

## § 46. Экалагічныя піраміды. Правіла Ліндэмана

- **Успомніце**, якія тыпы ланцугоў харчавання існуюць у экасістэме і чым яны адрозніваюцца.
- **Як вы думаеце?** Чаму пашавыя ланцугі харчавання не бываюць доўгімі?
- **Вы даведаецеся** пра заканамернасці ператварэння рэчыва і энергіі ў пашавых ланцугах (правіла Ліндэмана), пра тыпы экалагічных пірамід.

**Правіла Ліндэмана.** Як вы ўжо ведаеце з папярэдняга параграфу, рэчывы ў экасістэме выкарыстоўваюцца шматразова, ператвараючыся па прынцыпе кругавароту. Гэта адбываецца дзякуючы ўзаемасувязі пашавых і дэтрытных ланцугоў харчавання. Прычым у кругавароце рэчываў галоўную ролю адыгрываюць жывыя арганізмы. Ён пачынаецца з паступлення хімічных элементаў з глебы (вада і мінеральныя солі) і атмасферы (вуглякіслы газ) у жывыя арганізмы — прадукцэнты. Прадукцэнты сінтэзуюць арганічныя рэчывы, частка якіх перадаецца далей па харчовым ланцугу кансументам. Пэўная колькасць арганічных рэчываў прадукцэнтаў і кансументаў вяртаецца ў глебу з адмерлымі рэшткамі, экскрэментамі (дэтрыт). У выніку дзейнасці рэдукцэнтаў яны ператвараюцца ў мінеральныя рэчывы, атамы якіх зноў уключаюцца прадукцэнтамі ў кругаварот. Але зусім замкнутым кругаварот рэчываў быць не можа. Атамы некаторых хімічных элементаў могуць на працяглы час выводзіцца з кругавароту, запасаючыся ў літасферы ў складзе вапняку (мелу), каменнага вугалю, прыроднага газу, нафты, торфу, руд розных металаў.

Ператварэнне энергіі ў ланцугах харчавання экасістэмы ідзе некалькі інакш, чым ператварэнне рэчываў. Струмень сонечнай энергіі, які паступіў у экасістэму, пасля ўключэння ў арганічнае рэчыва як бы падзяляецца на два рэчышчы — пашавае і дэтрытнае. У кожным з іх энергія, што вызваляецца, расходуюцца на падтрыманне жыццядзейнасці арганізмаў: размнажэнне, рух, падтрыманне тэмпературы цела, транспарт рэчываў праз клетачныя мембраны. Суадносіны колькасці энергіі, якая праходзіць праз пашавыя і дэтрытныя ланцугі, у розных тыпах экасістэм розныя. Страта энергіі ў харчовых ланцугах можа быць папоўнена толькі за кошт паступлення новых порцый сонечнай энергіі ці гатовага арганічнага рэчыва (энергія корму). Таму ў экасістэме не можа быць кругавароту энергіі, аналагічнага кругавароту рэчываў. Экасістэма функцыянуе толькі за кошт накіраванага патоку энергіі.



Працэнт засваяльнасці рэчыва і энергіі ў розных ланцугах харчавання вар'іруецца і залежыць ад складу корму і біялагічных асаблівасцей арганізмаў. Аднак шматлікія даследаванні паказалі, што ў пашавых ланцугах пераход энергіі і рэчыва ад аднаго трафічнага ўзроўню да іншага складае ў сярэднім 10 %. У адных ланцугах харчавання ён можа быць некалькі вышэйшым, а ў іншых — крыху ніжэйшым. Амерыканскі экалаг Р. Ліндэман у 1942 г. сфармуляваў гэту заканамернасць як **правіла 10 %** (яго часта называюць правілам Ліндэмана). Выкарыстоўваючы гэта правіла, можна разлічыць прыкладную колькасць энергіі на любым трафічным узроўні ланцуга харчавання, калі яе паказчык вядомы на адным з іх. З некаторай ступенню дапушчэння гэта правіла выкарыстоўваюць і для вызначэння пераходу рэчыва паміж трафічнымі ўзроўнямі. Каб атрымаць больш пэўныя даныя, трэба ўлічваць асаблівасці корму, які спажываецца, і эфектыўнасць яго засваення ў канкрэтным пашавым ланцугу харчавання.

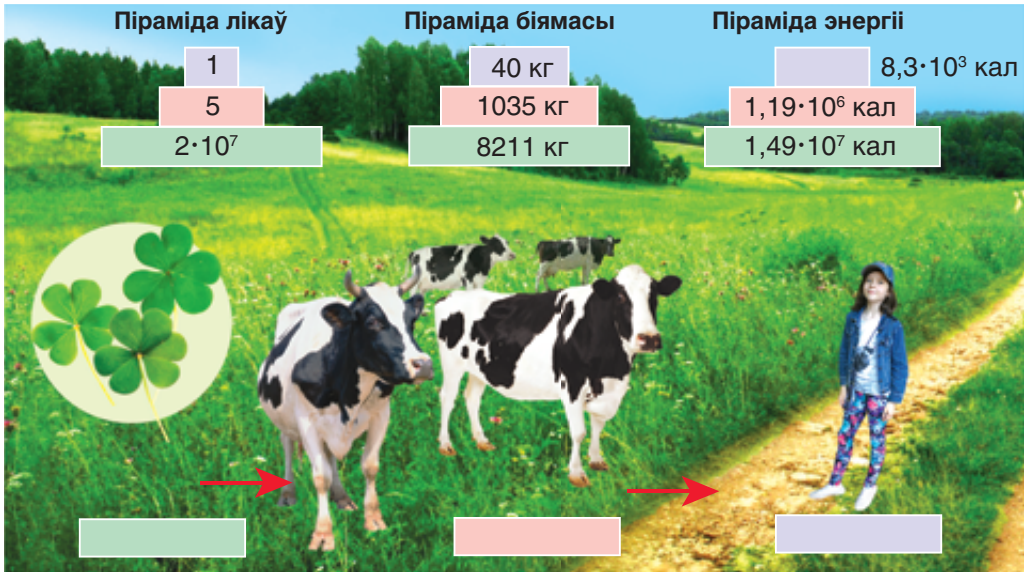
Правіла Ліндэмана не ўжываецца для этапаў пашавых ланцугоў, якія ўключаюць паразітаў. Паколькі паразіты выкарыстоўваюць гатовыя пажыўныя рэчывы гаспадара, то эфектыўнасць іх засваення нашмат вышэйшая, чым пры спажыванні арганічнага рэчыва корму іншымі арганізмамі. Паразітам не трэба затрачваць энергію на працэсы ператраўлівання, бо гэту функцыю выконвае гаспадар. Атрымліваючы пажыўныя рэчывы ад гаспадара, паразіт іх практычна цалкам засвойвае, таму ён не губляе частку энергіі ў складзе ператраўленых рэшткаў (эксскрэментаў). З гэтага вынікае, што ў харчовых ланцугах, якія ўключаюць паразітаў, не будзе выконвацца правіла Ліндэмана, а значыць, і балансавая роўнасць.

**Экалагічныя піраміды.** Калі на кожным трафічным узроўні харчовага ланцуга вызначыць колькасць асобін, або іх біямасу (колькасць назапашанага арганічнага рэчыва), або колькасць наяўнай у ёй энергіі, то стане відавочным памяншэнне гэтых велічынь па меры прасоўвання да канца ланцуга харчавання. Гэту заканамернасць упершыню ўстанавіў англійскі экалаг Ч. Элтан у 1927 г. Ён назваў яе **правілам экалагічнай піраміды** і прапанаваў выяўляць графічна. Калі любую з вышэйназваных характарыстык трафічных узроўняў намалюваць у выглядзе прамавугольнікаў з аднолькавым маштабам і размясціць іх адзін над адным у адпаведнасці з парадкам трафічных узроўняў у ланцугу харчавання, то атрымаецца экалагічная піраміда.



Вядомыя тры тыпы экалагічных пірамід. **Піраміда лікаў** адлюстроўвае колькасць асобін у кожным звяне харчовага ланцуга (мал. 78).

Аднак у экасістэме другі трафічны ўзровень (кансументы I парадку) колькасна можа быць багацейшым за першы трафічны ўзровень



Мал. 78. Экалагічныя піраміды

(прадуцэнтаў). У гэтым выпадку атрымліваецца піраміда лікаў няправільнай формы. Гэта тлумачыцца ўдзелам у такіх пірамідах асобін, не раўнацэнных па памерах. Прыкладам можа служыць піраміда лікаў, якая складаецца з ліставых дрэў, лістагрызучых насякомак, дробных насякомаедных і буйных драпежных птушак.



**Піраміда біямасы** адлюстроўвае колькасць арганічнага рэчыва, назапашанага на кожным трафічным узроўні харчовага ланцуга. Піраміда біямасы ў наземных экасістэмах мае правільную форму (гл. мал. 78). А ў водных экасістэмах біямаса другога трафічнага ўзроўню, як правіла, большая за біямасу першага пры вызначэнні яе ў канкрэтны момант. Таму піраміда біямасы для водных экасістэм мае няправільную форму. Але паколькі водныя прадукцэнты (фітапланктон) маюць высокую хуткасць утварэння прадукцыі, то ў канчатковым выніку іх сумарная біямаса за сезон ці за год усё роўна будзе большая за біямасу кансументаў I парадку. А гэта значыць, што ў водных экасістэмах па біямасе таксама выконваецца правіла экалагічнай піраміды.

**Піраміда энергіі** адлюстроўвае колькасць энергіі, якая змяшчаецца ў арганічным рэчыве кожнага трафічнага ўзроўню ланцуга харчавання. Яе форма сведчыць пра заканамернае расходаванне энергіі пры пераходзе ад аднаго трафічнага ўзроўню да іншага (гл. мал. 78).

Такім чынам, запас рэчыва і энергіі, назапашаны раслінамі ў пашавых харчовых ланцугах, хутка расходуюцца (выядаюцца), таму гэтыя ланцугі не могуць быць доўгімі. Звычайна яны ўключаюць ад трох да пяці трафічных узроўняў.

■ **Паўторым галоўнае.** У пашавых ланцугах харчавання пераход энергіі і біямасы ад аднаго трафічнага ўзроўню да іншага падпарадкоўваецца правілу 10 %, або правілу Ліндэмана. Графічнае выяўленне дадзенай заканамернасці атрымала назву правіла экалагічнай піраміды. Для шэрага пашавых ланцугоў харчавання можна пабудаваць тры тыпы экалагічных пірамід: лікаў, біямасы і энергіі.

### ? Праверым веды

**Ключавыя пытанні.** 1. Сфармулюйце правіла Ліндэмана. У чым сутнасць правіла экалагічнай піраміды? Якія бываюць тыпы экалагічных пірамід? У чым іх асаблівасці? 2. Растворыце, чаму ў экасістэме нельга выкарыстоўваць правіла Ліндэмана для этапу пашавых ланцугоў, што ўключаюць паразітаў.

**Складаныя пытанні.** 1. У пашавым ланцугу лесу біямаса прадукцэнтаў змяшчае  $6,2 \cdot 10^4$  кДж энергіі, біямаса кансументаў другога парадку —  $2,2 \cdot 10^2$  кДж энергіі. Пабудуйце экалагічную піраміду і разлічыце, на адстрэл якой колькасці казуль (кансументаў I парадку) можна выдаць ліцэнзію, каб выконвалася правіла Ліндэмана, калі ў біямасе адной казулі захоўваецца 200 кДж энергіі. 2. Растворыце, чаму ў водных экасістэмах экалагічная піраміда біямасы мае няправільную форму ў канкрэтны момант, але правільную форму пры ацэнцы біямасы за сезон або за год.

