўляемых прыродных рэсурсаў Зямлі — асноўнай умовы любой цывілізацыі».

Прыродаахоўная дзейнасць накіравана галоўным чынам на захаванне разнастайнасці форм жыцця на Зямлі (біяразнастайнасці).

\*Разнастайнасць жывой прыроды з'яўляецца асноўным індикатарам, які вызначае, як на яе ўплывае чалавечая дзейнасць. З пачаткам промыслу буйных млекакормячых і птушак, а затым з узнікненнем земляробства чалавек умяшаўся ў натуральныя, створаныя прыродай, замкнутыя цыклы. У кожным з іх пэўны від жывых арганізмаў выконвае сваю ролю, і ўсе яны знаходзяцца ў непарыўнай сувязі. Стараючыся змяніць прыродныя ўмовы, чалавек уступіў у канфлікт з сіламі натуральнай, прыроднай самарэгуляцыі. Вынікам гэтага канфлікту стала зніжэнне біялагічнай разнастайнасці прыродных экасістэм. У цяперашні час колькасць відаў на Зямлі пастаянна змяншаецца.

Праблема захавання біялагічнай разнастайнасці ў цяперашні час з'яўляецца найбольш вострай і значнай для чалавецтва. Ад таго, якім чынам яна будзе вырашана, залежыць магчымасць захавання жыцця на Зямлі і захаванне чалавецтва як часткі біясферы.\*

**Чырвоныя кнігі.** Для таго каб арганізаваць ахову флоры і фауны, выяўляюць аб'екты аховы і ствараюць Чырвоныя кнігі. **Чырвоная кніга** — гэта афіцыйны дакумент, які змяшчае сістэматызаваныя звесткі пра рэдкія і што знаходзяцца пад пагрозай знікнення віды грыбоў, раслін і жывёл. У кнізе змяшчаюцца кароткія

даныя аб біялогіі гэтых відаў, іх распаўсюджанні і інш. У Чырвоных кнігах выяўлены таксама прычыны, што прывялі да рэзкага скарачэння колькасці ці нават знікнення відаў.

Першая міжнародная «Чырвоная кніга» («Red data book») была выдадзена ў 1966 г. Ініцыятарам выдання быў МСАП. Кніга ўключала 5 тамоў з пералікам відаў, якім пагражае знікненне. Кожнаму віду быў адведзены асобны ліст, а кніга была надрукавана на паперы чырвонага колеру — колеру трывогі, небяспекі, перасцярогі. З гэтага моманту ў шмат якіх краінах свету сталі выдаваць Чырвоныя кнігі.



Першая нацыянальная Чырвоная кніга Беларускай ССР была выдадзена ў 1981 г. У яе ўвайшлі 85 відаў раслін і 80 відаў жывёл. У 2-е выданне (1993 г.) былі ўключаны 182 віды жывёл, 180 відаў раслін і па 17 відаў грыбоў і лішайнікаў.

У 3-е выданне Чырвонай кнігі Рэспублікі Беларусь (2004 г.) увайшлі 189 ві-

даў жывёл, 173 віды сасудзістых раслін, 27 відаў мохападобных, 21 від водарасцей, 24 віды лішайнікаў і 29 відаў грыбоў (мал. 125).

Дзякуючы прынятым мерам па ахове жывёл у цяперашні час у Беларусі не выклікае асцярогі стан папуляцый такіх відаў, як *чорны бусел*, *еўрапейская рысь*, *зубр*.

Многія віды раслін і жывёл былі выключаны з 3-га выдання Чырвонай кнігі Рэспублікі Беларусь, паколькі яны па сучасных уяўленнях і крытэрыях не з'яўляюцца відамі, што знаходзяцца пад пагрозай знікнення, ці рэдкімі. Сярод раслін гэта: *купальнік горны*, *пазнацвет асенні*, *гусіная цыбуля лугавая*, *цюльпан лясны*, *торбачнік альпійскі*. Сярод жывёл: *малая і чырванашыя паганкі*, *чырванавалёвая казарка*, *лебедзь шыпун*, *свіязь*, *стэпавы мышалоў*, *юрок*, *прасянка* і інш.

**Ахова біялагічнай разнастайнасці на папуляцыйна-відавым узроўні.** У экалогіі адрозніваюць два ўзроўні аховы жывой прыроды: папуляцыйна-відавы і экасістэмны. На папуляцыйна-відавым узроўні аб'ектамі аховы з'яўляюцца канкрэтныя віды жывёл ці раслін. Ахову ў такім выпадку ажыццяўляюць, напрыклад, забараняючы збор асобных прыгожа квітнеючых прадстаўнікоў сямействаў архідных (*венерын чаравічак*, *чараўнік двухлісты*) ці лілейных (*лілеі кучаравая* і *тыгравая*, *рабчык* і інш.). Забараняецца нарыхтоўка тых відаў лекавых траў, папуляцыі якіх ужо аслаблены інтэнсіўнай эксплуатацыяй. Забараняецца паляванне на рэдкія віды птушак (*жураўлёў*, *лебедзяў*, *чап-ляў* і інш.) і млекакормячых (*казуль*).



Мал. 125. Чырвоная кніга Рэспублікі Беларусь





Абмежаваны ці забаронены адлоў пэўных відаў рыб (*сцёрлядзі, асят-ра, стронгі* і інш.) і рэдкіх відаў матлёў і жукоў.

Поспехі аховы флоры і фауны на папуляцыйна-відавым узроўні залежаць ад многіх фактараў. Вы ўжо ведаеце, што прычынай аслаблення і нават знішчэння папуляцый могуць быць празмерная здабыча, разбурэнне месцажыхарстваў, усяленне новых відаў канкурэнтаў, якія выцясняюць ахоўныя віды, забруджванне і г. д.

Па гэтай прычыне ахова папуляцый асобных відаў у экасістэмах, якія эксплуатаюцца чалавекам, часта бывае малаэфектыўнай. У такіх выпадках выкарыстоўваюцца некаторыя спецыяльныя формы захавання відаў, што знаходзяцца пад пагрозай знікнення, напрыклад, іх развядзенне пад кантролем чалавека.

**Развядзенне відаў пад кантролем чалавека.** Жывёл разводзяць у запарках, расліны — у батанічных садах. У Швецыі, ФРГ, Аўстрыі, Францыі, напрыклад, пасля развядзення ў няволі ў лясныя былі выпушчаны рысі. Рыб, у тым ліку рэдкіх відаў, разводзяць у спецыялізаваных гаспадарках, малькоў выпускаюць у рэкі і азёры. Захаванню відаў садзейнічае і дзейнасць садоўдаў, кветкаводаў, акварыумістаў.

У некаторых краінах створаны «цэнтры рэабілітацыі» для аказання дапамогі раненым і хворым жывёлам. Пасля вылечвання большасць з іх ад-

пускаюць у прыроду, але некаторых даводзіцца пакідаць у сувязі з іх нездольнасцю жыць на волі.

**Ахова біялагічнай разнастайнасці на экасістэмным узроўні.** Поўнае захаванне біялагічнай разнастайнасці нават пры рацыянальным выкарыстанні немагчыма. На любой тэрыторыі, дзе гаспадарыць чалавек, не ўдаецца захаваць усе віды раслін, жывёл і мікраарганізмаў. Поўнае захаванне біялагічнай разнастайнасці ў экасістэме, якая выкарыстоўваецца чалавекам, таксама немагчыма, як стварэнне вечнага рухавіка.

Механізмы падтрымання экалагічнай раўнавагі ў экасістэмах вельмі складаныя і разнастайныя. Любы від звязаны з іншымі арганізмамі. Напрыклад, насякомаапыляемыя расліны не могуць размнажацца без насякомах-апыляльнікаў. Драпежныя птушкі і буйныя млекакормячыя не могуць існаваць без больш дробных млекакормячых, якія служаць ім ежай, і г. д. Каб захаваць папуляцыю буйнога драпежніка, трэба паклапаціцца пра папуляцыю яго ахвяры і ўмовах для іх нармальнага сумеснага жыцця. Таму ахова віду, што стаіць на вяршыні харчовай піраміды, у прыродзе перарастае ў ахову ўсёй экасістэмы, у якой ён пражывае. Ахова экасістэм — гэта самы надзейны спосаб захавання біялагічнай разнастайнасці.

Біялагічная разнастайнасць ва ўмовах узмацнення гаспадарчай і



тэхнагеннай дзейнасці чалавека залежыць ад ступені развіцця навукова абгрунтаванай і эфектыўнай сеткі ахоўных тэрыторый. Для захавання біразнастайнасці відаў неабходна захаваць разнастайнасць экасістэм. І наадварот, падтрыманне экасістэм у натуральным стане немагчыма без захавання іх відавой разнастайнасці.



**1.** Што называецца прыродакарыстаннем? **2.** Чым рацыянальнае прыродакарыстанне адрозніваецца ад нерацыянальнага? **3.** Што такое ахова прыроды? **4.** На што пераважна арыентавана прыродаахоўная дзейнасць? **5.** Якія шляхі захавання біразнастайнасці? **6\*.** Многія дзеянні па ахове жывёл могуць ажыццяўляць толькі спецыялісты. Але некаторыя пад сілу кожнаму з нас. Распрацуйце сістэму забаронных мер на розныя віды дзейнасці, якія пагражаюць разнастайнасці жывёл у вашай мясцовасці.

## 63. Ахоўныя прыродныя тэрыторыі

**Арганізацыя запаведных тэрыторый.** Найбольш дасканалай формай аховы дзікай прыроды з'яўляецца запаведны рэжым. Арганізацыя запаведных тэрыторый — гэта найбольш надзейны спосаб захавання тых відаў жывых арганізмаў, якім пагражае знікненне па віне чалавека. Тэрмін «запаведнік» паходзіць ад рускага слова «заповедь», г. зн. заповіт. Запаведнікі служаць для аховы якаснай разнастайнасці жыцця на Зямлі.



У 1913 г. у Швейцарыі адбылася Міжнародная канферэнцыя па праблеме аховы прыроды. На ёй упершыню была абгрунтавана неабходнасць арганізацыі ў розных прыродных зонах буйных запаведнікаў, у якіх ахоўваліся б асноўныя кампаненты біяценозу — жывёльны і раслінны свет. Выказвалі-

Біразнастайнасць забяспечвае нормальны кругаварот рэчываў, устойлівае функцыянаванне экасістэм. Калі чалавецтва зможа вырашыць гэтую важную экалагічную задачу, у будучым можна разлічваць на вытворчасць новых прадуктаў харчавання, лекавых сродкаў, сыравіны для прамысловасці і г. д.

ся ідэі аб міжнародным супрацоўніцтве ў прыродаахоўнай справе, бо прырода не ведае меж, яны штучна ўзведзены чалавекам.

Напрыклад, Амазонія раскінулася на тэрыторыі некалькіх дзяржаў паўднёва-амерыканскага кантынента. Разрозненыя намаганні гэтых краін па захаванні ўнікальнай экасістэмы трапічнага дажджавога лесу не прынеслі істотнай карысці. Велізарныя плошчы вільготных лясоў, размешчаных уздоўж ракі Амазонкі, знішчаюцца небыvalымі тэмпамі. Людзі выкарыстоўваюць вызваленыя тэрыторыі пад сельскагаспадарчыя ўгоддзі, будаўніцтва дарог. Праз некалькі дзесяцігоддзяў гэтыя лясы могуць знікнуць бяследна. А менавіта ж там (на 7 % сушы) сустракаюцца больш за палову ўсіх відаў раслін і жывёл планеты. Толькі сумесныя намаганні многіх краін па ахове лясоў у басейне Амазонкі могуць прынесці адчувальныя вынікі.

**Пад сістэмай асабліваахоўных прыродных тэрыторый (ААПТ) ра-**





зумеецца сукупнасць экалагічна ўзаемазвязаных прыродных аб'ектаў, якія выконваюць важнейшыя асяроддзе-, рэсурса- і інфармацыйна-ахоўныя функцыі. ААПТ прызначаны для захавання тыповых і унікальных прыродных ландшафтаў, разнастайнасці жывёльнага і расліннага свету, аб'ектаў прыроднай і культурнай спадчыны. Такія тэрыторыі выключаюцца з традыцыйнага гаспадарчага выкарыстання (высечка лесу, разворванне, асушэнне, арашэнне і да т. п.). У «Сусветнай стратэгіі аховы прыроды» (1978 г.) гаворыцца, што ў цяперашні час амаль кожны прыродны аб'ект — большасць відаў раслін і жывёл (ці іх асобныя папуляцыі ў розных частках арэалаў), біяцэнозаў, экасістэм і ландшафтаў маюць патрэбу ў той ці іншай ступені аховы. Аднак рэальна арганізаваць дзейсную ахову прыродных аб'ектаў сёння можна толькі для іх абмежаванай колькасці.

У свеце функцыянуюць разнастайныя віды запаведных аб'ектаў. Сярод іх найбольш вядомыя і шырока распаўсюджаныя запаведнікі (дзяржаўныя, міжнародныя, прыгранічныя, біясферныя), заказнікі, нацыянальныя і прыродныя паркі, запаведна-паляўнічыя гаспадаркі, участкі ўзнаўлення прамысловых жывёл, нераставыя вадаёмы і акваторыі, помнікі прыроды і інш. Спіс прыродных ахоўных тэрыторый пастаянна пашыраецца. У яго ўключаюцца рознага тыпу арэалы рэкрэацыйнага выкарыстання і традыцыйнага гаспадарання. Гэта, напрыклад, кіруемыя рэзерваты, рэзерваты рэсурсаў і інш. Акрамя таго, існуюць і чыста нацыянальныя формы ахоўных тэрыторый — культурныя, лесагаспадарчыя і да т. п. Кожная з ахоўных тэрыторый выконвае свае функцыі (мал. 126).

**Запаведнікі** — асабліваахоўныя тэрыторыі і акваторыі, цалкам выключаемыя з любой гаспадарчай дзейнасці



Мал. 126. Віды асабліваахоўных тэрыторый свету



дзеля захавання ў некранутым выглядзе прыродных комплексаў, а таксама аховы рэдкіх і тых, што знікаюць, відаў раслін і жывёл. Запаведнікі прызначаны для захавання ў натуральным стане тыповых ландшафтаў і экасістэм. Цяпер у свеце каля 2600 запаведнікаў. Яны займаюць плошчу 4 млн км<sup>2</sup> (каля 3 % сушы).

У Рэспубліцы Беларусь функцыянуюць два запаведнікі: **Бярэзінскі біясферны** і спецыяльна створаны для вывучэння наступстваў аварыі на Чарнобыльскай АЭС **Палескі радыяцыйна-экалагічны**.

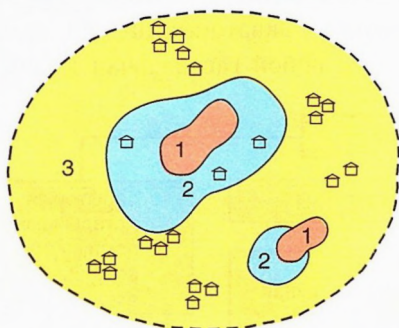
У 1970 г. на XVI сесіі Генеральнай канферэнцыі ЮНЕСКА была прынята міжнародная праграма «**Чалавек і біясфера**» («Man and Biosphere»). Праграма была зацверджана ў сувязі з тым, што ўздзеянне чалавека на навакольнае прыроднае асяроддзе ўсё больш і

больш узраслае. Яна была прызвана забяспечыць на аснове комплексу фундаментальных даследаванняў атрыманне даных, неабходных для рацыянальнага выкарыстання прыродных рэсурсаў і кіравання працэсамі, якія адбываюцца ў біясферы. У межах гэтай праграмы і была створана сетка ахоўных прыродных тэрыторый, названых біясфернымі запаведнікамі.

**\*Біясферныя запаведнікі** — гэта ахоўныя, найбольш характэрныя, эталонныя ўчасткі біясферы, створаныя ў розных геаграфічных зонах Зямлі. Лічыцца, што тэрыторыя біясфернага запаведніка практычна не зазнае ўздзеяння навакольных ландшафтаў, пераўтвораных чалавекам. Галоўная **мэта** стварэння біясферных запаведнікаў — захаванне ў натуральным выглядзе прыродных экасістэм, а таксама пастаянны і ўсебаковы кантроль за рознымі змяненнямі, якія адбываюцца ў біясферы (экалагічны маніторынг).

Асноўныя **задачы** біясферных запаведнікаў заключаюцца ў захаванні разнастайнасці і цэласнасці згуртаванняў раслін і жывёл у межах прыродных экасістэм, у правядзенні доўгатэрміновых навуковых даследаванняў у змененых і набліжаных да натуральных умоў экасістэмах.

Усе біясферныя запаведнікі свету праектуюцца па адзінай прынцыповай схеме. Яна звычайна ўключае тры зоны (мал. 127).



Мал. 127. Зоны біясфернага запаведніка (схема): 1 — ядро (ахова прыроды і маніторынг); 2 — буферная зона (навуковыя даследаванні, адукацыя, турызм); 3 — пераходная зона (супрацоўніцтва з мясцовым насельніцтвам, традыцыйнае землекарыстанне)



У цэнтры знаходзіцца **ядро** запаведніка, у якім ахоўваецца біялагічная разнастайнасць жывёл і раслін. Гэта абсалютна запаведная тэрыторыя, дзе забаронены ўсе віды гаспадарчай дзейнасці. Любое ўмяшанне чалавека, акрамя правядзення навуковых даследаванняў, недапушчальнае.

Вакол ядра фарміруецца больш шырокая **буферная**, ці **навукова кіруемая**, зона. Тут часткова дазvolены тыя віды дзейнасці, якія сумяшчальныя з падтрымкай устойлівасці прыродных экасістэм. Вядзецца назіранне за структурай і функцыянаваннем экасістэмы, калі яна зазнае розныя віды антрапагеннага ўздзеяння і выкарыстання. Часцей за ўсё зона супадае з межамі запаведніка.

За буфернай ідзе **ахоўная**, ці **пераходная**, зона, прызначаная для зніжэння негатыўнага ўплыву прылеглых гаспадарчых тэрыторый на прыродныя комплексы запаведніка. Рэжым вядзення гаспадаркі ў буфернай зоне ўзгадняецца з адміністрацыяй запаведніка.

Першыя біясферныя запаведнікі былі арганізаваны ў другой палове 70-х гг. мінулага стагоддзя. Да 1984 г. іх колькасць у 58 краінах свету складала 226, да 1985 г. — 243 (60 краін), а да 1995 г. — 325 (82 краіны).\*



**Бярэзінскі біясферны запаведнік** (мал. 128) — гэта комплекс хвойных лясоў, якія чаргуюцца з верхавымі і нізіннымі балотамі і поймамі рэк (іх у запаведніку 69). Плошча запаведніка 82 тыс. га км<sup>2</sup>. Ён



Мал. 128. Бярэзінскі біясферны запаведнік

быў створаны ў 1925 г. у мэтах аховы і размнажэння баброў. На тэрыторыі запаведніка вылучана 6 зон: абсалютна запаведная (42,7 % тэрыторыі), буферная, эксперыментальна-гаспадарчая, экскурсійная, ахоўная (шырынёй 2 км) і гідралагічная (шырынёй 5 км). У Бярэзінскім біясферным запаведніку, які мае сусветнае значэнне, жывуць 56 відаў птушак і 37 відаў раслін, занесеных у Чырвоную кнігу Рэспублікі Беларусь. Сёння агульная колькасць біялагічных відаў у Бярэзінскім запаведніку перавышае больш чым 6 тыс.

**Заказнікі** — гэта ўчасткі прыроднай тэрыторыі, дзе часова ці пастаянна забаронены асобныя формы гаспадарчай дзейнасці чалавека. Яны ўяўляюць цікавасць у навуковых, пазнавальна-выхаваўчых і культурных адносінах. Арганізацыя заказнікаў — гэта форма аховы прыродных комплексаў. У заказніках усталёўваецца частковы рэжым аховы і дапускаецца дзейнасць чалавека.





ка, якая не прыносіць шкоды аб'ектам аховы. Тут ахоўваюцца асобныя кампаненты прыродных экасістэм, многія віды жывых арганізмаў, каштоўныя аб'екты прыроды ці жывапісныя тыпы ландшафтаў. Звычайна заказнікі арганізуюцца для павелічэння колькасці дзікіх жывёл у прыродных умовах і для аднаўлення рэсурсаў каштоўных раслін — лекавых, эфіраалейных, дэкаратыўных і інш. Заказнікі выконваюць чыста рэсурсныя функцыі.

Паводле свайго прызначэння заказнікі дзяляцца на *комплексныя, батанічныя, заалагічныя, гідралагічныя, геалагічныя, азёрныя, ландшафтныя, паляўнічыя, мемарыяльныя* і інш. У Рэспубліцы Беларусь на 1 студзеня 2006 г. было зарэгістравана 99 заказнікаў рэспубліканскага значэння і 428 — мясцовага.

У многіх краінах свету існуюць ахоўныя тэрыторыі, якія паводле свайго прызначэння і рэжыму аховы блізкія да заказнікаў, — **рэзерваты**. Шмат рэзерватаў у Англіі, Германіі, ЗША, Швецыі. У рэзерватах Аўстраліі ахоўваюцца рэдкія сумчатыя млекакормячыя. Беларускі ландшафтны заказнік «Прыбугскае Палессе» ўключаны ў спіс Сусветнага аб'яднання біясферных рэзерватаў, якія знаходзяцца пад аховай ЮНЕСКА.

**Нацыянальныя паркі** — вялікія участкі тэрыторыі, якія ўключаюць ахоўныя прыродныя ландшафты.

Задачы нацыянальных паркаў не-

калькі адрозніваюцца ад задач запаведнікаў і заказнікаў. У запаведніках галоўнае — захаванне разнастайнасці відаў і ўсёй экасістэмы, а ў нацыянальных парках — стварэнне ўмоў для арганізаванага адпачынку людзей на ўлонні добра захаванай прыроды.

У нацыянальных парках могуць быць зоны з поўнай ізаляцыяй ад наведванняў (яны, па сутнасці, запаведнікі) і зоны, дзе дазvolены наведванні турыстаў. У частцы парку, які наведваецца, пракладаюць спецыяльныя сцежкі і дарогі для перамяшчэння турыстаў, адводзяць месцы для стаянак. Там будуць гасцініцы, дамы для летніх начлегаў (прытулкі), ствараюць гульнявыя пляцоўкі і да т. п. Пры правільнай арганізацыі турысты, атрымліваючы карысць ад адносін з прыродай і ўмацоўваючы здароўе, не наносяць экасістэме шкоды. Хадзіць не па сцежках, тым больш раскладваць агонь у нацыянальных парках забараняецца. Аднак (у дапушчальных межах і па ліцэнзіі) можа быць дазvolены збор грыбоў, ягад, лоўля рыбы, паляванне.

У Рэспубліцы Беларусь 4 нацыянальныя паркі: Белавежская пушча, Браслаўскія азёры, Нарачанскі і Прыпяцкі.

Рэжым аховы ў нацыянальных парках больш мяккі, чым у запаведніках. Уся інфраструктура нацыянальных паркаў падпарадкавана стварэнню максімальна спрыяльных умоў для адпачынку людзей. Участкі парку, пры-



значаныя для адпачынку, размяшчаюцца на менш каштоўных і больш устойлівых да антрапагенных нагурузак землях. Запаведная ж частка парку з'яўляецца рэзерватам прыроды, доступ у яе дазваляецца толькі ў навуковых і пазнавальных мэтах.



Першы ў свеце Йелаўстонскі нацыянальны парк быў створаны ў ЗША ў 1872 г. Ён размяшчаецца ў зоне хвойных лясоў і займае плошчу ў 898 тыс. га. На яго тэрыторыі знаходзіцца каля 3000 гейзераў і гарачых крыніц. Ідэю стварэння нацыянальных паркаў падхапілі Мексіка (нацыянальныя паркі Дзезірта дэ Лос Леонэ — 1876 г., Эль Чыка — 1898 г.) і Канада (нацыянальныя паркі Глейшэрскі — 1886 г., Банфскі — 1887 г.). У Еўропе першыя нацыянальныя паркі былі арганізаваны ў Швецыі ў 1909 г. (Сарек, Стора Сейфалет і Пелекайсе).

**Рамсарскія ўгоддзі** — гэта яшчэ адзін від асабліваахоўных тэрыторый. Яны маюць міжнароднае значэнне галоўным чынам у якасці месцапражывання вадаплаўных птушак.

Канвенцыя аб гэтых угоддзях была прынята ў 1971 г. у г. Рамсар (Іран). Цяпер да Рамсарскага пагаднення далучыліся 150 краін (Рэспубліка Беларусь — у 1999 г.). Усяго ў Беларусі статус Рамсарскага ўгоддзя пры-

своены васьмі запаведным мясцінам (заказнікі «Спораўскі», «Сярэдняя Прыпяць», «Альманскія балоты», «Ельня», «Званец», «Асвейскі», «Котра», «Прастрыр»).

**Помнікі прыроды** — гэта прыродныя выдатныя мясціны, якія маюць навуковае, гістарычнае ці культурна-эстэтычнае значэнне, а таксама аб'екты прыроды, звязаныя з якімі-небудзь гістарычнымі падзеямі ці асобамі. Звычайна гэта ахоўныя тэрыторыі невялікага памеру. Помнікамі прыроды з'яўляюцца гістарычныя каштоўныя ці векавыя дрэвы, вадаспады, пячоры, геалагічныя агаленні, ледавіковыя валуны, вадаёмы, мясціны гістарычных падзей, старадаўнія прысады, паркі і да т. п.

Акрамя названых катэгорый ахоўных прыродных тэрыторый, вылучаюцца таксама ландшафтныя і дэндралагічныя паркі, батанічныя сады. Органы мясцовага самакіравання могуць вызначаць і іншыя катэгорыі ахоўных тэрыторый — зялёныя зоны вакол гарадоў і санітарна-курортных комплексаў, гарадскія лясы, паркі, помнікі садова-паркавага мастацтва і інш. Не павінны высакацца лясныя масівы ля вытокаў і па берагах вадаёмаў, г. зн. водаахоўныя лясы.



**1.** Якія формы асабліваахоўных тэрыторый функцыянуюць у свеце? Якія функцыі яны выконваюць? **2.** Чым адрозніваецца запаведнік ад нацыянальнага парку? **3\*.** Што такое біясферны запаведнік? **4\*.** Як заніруецца тэрыторыя біясфернага запаведніка? **5\*.** Чаму неабходна міжнароднае супрацоўніцтва ў справе аховы прыроды? **6.** Якія ахоўныя тэрыторыі знаходзяцца ў вашай мясцовасці?



## \*64. Маніторынг стану навакольнага асяроддзя

**Паняцце аб маніторынгу.** Пад уплывам дзейнасці чалавека ў біясферы дастаткова хутка і ў шырокіх маштабах адбываюцца рознага роду змяненні. Гэта патрабуе ўсебаковага і пастаяннага аналізу стану навакольнага асяроддзя. Для гэтага неабходны звесткі пра магчымыя адхіленні, напрыклад, у біяпрадукцыйнасці пра магчымыя кліматычныя змяненні. Таму і вядуцца рэгулярныя назіранні за станам біясферы і яе рэакцыямі на антрапагенныя ўздзеянні. Толькі на падставе дакладных колькасных даных можна прымаць рашэнні аб правядзенні неабходных мерапрыемстваў, якія будуць прадухіляць пагаршэнне стану навакольнага асяроддзя.

**Комплексная сістэма доўгатэрміновых назіранняў з мэтай ацэнкі і прагнозу змяненняў стану біясферы ці яе асобных кампанентаў пад уплывам антрапагенных уздзеянняў называецца маніторынгам.** Тэрмін «маніторынг» (англ. *monitoring* ад лац. *monitor* — які назірае, назіранне) з'явіўся ў сувязі з правядзеннем Стасгольмскай канферэнцыі ААН па навакольным асяроддзі (1972 г.).

Створаная ў 1973 г. Праграма ААН па навакольным асяроддзі (ЮНЕП) прадугледжвала арганізацыю і каардынацыю даследаванняў па ахове навакольнага асяроддзя, у тым ліку ства-

рэнне сусветнай сістэмы станцый назірання (маніторынгу) за яе станам.

**Мэты і задачы маніторынгу.**

На першай міжурадавай нарадзе па маніторынгу (Кенія, 1974 г.), скліканай Саветам ЮНЕП, былі вызначаны асноўныя мэты і задачы глабальнай сістэмы маніторынгу навакольнага асяроддзя (мал. 129).

Асноўная мэта маніторынгу — максімальна ранняе папярэджанне непажаданых вынікаў антрапагеннага ўздзеяння.

Пры правядзенні маніторынгу неабходна не толькі назіраць за змяненнямі ў біясферы, але і навучыцца прадбачыць, прагназаваць непажаданыя наступствы ўмяшання чалавека ва ўсталяваную прыродную раўнавагу.

Маніторынг ахоплівае назіранні за крыніцамі і фактарамі антрапагенных уздзеянняў — хімічнымі, фізічнымі і біялагічнымі ўздзеяннямі на навакольнае асяроддзе, а таксама за рэакцыяй біялагічных сістэм на гэтыя ўздзеянні. Назіранне і кантроль за станам і змяненнем прыродных экасістэм маюць сваёй перадумовай наяўнасць шырока разгалінаванай сеткі аб'ектаў назіранняў, якія прадстаўляюць розныя кампаненты гэтых экасістэм.

Вылучаюць некалькі этапаў арганізацыі маніторынгу навакольнага асяроддзя. Першы этап — інвентарызацыя прыродных аб'ектаў, другі — вы-



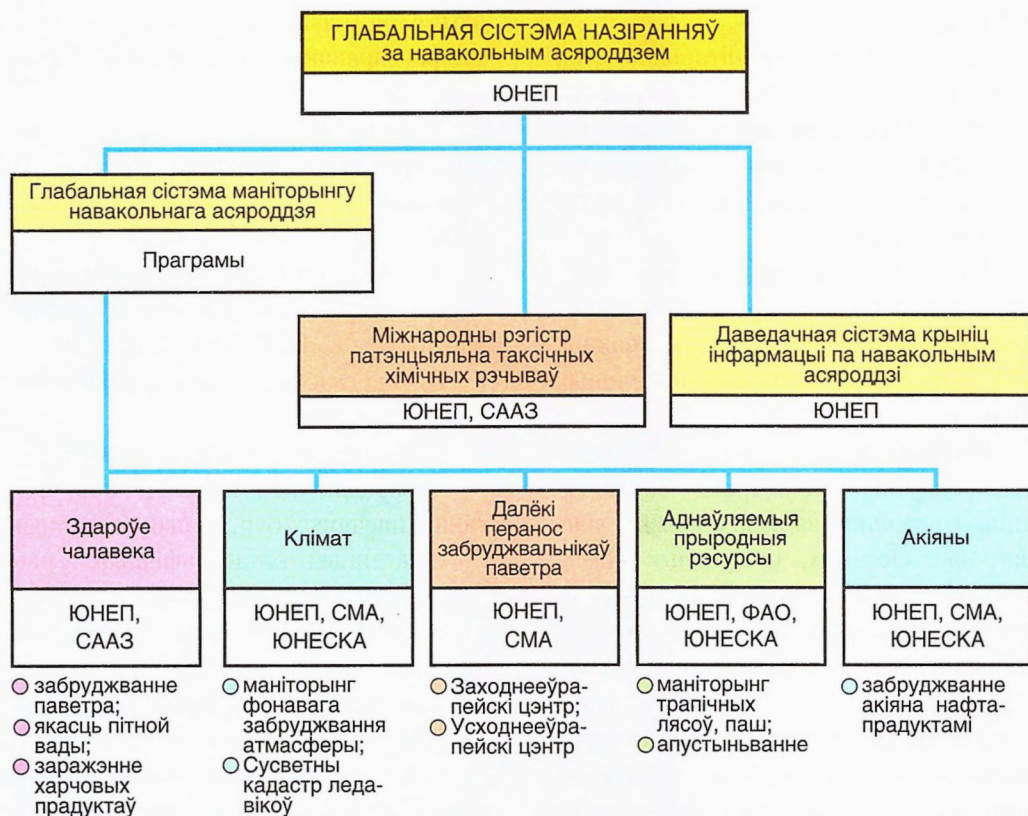


бар аб'ектаў маніторынгу, трэці — арганізацыя рэгулярных назіранняў, чацвёрты — сістэматызацыя і аналіз атрыманай інфармацыі.

**Тыпы маніторынгу.** У залежнасці ад узроўню, на якім праводзяцца даследаванні, адрозніваюць маніторынг лакальны, рэгіянальны і глабальны.

**Лакальны (біякалагічны, санітарна-гігіенічны, санітарна-таксікалагічны)** маніторынг ажыццяўляе кантроль за:

- станам навакольнага асяроддзя;
- ступенню забруджвання прыродных аб'ектаў шкоднымі рэчывамі;
- уздзеяннем гэтых забруджвальнікаў на чалавека і жывыя арганізмы (сукупнасць флоры, фауны і мікраарганізмаў);
- наяўнасцю ў навакольным асяроддзі алергенаў, патагенных арганізмаў, пылу;
- колькасцю ў атмасферы аксідаў азоту і серы, цяжкіх металаў;



Мал. 129. Глобальная сістэма назіранняў (маніторынгу) за навакольным асяроддзем



• якасцю вадаёмаў, ступенню іх забруджвання і г. д.

Аб'ектамі маніторынгу з'яўляюцца: прыземныя слаі атмасферы, паверхневыя і грунたвыя воды, глебы, прамысловыя і бытавыя сцёкі і выкіды, радыеактыўныя выпраменьванні і адходы.

Лакальны маніторынг ажыццяўляюць розныя службы: *гідраметэаралагічная* (метэастанцыі, гідрапасты, абсерваторыі), *санітарна-гігіенічная* і *эпідэміялагічная* (санэпідэмастанцыі) і інш.

Пры лакальным маніторынгу стан навакольнага асяроддзя ацэньваецца з пункту гледжання здароўя чалавека, што служыць самым важным, ёмкім і комплексным паказчыкам стану навакольнага асяроддзя.

Лакальны маніторынг дае экспрэс-інфармацыю пра стан навакольнага асяроддзя і вельмі важны для ўсіх раёнаў, гарадоў, населеных пунктаў.

**Рэгіянальны** (прыродагаспадарчы, геаэкалагічны) маніторынг заключаецца ў назіранні за змяненнямі ў экалагічных сістэмах, прыродных комплексах, у назіранні за іх прадукцыйнасцю, дынамікай запасаў карысных выкапняў, водных, зямельных і раслінных рэсурсаў. Рэгіянальны маніторынг ажыццяўляюць гідраметэаралагічная служба, сельскагаспадарчыя вопытныя станцыі, гідрамеліярацыйныя станцыі і інш.

**Глабальны (біясферны)** маніторынг ажыццяўляе кантроль за станам навакольнага асяроддзя ў глабальным маштабе, назіранне за змяненнямі ў прыродзе, прагноз магчымых змяненняў біясферы і ўсёй геаграфічнай абалонкі Зямлі ў выніку гаспадарчай дзейнасці чалавека.

Аб'ектамі глабальнага маніторынгу з'яўляюцца:

- 1) радыяцыйны баланс планеты;
  - 2) празрыстасць атмасферы і яе антрапагеннае змяненне, стан азоновага слоя, развіццё парніковага эфекту, фарміраванне і выпадзенне кіслотных ападкаў;
  - 3) сусветны водны баланс і забруджванне Сусветнага акіяна (у тым ліку выпадкі аварый на морах і акіянах);
  - 4) буйнамаштабныя змяненні ў біягеахімічных цыклах элементаў і рэчываў ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ , N, P, S,  $\text{H}_2\text{O}$  і інш.);
  - 5) энергаабмен геаграфічнай абалонкі з космасам;
  - 6) змяненне клімату на планеце;
  - 7) зараджэнне і перамяшчэнне ўраганаў, пясчаных бур, іншыя стыхійныя і тэхнагенныя катастрофічныя з'явы глабальнага маштабу;
  - 8) сусветная міграцыя птушак, насякомых і іншых жывёл.
- У мэтах правядзення маніторынгу па ўсім свеце ствараецца сетка біясферных запаведнікаў. Разнастайныя даныя, атрыманыя там, апрацоўваюцца і паступаюць у цэнтры маніторын-





гу, дзе праводзіцца іх усебаковы аналіз і робяцца прагнозы.

Паводле метадаў вядзення адрозніваюць маніторынг дыстанцыйны і наземны. *Дыстанцыйны* маніторынг — гэта сукупнасць авіяцыйных і касмічных метадаў назірання. Пачынаючы з 60-х гг. мінулага стагоддзя велізарную ролю ў арганізацыі глабальнага маніторынгу іграюць метады касмічнай здымкі.

Дыстанцыйнае зандзіраванне Зямлі ўключае ўсе працы, звязаныя з даследаваннем стану навакольнага асяроддзя з космасу. Асабліва эфектыўныя касмічныя даследаванні, якія спалучаюцца з аэравізуальнымі метадамі і наземнымі назіраннямі. Дыстанцыйнае зандзіраванне Зямлі праводзіцца са

штучных спадарожнікаў, пілатуемых касмічных караблёў, арбітальных станцый. Касмічныя метады шырока выкарыстоўваюцца пры правядзенні экалагічных даследаванняў у Расіі, ЗША, Францыі і іншых краінах свету.

*Наземны* маніторынг ажыццяўляецца фізіка-хімічнымі і біялагічнымі метадамі. Даследуюцца ўсе кампаненты прыроднага асяроддзя (атмасфернае паветра, нетры, глеба, паверхневыя і падземныя воды, расліннасць, жывёльны свет, наземныя і водныя экасістэмы цалкам), на якія распаўсюджваецца антрапагеннае ўздзеянне.

Для глабальнага маніторынгу сёння ўсё часцей прымяняецца камп'ютэрнае мадэліраванне.



**1.** Што такое маніторынг? **2.** Ці ўваходзіць у задачу маніторынгу рэгуляванне стану навакольнага асяроддзя? **3.** Якія метады выкарыстоўваюцца пры правядзенні маніторынгу? **4.** Назавіце асноўныя віды маніторынгу і дайце ім кароткую характарыстыку. **5.** Раскажыце аб прымяненні касмічных здымак для маніторынгавых даследаванняў.\*

## \*65. Біяіндыкацыя

*Паняцце аб біяіндыкацыі.* Ва ўмовах глабальнага забруджвання навакольнага асяроддзя перад вучонымі паўстала задача своечасовай і хуткай ацэнкі змяненняў, якія адбываюцца ў прыродзе. Адным са спосабаў вырашэння гэтай праблемы з'яўляецца прымяненне такога метаду маніторынгавых даследаванняў пры-

родных экасістэм, як біялагічная індывідуальнасць.

**Біяіндыкацыя** — метад вызначэння стану і ступені забруджанасці (у тым ліку антрапагеннага) розных экасістэм з дапамогай жывых арганізмаў (**біяіндыкатараў**). У якасці біяіндыкатараў выкарыстоўваюцца бактэрыі, грыбы, водарасці, лішайнікі, імхі



(мал. 130), некаторыя хвойныя расліны і жывёлы (часцей беспазваночныя).

Рэакцыя жывёл, раслін, грыбоў і іншых арганізмаў на ўздзеянне антрапагенных фактараў не адзначаная. Напрыклад, многія расліны моцна церпяць ад высокіх канцэнтрацый некаторых забруджвальнікаў і ў выніку, асабліва пры іх доўгім уздзеянні, гінуць. У той жа час некаторыя віды лішайнікаў, імхоў здольны вытрымліваць працяглае ўздзеянне забруджвальнікаў, захоўваючы пры гэтым сваю жыццёвую структуру і назапашваючы ў арганізме значную колькасць забруджвальных рэчываў. Колькасць і склад забруджвальных рэчываў затым вызначаюцца ў лабараторных умовах і на аснове атрыманых даных робяцца вывады.

У аснову біяіндыкацыі пакладзена здольнасць арганізмаў назапашваць у тканках і органах забруджвальныя рэчывы ці іх вытворныя, а таксама змяняць свой хімічны састаў і фізіялагічныя асаблівасці на ўзроўні папуляцыі.

Выкарыстанне біяіндыкацыі ў якасці сігнальнай інфармацыі мае мноства пераваг: гэта высокая адчувальнасць жывых арганізмаў да змяненняў стану вады, паветра і глебы, інтэгральны характар даных і магчымасць аналізаваць розныя ўзоры ў адной лабараторыі па адзінай схеме.

**Біяіндыкацыя забруджвання паветра па стане шыпулек сасны.** Ступень чысціні паветра можна

вызначыць, напрыклад, па стане шыпулек сасны.

У незабруджаных лясных экасістэмах асноўная маса шыпулек сасны здаровая, не мае пашкоджанняў. Толькі невялікая частка шыпулек мае светла-зялёныя плямы і некратычныя (адмерлыя) кропкі мікраскапічных памераў, раўнамерна рассяяныя па ўсёй паверхні. Пры хранічным забруджванні аксідам серы (IV) назіраюцца больш сур'ёзныя пашкоджанні (чорныя і жоўтыя плямы) і нават ападанне шыпулек. Зніжаецца сярэдняя працягласць жыцця шыпулек (з'яўляюцца шыпулькі з усыханнем). У зоне тэхнагеннага забруджвання адзначаецца зніжэнне масы шыпулек на 30—60 % у параўнанні з кантрольнымі (чыстымі) участкамi.

**Ліхенаіндыкацыя.** Адным з прыкладаў біяіндыкацыі з'яўляецца ліхенаіндыкацыя — вызначэнне стану і ступені забруджвання прыроднага асяроддзя з дапамогай лішайнікаў (грэч. *leichen* — лішайнік).

Вядома, што лішайнікі асабліва чуйна рэагуюць на забруджванне атмасферы таксічнымі рэчывамі. Лішайнікі растуць на розных субстратах, у розных месцапражываннях. Таму яны з'яўляюцца аднымі з самых надзейных і даступных індикатараў стану паветра. Лішайнікі сваімі слявішчамі актыўна паглынаюць атмасферныя ападкі і шкодныя рэчывы, якія знаходзяцца ў паветры. Па колькасці шкодных рэ-



чываў, якія змяшчаюцца ў лішайніках, можна меркаваць пра ступень забруджанасці тэрыторыі. Лішайнікі хутка гінуць у буйных гарадах, а таксама паблізу заводаў і фабрык.

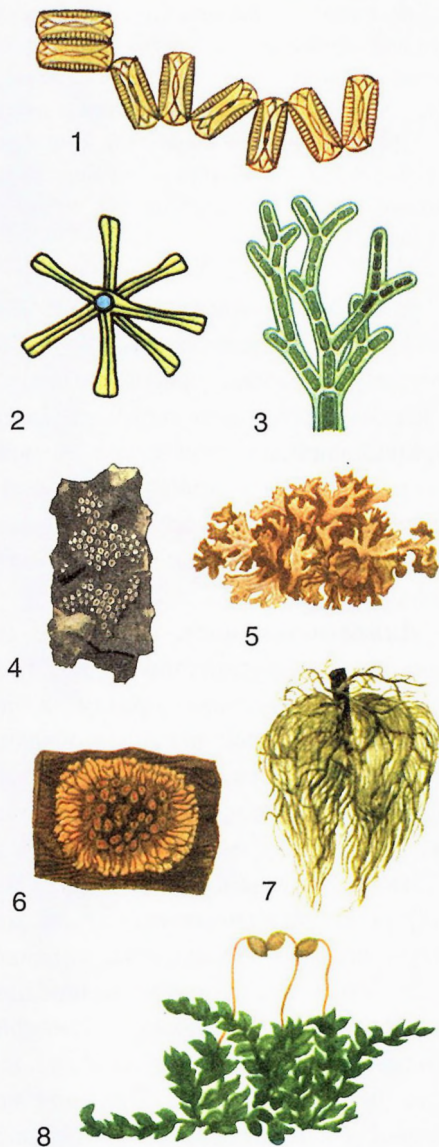
Выкарыстанне лішайнікаў дае станючыя вынікі пры біялагічнай індыкацыі  $\text{SO}_2$ , злучэнняў фтору, цяжкіх металаў і іншых забруджвальнікаў у атмасферы. Лішайнікі даюць магчымасць назіраць за дынамікай забруджвання на працягу 20—25 гадоў. Хоць лішайнікі не могуць замяніць дарагую вымяральную апаратуру, яны дапаўняюць даныя, атрыманыя фізіка-хімічнымі метадамі.



Вывучэнне лішайнікаў у буйных гарадах свету (Парыжы, Мюнхене, Цюрыху, Хельсінкі, Лондане, Нью-Йорку і інш.) выявіла шэраг агульных заканамернасцей. Чым болей індустрыялізаваны горад, чым болей забруджана ў ім паветра, тым меней відаў лішайнікаў сустракаецца ў яго межах, тым меншую плошчу пакрываюць лішайнікі на ствалах дрэў і іншых субстратах, тым ніжэй іх жыццяздольнасць.

Кожнаму ўзроўню забруджвання паветранага асяроддзя адпавядае свой набор відаў лішайнікаў. Відавы склад лішайнікаў у розных частках горада (у цэнтры, індустрыяльных раёнах, парках, перыферыйных зонах) настолькі розны, што даследчыкі вылучаюць у межах горадоў так званыя зоны лішайнікаў. Зона нармальнай жыццяздзейнасці характарызуецца максімальнай відавой разнастайнасцю, у тым ліку наяўнасцю кусцістых форм. Зона нармальнай жыццяздзейнасці характэрна для перыферыйных і прыгарадных раёнаў (колькасць  $\text{SO}_2$  у паветры менш за  $0,05 \text{ мг/м}^3$ ).

У зоне прыгнятання відавы склад лішайнікаў бедны. Ён прадстаўлены пераваж-



Мал. 130. Біяіндыкаторы: водарасці (1 — табелярыя; 2 — астэрыянепа; 3 — кладафора); лішайнікі (4 — леканора; 5 — цэтарарыя; 6 — ксанторыя; 7 — вуснея); 8 — мох мніум



на фісцыямі, леканорамі, ксанторыямі. Гэта зона характэрна для раёнаў горада з сярэдняй забруджанасцю паветра (колькасць  $\text{SO}_2$  0,05—0,2 мг/м<sup>3</sup>). «Лішайнікавая пустыня» практычна не мае лішайнікаў. Гэта цэнтр і прамысловыя раёны горада з моцна забруджаным паветрам (колькасць  $\text{SO}_2$  вышэй за 0,3 мг/м<sup>3</sup>).

**Брыяіндыкацыя.** У якасці біяіндыкатараў можна таксама выкарыстоўваць шырока распаўсюджаныя ў нашых лясах віды *зёлёных імхоў* (брыяіндыкацыя, грэч. *bryon* — мох). Іх прымяняюць у краінах Заходняй і Паўночнай Еўропы для маніторынгу змяшчэння ў паветры і глебе солей цяжкіх металаў.

**Альгаіндыкацыя.** У якасці індыкатараў забруджвання вады і глеб арганічнымі рэчывамі разам з іншымі арганізмамі выкарыстоўваюцца водарасці (*альгаіндыкацыя*, лац. *alga* — водарасць). Перавага ў пробах вады *хларэлы*, *палітомы*, *хламідаманад* прымеркавана да месцаў скіду арганічных сцэкаў, да месцаў «гніення». Наадварот, перавага ў планктоне дыятомавых водарасцей (*табелярыі*, *дыятомы*, *сінедры*, *астэрыянэлы* і інш.), а таксама наяўнасць у бентасе самай буйной водарасці — *кладафоры* — паказвае на ўмеранае, амаль натуральнае забруджванне вадаёма.

**Біяіндыкацыя якасці асяроддзя па жывёльным насельніцтве.** Аб'ектамі маніторынгу часта з'яўля-

юцца насякомыя, паколькі яны хутка рэагуюць на ўздзеянні чалавека, жывуць паўсюдна і даступныя для колькаснага ўліку. Напрыклад, было ўстаноўлена, што ў раёне залатарудных радовішчаў павялічваецца колькасць золата ў *хрушчоў*.

Вядомы выпадкі, калі пад уплывам забруджвання асяроддзя змяняўся колер насякомых, напрыклад *божых каровак*. Выказана гіпотэза, што пацямненне божых каровак у некаторых прамысловых цэнтрах — рэакцыя на пагаршэнне асветленасці ў выніку забруджвання атмасферы.

Стан вялікай тэрыторыі можна ахарактарызаваць з дапамогай аналізу мёду *пчол*. Амерыканскія даследчыкі паказалі, што ў пробах мёду выяўляецца да 47 розных металаў і іншых хімічных элементаў. Пчолы вынослівыя ў адносінах да ўздзеяння многіх хімічных прэпаратаў, таму меданосных пчол можна эфектыўна выкарыстоўваць у якасці індыкатараў забруджвання навакольнага асяроддзя.



Першыя вопыты па выкарыстанні меданосных пчол для біялагічнага маніторынгу былі праведзены ў 1974 г. у штаце Мантана, дзе вывучалі ступень шкоды, нанесенай прыродзе выкідамі ЦЭЦ, якая працавала на каменным вугалі. Інтэнсіўнае вывучэнне магчымасці выкарыстання меданосных пчол для біялагічнага маніторынгу пачалося ў 1981 г. Радзус збору нектару пчоламі, як правіла, складае 1,5 км (часам да 6 км) ад вуля, таму пчаліны мёд з'яўляецца дакладным інды-





катарам стану навакольнага асяроддзя ў дадзенай мясцовасці. Атрыманыя дадзеныя паказалі, што колькасць забруджвальнікаў у ме́дзе прама прапарцыянальна звязана з іх колькасцю ў навакольным асяроддзі.

У якасці біялагічнага тэста чысціні вады могуць выкарыстоўвацца акварыумныя «залатыя рыбкі». Іх змяшчаюць у спецыяльны акварыум з рачной вадой. Калі вада забруджана, яны пачынаюць мітусяцца, біцца аб сценкі, часам гінуць.

*Дафніі* — тэст-аб'ект, які найбольш часта выкарыстоўваецца для ўстанаўлення таксічнасці вады. Метад дае магчымасць вызначыць таксічнасць сцёкавых і прыродных вод. Кры-

тэрыем высокай таксічнасці з'яўляецца гібель 50 і болей працэнтаў дафній у вадзе, што аналізуецца, у параўнанні з кантрольным узорам на працягу 24, 48 ці 96 гадзін.

Добрымі біяіндыкатарамі ўтрымання некаторых цяжкіх металаў могуць служыць *дажджавыя чэрві*. Гэтыя жывёлы здольныя акумуляваць у сваіх тканках цынк, медзь, свінец і асабліва кадмій.

Такім чынам, выкарыстанне розных відаў жывых арганізмаў у якасці біяіндыкатараў забруджвання навакольнага асяроддзя дазваляе праводзіць апэратыўную верагодную ацэнку змяненняў яе якасці.



**1.** Што ўяўляе сабой біяіндыкацыя? **2.** Якія прыродныя біялагічныя індыхатары якасці асяроддзя вы ведаеце? **3.** Што такое ліхенаіндыкацыя? брыяіндыкацыя? альгаіндыкацыя?\*



|                 |   |
|-----------------|---|
| Ад аўтараў..... | 3 |
|-----------------|---|

## Раздзел 1 БІЯСФЕРА — ЖЫВАЯ АБАЛОНКА ПЛАНЕТЫ

|                                               |    |
|-----------------------------------------------|----|
| 1. Біясфера і яе межы .....                   | 6  |
| *2. Біясфера і космас .....                   | 10 |
| 3. Жывое рэчыва біясферы .....                | 14 |
| 4. Рэчыва і яго перамяшчэнне ў біясферы ..... | 18 |
| *5. Уласцівасці жывога рэчыва .....           | 22 |
| 6. Біягеахімічныя функцыі жывога рэчыва ..... | 24 |
| 7. Кругаварот рэчываў у біясферы .....        | 28 |
| *8. Эвалюцыя і стабільнасць біясферы .....    | 33 |

## Раздзел 2 ЭКАСІСТЭМА — АСНОЎНАЯ СТРУКТУРНАЯ АДЗІНКА БІЯСФЕРЫ

|                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 9. Біяцэноз і біятоп — узаемазвязаныя элементы экасістэмы .....                           | 38 |
| 10. Відавая структура біяцэнозу .....                                                     | 42 |
| 11. Прасторавая структура біяцэнозу .....                                                 | 45 |
| 12. Экасістэма. Біягеацэноз. Структура экасістэмы. Устойлівасць экасістэм .....           | 49 |
| 13. Ланцугі і сеткі харчавання. Трафічныя ўзроўні. Экалагічныя піраміды .....             | 53 |
| 14. Прадукцыйнасць экасістэм .....                                                        | 60 |
| 15. Біятычныя сувязі арганізмаў у экасістэмах. Канкурэнцыя як від біятычных сувязей ..... | 62 |
| 16. Узаемадзеянне драпежнік — ахвяра .....                                                | 66 |
| 17. Сімбіёз як форма біятычных узаемаадносін .....                                        | 71 |
| *18. Дынаміка экасістэм .....                                                             | 74 |
| 19. Змена біяцэнозаў у часе. Экалагічныя сукцэсіі .....                                   | 78 |
| *20. Разнастайнасць экасістэм .....                                                       | 82 |
| 21. Аграэкасістэмы і іх асаблівасці .....                                                 | 88 |

## Раздзел 3 ВІД І ПАПУЛЯЦЫЯ

|                                                       |     |
|-------------------------------------------------------|-----|
| 22. Від. Прыкметы і крытэрыі віду .....               | 92  |
| 23. Папуляцыя — адзінка віду .....                    | 95  |
| 24. Структура папуляцый .....                         | 100 |
| 25. Дынаміка колькасці папуляцый і яе рэгуляцыя ..... | 104 |

## Раздзел 4 АРГАНІЗМ І АСЯРОДДЗЕ

|                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------|-----|
| 26. Асяроддзі жыцця. Воднае асяроддзе .....                       | 110 |
| 27. Наземна-паветранае і глебавае асяроддзі .....                 | 116 |
| 28. Жывыя арганізмы як асяроддзе жыцця .....                      | 121 |
| 29. Экалагічныя фактары .....                                     | 125 |
| 30. Заканамернасці ўздзеяння фактараў асяроддзя на арганізм ..... | 128 |





|                                              |     |
|----------------------------------------------|-----|
| 31. Святло і яго ўздзеянне на арганізм ..... | 133 |
| 32. Цяпло як экалагічны фактар .....         | 138 |
| 33. Вільготнасць як экалагічны фактар .....  | 142 |
| *34. Біялагічныя рытмы і фотаперыядызм ..... | 147 |

## Раздзел 5 ЧАЛАВЕК У НАВАКОЛЬНЫМ АСЯРОДДЗІ

|                                                                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 35. Здароўе чалавека як паказчык яго адаптацыі да навакольнага асяроддзя .....                            | 154 |
| 36. Рэакцыі арганізма чалавека на змяненне фактараў асяроддзя .....                                       | 158 |
| 37. Уплыў абіятычных фактараў на здароўе чалавека. Касмічныя і геафізічныя фактары .....                  | 160 |
| 38. Уплыў кліматычных і глебавых фактараў на здароўе чалавека .....                                       | 164 |
| 39. Ежа і здароўе .....                                                                                   | 169 |
| *40. Харчовыя дабаўкі .....                                                                               | 172 |
| 41. Уплыў біятычных фактараў на здароўе чалавека .....                                                    | 176 |
| 42. Уплыў антрапагенных фактараў на здароўе чалавека. Ядахімікаты. Мінеральныя ўгнаенні ...               | 180 |
| 43. Цяжкія металы. Моцнадзейныя атрутныя прамысловыя рэчывы .....                                         | 185 |
| 44. Шумавое забруджванне. Вібрацыя .....                                                                  | 189 |
| 45. Радыеактыўнае выпраменьванне і яго ўздзеянне на чалавека .....                                        | 193 |
| 46. Пранікненне радыенуклідаў у арганізм чалавека. Спосабы змяншэння паступлення радые-<br>нуклідаў ..... | 197 |
| 47. Зніжэнне дзеяння знешняга апраменьвання. Шляхі вывядзення радыенуклідаў з арганізма<br>чалавека ..... | 202 |

## Раздзел 6 ЧАЛАВЕК І БІЯСФЕРА

|                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------|-----|
| 48. Сучасны экалагічны крызіс, яго прычыны і тэндэнцыі .....       | 208 |
| *49. Узаемадзеянне чалавека і прыроды .....                        | 210 |
| 50. Дэмаграфічны выбух і праблемы харчовага забеспячэння .....     | 214 |
| *51. Прычыны імклівага росту насельніцтва .....                    | 218 |
| 52. Вычэрпванне прыродных рэсурсаў .....                           | 220 |
| 53. Вынішчэнне ляснаго покрыва. Скарачэнне біяразнастайнасці ..... | 225 |
| 54. Забруджванне навакольнага асяроддзя .....                      | 231 |
| *55. Сельскагаспадарчае забруджванне .....                         | 235 |
| 56. Азоны экран і прычыны яго разрушэння .....                     | 237 |
| 57. Глобальнае пацяпленне і парніковы эффект .....                 | 241 |
| 58. Праблема кіслотных дажджоў .....                               | 244 |
| *59. Адметныя рысы экалагічных адносін чалавека і прыроды .....    | 248 |
| 60. Пошукі альтэрнатыўных шляхоў развіцця чалавецтва .....         | 251 |
| 61. «Канцэпцыя ўстойлівага развіцця» .....                         | 254 |
| 62. Рацыянальнае прыродакарыстанне і ахова прыроды .....           | 257 |
| 63. Ахоўныя прыродныя тэрыторыі .....                              | 262 |
| *64. Маніторынг стану навакольнага асяроддзя .....                 | 268 |
| *65. Біяіндыкацыя .....                                            | 271 |

Вучэбнае выданне

**Камлюк Лілія Васільеўна**

**Лемязя Мікалай Аляксеевіч**

**Лісаў Мікалай Дзмітрыевіч**

## **БІЯЛОГІЯ**

Вучэбны дапаможнік для 10 класа  
ўстаноў, якія забяспечваюць атрыманне  
агульнай сярэдняй адукацыі,  
з беларускай мовай навучання  
(базавы і павышаны ўзроўні)

Заг. рэдакцыі *В. Г. Бехціна*. Рэдактар *Г. А. Бабаева*. Афармленне *А. С. Хацеева*. Мастацкі рэдактар *В. І. Казлоў*. Тэхнічны рэдактар *М. І. Чаплавоцкая*. Камп'ютэрная вёрстка *Г. А. Дудко, В. М. Халадзінская*. Карэктары *Д. Р. Лосік, В. С. Бабеня, Т. М. Вядзернікава, А. П. Аўдзей, В. С. Казіцкая*.

Падпісана ў друк 28.11.2006. Фармат  $70 \times 90^{1/16}$ . Папера для ВМВ. Гарнітура літаратурная. Афсетны друк. Умоўн. друк. арк. 20,48 + 0,29 форз. Умоўн. фарба-адбіт. 83,7. Ул.-выд. арк. 17,6 + 0,4 форз. Тыраж 3032 экз. Заказ 345.

Выдавецкае рэспубліканскае унітарнае прадпрыемства «Народная асвета» Міністэрства інфармацыі Рэспублікі Беларусь. ЛІ № 02330/0131732 ад 01.04.2004. 220004, Мінск, праспект Пераможцаў, 11.

Рэспубліканскае унітарнае прадпрыемства «Мінская фабрыка каляровага друку». 220024, Мінск, Каржанеўскага, 20.



**Камлюк, Л. В.**

К65 Біялогія : вучэб. дапам. для 10-га кл. устаноў, якія забяспечваюць атрыманне агул. сярэд. адукацыі, з беларус. мовай навучання з 12-гадовым тэрмінам навучання (базавы і павышаны ўзроўні) / Л. В. Камлюк, М. А. Лемяза, М. Дз. Лісаў ; пад рэд. Л. В. Камлюк ; пер. з рус. мовы Т. М. Кароткай. — Мінск : Нар. асвета, 2006. — с. 277 : іл.

ISBN 985-12-1601-1.

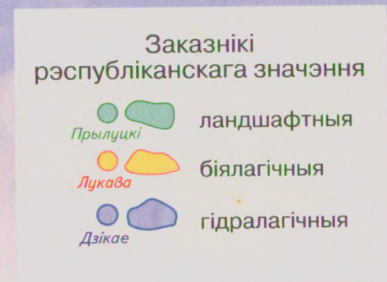
УДК 57(075.3=161.3)

ББК 28.0я721

(Назва і нумар школы)

| Навучальны год | Імя і прозвішча вучня | Стан вучэбнага дапаможніка пры атрыманні | Адзнака вучню за карыстанне вучэбным дапаможнікам |
|----------------|-----------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 20 /           |                       |                                          |                                                   |
| 20             |                       |                                          |                                                   |
| 20 /           |                       |                                          |                                                   |
| 20 /           |                       |                                          |                                                   |
| 20 /           |                       |                                          |                                                   |







34783

# БІАЛОГІЯ

# 10



«Народная асвета»

ISBN 985-12-1601-1



9 789851 216013



Л. В. Камлюк  
М. А. Лемязя  
М. Дз. Лисаў

БІСНІС

10  
2006