



1. Якія неарганічныя рэчывы ўваходзяць у састаў жывых арганізмаў?
2. Якія рэчывы называюць гідрафільнымі? Гідрофобнымі? Прывядзіце прыклады.
3. Ахарактарызуйце біялагічную ролю мінеральных солей і кіслот.

4. Колькі вады змяшчаецца ў жывых арганізмах і ад чаго гэта залежыць? Чаму расліны пры недахопе вады вянуць?

5. Як вы думаеце, чаму большасць палярных рэчываў добра раствараюцца ў вадзе, а непальярныя, як правіла, у ёй нерастваральныя?

6. Якія функцыі выконвае вада ў жывых арганізмах?

7*. Як фізічныя і хімічныя ўласцівасці вады звязаны з яе біялагічнымі функцыямі?

8*. Аніёны фосфарнай кіслаты забяспечваюць падтрыманне адносна пастаяннай канцэнтрацыі іонаў вадароду ўнутры клетак. У пазаклетачным асяроддзі гэту функцыю выконваюць вугляная кіслата і гідракарбанат-іон. Чаму гэтыя злучэнні дазваляюць падтрымліваць пэўную кіслотнасць асяроддзя, у той час як азотная і саляная кіслоты, а таксама іх аніёны, не валодаюць такімі ўласцівасцямі?



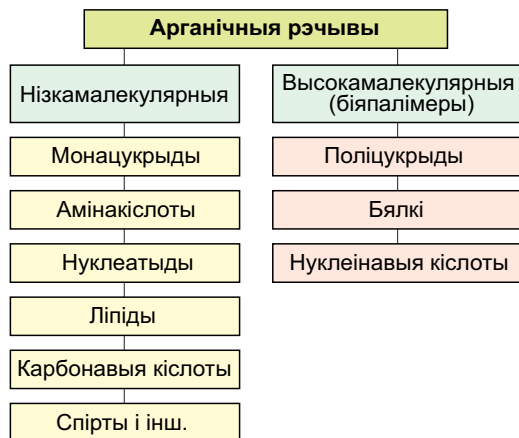
САМАРОВНЫ РН-ІНДЫКАТАР



§ 3. Арганічныя рэчывы. Амінакіслоты. Бялкі

Нізкамалекулярныя і высокамалекулярныя арганічныя рэчывы. Неад'емным складальнікам усяго жывога з'яўляюцца арганічныя рэчывы, назва якіх паходзіць ад слова «арганізм». Гэтыя злучэнні забяспечваюць працяканне найважнейшых працэсаў жыццядзейнасці, і жыццё на Зямлі без іх удзелу немагчыма. Арганічныя рэчывы складаюць у сярэднім 20—30 % масы жывых арганізмаў. Іх малекулы складаюцца, галоўным чынам, з атамаў вугляроду, вадароду і кіслароду. У састаў многіх біялагічна важных арганічных злучэнняў уваходзяць і іншыя элементы. Напрыклад, малекулы бялкоў таксама змяшчаюць азот і серу, нуклеінавыя кіслоты — азот і фосфар.

Нізкамалекулярныя арганічныя рэчывы ахарактарызуюцца параўнальна невялікай малекулярнай масай і адносна прастай будовай. Гэта амінакіслоты, монацукрыды, нуклеатыды, карбонавыя кіслоты, спірты і да т. п. Складаныя па структуры злучэнні, малекулярная маса якіх складае ад некалькіх тысяч да мільёнаў, называюць **высокамалекулярнымі**. Да іх належаць бялкі, поліцукрыды і нуклеінавыя кіслоты. Малекулы гэтых рэчываў складаюцца з мноства звёнаў, якія паўтараюцца, — **манамераў**. Манамеры могуць быць аднолькавымі ці адрознівацца па саставе. З курса хіміі вы ведаеце, што такія злучэнні называюцца **палімерамі**. Манамерамі бялкоў з'яўляюцца амінакіслоты, манамерамі поліцукрыдаў — монацукрыды, малекулы нуклеінавых кіслот пабудаваны з нуклеатайдаў (мал. 5, с. 18).



Мал. 5. Арганічныя рэчывы, якія ўваходзяць у састаў жывых арганізмаў

падобныя функцыі. Пры гэтым найбольшая разнастайнасць біялагічных функцый характэрна для бялкоў.

Амінакіслоты — манамеры бялковых малекул. Амінакіслоты — арганічныя злучэнні, якія змяшчаюць адначасова амінагрупу ($-\text{NH}_2$), што валодае асноўнымі ўласцівасцямі, і карбаксільную групу ($-\text{COOH}$), што праяўляе кіслотныя ўласцівасці. У саставе жывых арганізмаў выяўлены сотні амінакіслот, але ва ўтварэнні бялкоў удзельнічае толькі 20 з іх. Такія амінакіслоты называюць *бялокутваральнымі*, іх поўныя і скарачаныя назвы паказаны ў табліцы 3 (не для запамінання).

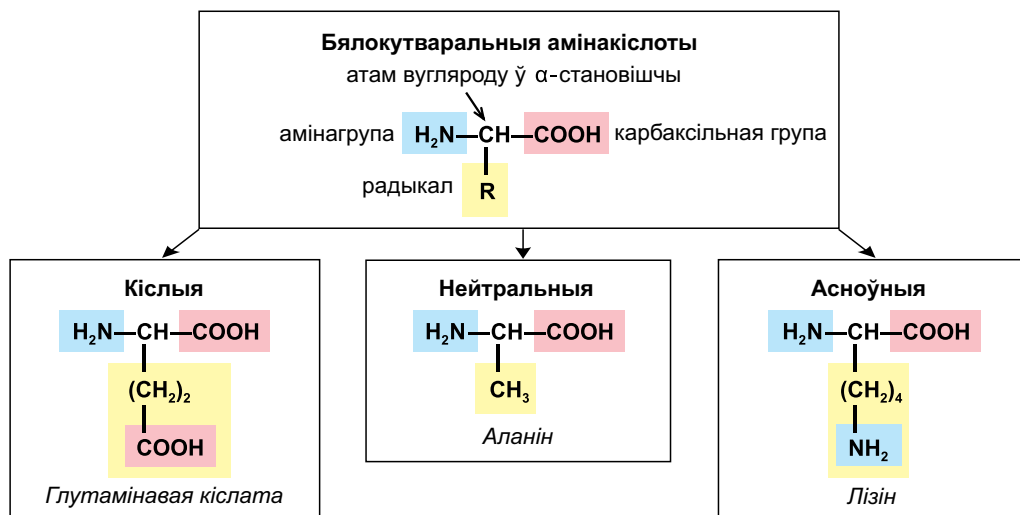
Табліца 3. Бялокутваральныя амінакіслоты

Амінакіслата	Скарачаная назва	Амінакіслата	Скарачаная назва
Аланін	Ала	Лейцын	Лей
Аргінін	Арг	Лізін	Ліз
Аспарагін	Асп	Метыянін	Мет
Аспарагінавая кіслата	Асп	Пралін	Пра
Валін	Вал	Серын	Сер
Гістыдзін	Гіс	Тыразін	Тыр
Гліцын	Глі	Трэанін	Трэ
Глутамін	Глн	Трыптафан	Трп
Глутамінавая кіслата	Глу	Фенілаланін	Фен
Ізалеіцын	Іле	Цыстэін	Цыс

Бялкі, поліцукрыды і нуклеінавыя кіслоты змяшчаюцца ў клетках усіх жывых арганізмаў і выконваюць выключна важныя біялагічныя функцыі, таму іх называюць **біялагічнымі палімерамі (біяпалімерамі)**.

З усіх груп арганічных рэчываў у клетках раслін пераважаюць поліцукрыды, а ў клетках жывёл — бялкі. Але нягледзячы на некаторыя адрозненні ў колькасных суадносінах тых ці іншых арганічных злучэнняў, рэчывы, якія належаць да пэўнай групы, ва ўсіх жывых арганізмаў выконваюць

У малекулах бялокутваральных амінакіслот амінагрупа і карбаксільная група далучаны да аднаго і таго ж атама вугляроду (г. зн. усе яны з'яўляюцца α -амінакіслотамі). З гэтым жа атамам вугляроду злучаны радыкал (R), які ў кожнай амінакіслоты мае асаблівую будову і вызначае яе спецыфічныя ўласцівасці (мал. 6).



Мал. 6. Будова малекул бялокутваральных амінакіслот

Радыкалы амінакіслот могуць быць непалярнымі (гідрафобнымі) ці палярнымі (гідрафільнымі), змяшчаць розныя функцыянальныя групы. Напрыклад, радыкал серыну змяшчае гідраксільную групу ($-\text{OH}$), радыкал цыстэіну — серазмяшчальную групу ($-\text{SH}$). Некаторыя амінакіслоты маюць цыклічныя радыкалы. Усё гэта адыгрывае важную ролю ў фарміраванні прасторавай структуры бялкоў.

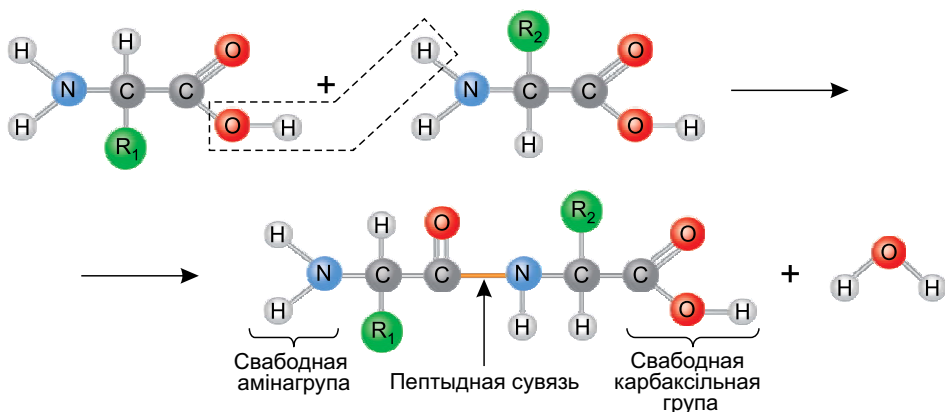
Малекулы большасці бялокутваральных амінакіслот змяшчаюць адну амінагрупу і адну карбаксільную групу — гэта *нейтральныя* амінакіслоты. Некаторыя амінакіслоты маюць дадатковыя аміна- ці карбаксільныя групы ў саставе радыкала. Такія амінакіслоты адпаведна называюцца *асноўнымі* або *кіслымі* (гл. мал. 6).

Аўтатрофныя арганізмы сінтэзуюць усе неабходныя ім амінакіслоты з прадуктаў фотасінтэзу і азотазмяшчальных неарганічных злучэнняў. Для гетэратрофных арганізмаў крыніцай амінакіслот з'яўляецца ежа. У арганізме чалавека і жывёл некаторыя амінакіслоты могуць сінтэзавацца з прадуктаў абмену рэчываў (у першую чаргу — з іншых амінакіслот). Такія амінакіслоты называюцца *замяняльнымі*. Іншыя ж, так

званыя *незамяняльныя* амінакіслоты, не могуць быць сінтэзаваны ў арганізме і таму павінны пастаянна паступаць у яго ў саставе бялкоў ежы.

Для чалавека *незамяняльнымі* амінакіслотамі з'яўляюцца: трыптафан, валін, лізін, ізалейцын, трэанін, фенілаланін, метыянін і лейцын. Запамінаць іх пералік неабавязкова, але пры жаданні можаце выкарыстаць мнеманічныя правілы (на рускай мове). Напрыклад: «Тры Падлеткі — ВАЛЯ, ЛІЗА І ЛЕНка ТРЭніраваліся з ФЕНам і МЕТАлічнай ЛЕЙкай».

Наяўнасць адначасова амінагрупы і карбаксільнай групы абумоўлівае амфатэрнасць амінакіслот і іх высокую рэакцыйную здольнасць. Як вы памятаеце з курса хіміі, карбаксільная група ($-\text{COOH}$) адной амінакіслаты можа ўзаемадзейнічаць з амінагрупай ($-\text{NH}_2$) другой амінакіслаты. Пры гэтым ад карбаксільнай групы адшчапляецца група $-\text{OH}$, а ад амінагрупы — атам вадароду. У выніку вылучаецца малекула вады, а паміж атамамі вугляроду карбаксільнай групы і атамамі азоту амінагрупы ўзнікае кавалентная сувязь, якая называецца *пептыднай сувяззю* (мал. 7).



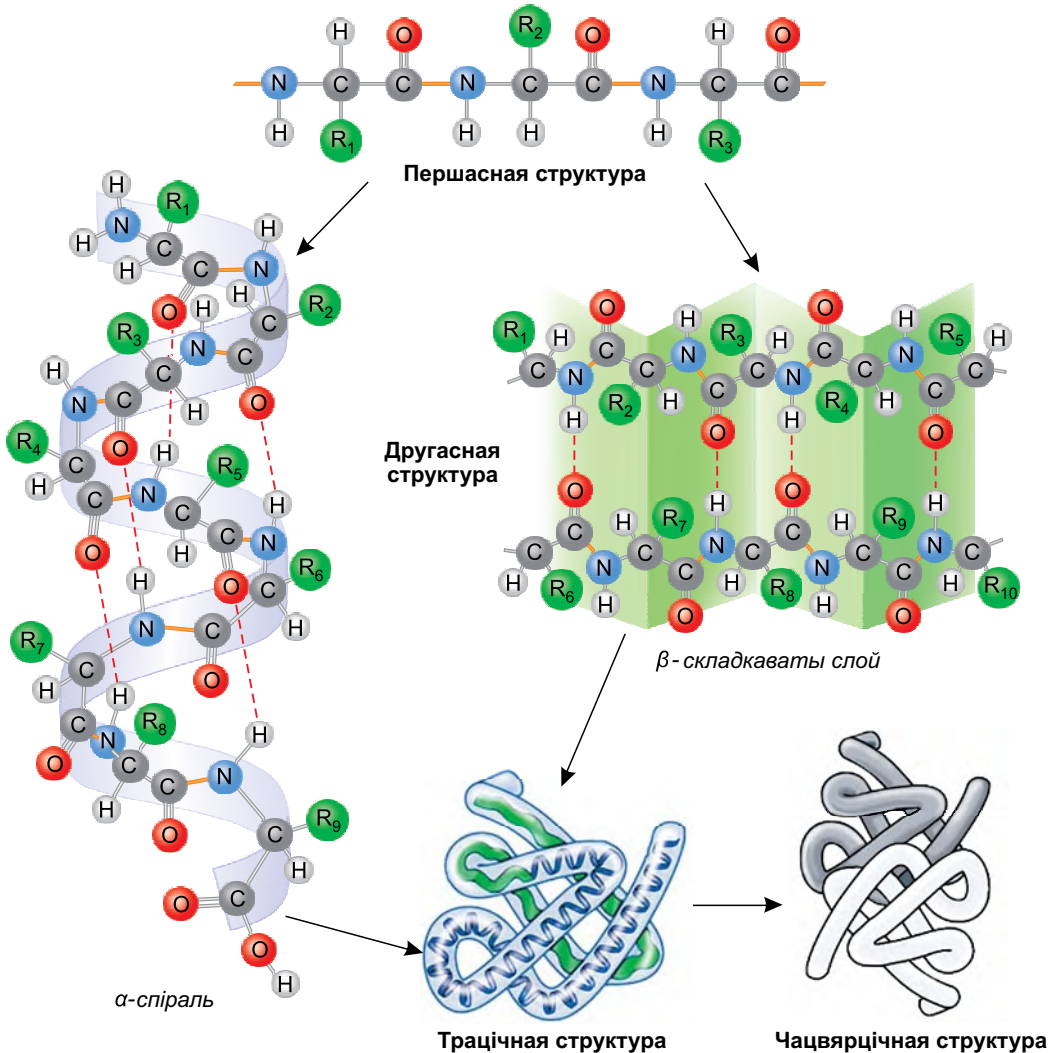
Мал. 7. Сінтэз дыпептыда

Так утвараецца **дыпептыд**, які мае на адным канцы свабодную амінагрупу, а на другім — свабодную карбаксільную групу. Дзякуючы любой з іх дыпептыд можа ўзаемадзейнічаць з наступнай амінакіслотай, утвараючы **трыпептыд** і г. д. Калі такім чынам злучаецца больш за 10 астаткаў амінакіслот, то ўтвараецца **поліпептыд**.

Бялкі — гэта поліпептыды, у састаў малекул якіх уваходзіць мноства астаткаў амінакіслот (да некалькіх тысяч). Бялкі адрозніваюцца колькасцю амінакіслотных звёнаў, іх саставам і паслядоўнасцю размяшчэння.

Пры гэтым кожны бялок мае асаблівы, уласцівы толькі яму парадак чаргавання амінакіслот.

Узроўні структурнай арганізацыі бялковых малекул. Для таго каб бялок мог выконваць сваю біялагічную функцыю, яго малекула павінна мець пэўную прасторавую канфігурацыю. Адрозніваюць чатыры асноўныя ўзроўні арганізацыі бялковых малекул — першасную, другасную, трацічную і чацвярцічную структуры (мал. 8).



Мал. 8. Узроўні структурнай арганізацыі малекул бялкоў

Першасная структура бялку — гэта строга вызначаная паслядоўнасць амінакіслотных астаткаў у лінейным поліпептыдным ланцугу. Кожны бялок валодае ўнікальнай першаснай структурай. Яе існаванне абумоўлена наяўнасцю трывалых *пептыдных* сувязей паміж астаткамі амінакіслот. Усе наступныя, больш складаныя структуры фарміруюцца на аснове першаснай. Таму змяненне першаснай структуры (напрыклад, замена адных амінакіслотных астаткаў на іншыя) прыводзіць да змянення формы малекулы, уласцівасцей і функцый бялку.

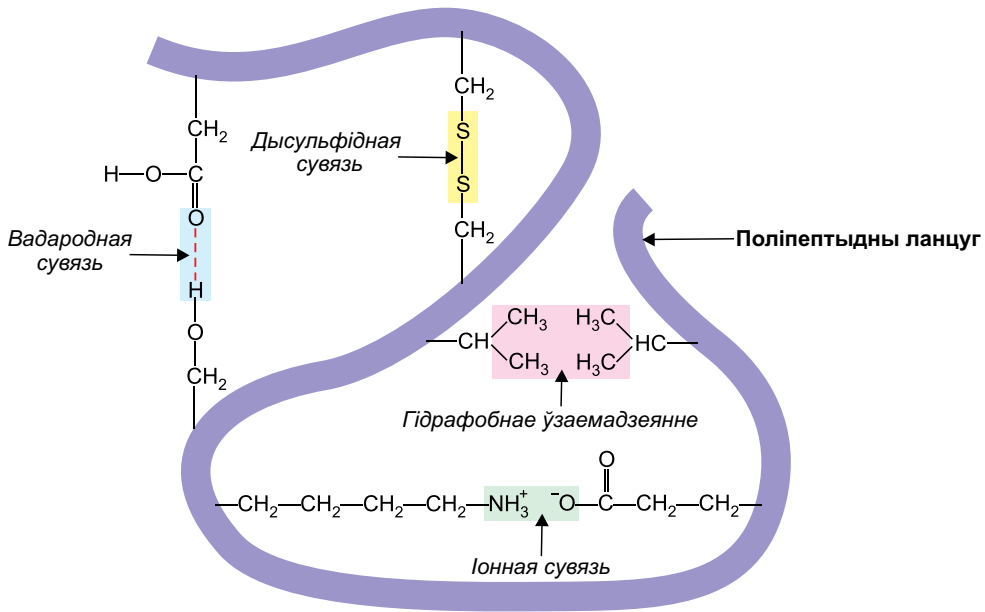
Другасная структура бялку фарміруецца за кошт утварэння шматлікіх *вадародных* сувязей паміж атамамі вадароду NH-груп і атамамі кіслароду CO-груп розных амінакіслотных астаткаў. Нягледзячы на тое што гэтыя сувязі слабейшыя за кавалентныя, іх колькасць забяспечвае стабільнасць другаснай структуры.

Часцей за ўсё вадародныя сувязі ўзнікаюць унутры аднаго поліпептыднага ланцуга паміж блізка размешчанымі астаткамі амінакіслот, што прыводзіць да закручвання гэтага ланцуга ў так званую *α -спіраль*.

Часам вадародныя сувязі ўзнікаюць паміж адносна аддаленымі адзін ад аднаго ўчасткамі поліпептыднага ланцуга (або некалькіх розных ланцугоў). Пры гэтым дадзеныя ўчасткі размяшчаюцца паралельна адзін аднаму і складаюцца нахшталт гармоніка. Такі тып другаснай структуры атрымаў назву *β -складкаваты слой* (гл. мал. 8).

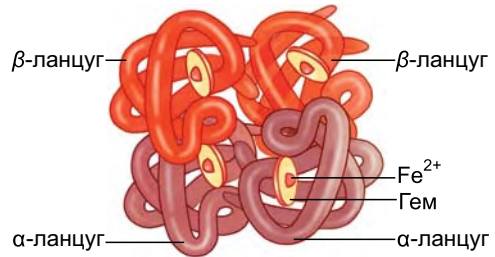
Некаторыя бялкі маюць другасную структуру, прадстаўленую толькі *α -спіраллю* ці *β -складкаватым слоём*. Напрыклад, цалкам *α -спіральную* канфігурацыю мае *керацін* — асноўны бялок валасоў і нагцей чалавека, а другасная структура *фібраіну* (бялку натуральнага шоўку) прадстаўлена выключна *β -складкаватым слоём*. У структуры многіх бялкоў адны ўчасткі маюць выгляд *α -спіралі*, а іншыя — *β -складкаватага слоя*.

Фарміраванне **трацічнай структуры** забяспечваюць *вадародныя, іонныя* і іншыя сувязі, якія ўзнікаюць паміж рознымі групамі атамаў бяковай малекулы. У водным асяроддзі малекула бялку асаблівым чынам укладваецца ў прасторы, набываючы кампактную форму. Пры гэтым гідрафобныя амінакіслотныя радыкалы апускаюцца ўнутр бяковай малекулы і прыцягваюцца адзін да аднаго — такое прыцягненне называецца *гідрафобным узаемадзеяннем*. Гідрафільныя ўчасткі поліпептыду, наадварот, размяшчаюцца на паверхні і ўзаемадзейнічаюць з малекуламі вады. У многіх бялкоў ва ўтварэнні трацічнай структуры ўдзельнічаюць кавалентныя *дысульфідныя* сувязі (S—S сувязі), якія ўзнікаюць паміж астаткамі амінакіслаты цыстэіну (мал. 9). Трацічная структура кожнага бялку мае асаблівую, непаўторную прасторавую канфігурацыю.



Мал. 9. Сувязі, якія стабілізуюць трацічную структуру бялку

Многія бялкі здольныя выконваць свае біялагічныя функцыі, валодаючы трацічнай структурай. Але некаторым бялкам для гэтага неабходна аб'яднанне ў адзіны комплекс дзвюх ці больш малекул, якія маюць трацічную структуру. Так узнікае **чацвярцічная структура** бялку. Малекулы, якія ўваходзяць у яе састаў, могуць быць аднолькавымі ці рознымі. Яны ўтрымліваюцца разам дзякуючы розным відам некавалентных сувязей — *вадародным, іонным, гідрофобным узаемадзеяннем* і інш. У некаторых бялках, напрыклад імунаглабулінах, да мноства такіх сувязей дабаўляюцца некалькі кавалентных дысульфідных. Прыкладам бялку, які мае чацвярцічную структуру, можа служыць *гемаглабін* (мал. 10).



Мал. 10. Чацвярцічная структура гемаглабіну

У састаў гемаглабіну чалавека ўваходзяць чатыры поліпептыдныя ланцугі двух розных тыпаў: два α -ланцугі (змяшчаюць па 141 амінакіслотным астатку) і два β -ланцугі (па 146 астаткаў). Кожны ланцуг фарміруе спецыяльную гідрофобную кішэнь, у якой размяшчаецца кампанент небялкавай прыроды — гем. Цэнтральную частку гема займае іон Fe^{2+} .



Арганічныя рэчывы жывых арганізмаў прадстаўлены як нізкамалекулярнымі злучэннямі, так і высокамалекулярнымі — біяпалімерамі. Бялкі — біяпалімеры, утвораныя астаткамі амінакіслот. Калі амінакіслоты злучаюцца пептыднымі сувязямі, яны ўтвараюць поліпептыдны ланцуг — першасную структуру бялку. На яе аснове фарміруюцца больш складаныя прасторавыя структуры — другасная, трацічная, чацвярцічная.



1. Якія з прыведзеных рэчываў з'яўляюцца біялагічнымі палімерамі? Якія рэчывы з'яўляюцца манамерамі для пабудовы малекул біяпалімераў?

Амінакіслоты, нуклеінавыя кіслоты, поліцукрыды, нуклеатыды, бялкі, монацукрыды.

2. Якія функцыянальныя групы характэрныя для ўсіх амінакіслот? Якімі ўласцівасцямі валодаюць гэтыя групы?

3. Колькі амінакіслот удзельнічае ва ўтварэнні прыродных бялкоў? Назавіце агульныя рысы будовы гэтых амінакіслот. Чым яны адрозніваюцца?

4. Як адбываецца злучэнне амінакіслот у поліпептыдны ланцуг?

5. Ахарактарызуйце ўзроўні структурнай арганізацыі бялкоў. Якія хімічныя сувязі абумоўліваюць існаванне і стабільнасць першаснай, другаснай, трацічнай і чацвярцічнай структур бялкоў?

6*. Пабудуйце дыпептыд, які мае структуру Ліз—Ала, і трыпептыд Глу—Ала—Ліз. Разлічыце малекулярныя масы гэтых пептыдаў. Для выканання задання выкарыстоўвайце структурныя формулы амінакіслот, паказаныя на малюнку 6.

7*. Для раздзялення сумесі бялкоў на кампаненты выкарыстоўваецца метадад электрафарэзу: у гелі пэўнай шчыльнасці пад дзеяннем электрычнага поля розныя бялковыя малекулы перамяшчаюцца з рознай хуткасцю. У выніку гэтага аднолькавыя малекулы канцэнтруюцца ў пэўным участку геля. Як вы думаеце, чаму так адбываецца?



БІЎРЭТАВАЯ РЭАКЦЫЯ — ЯКАСНАЯ РЭАКЦЫЯ НА ПЕПТЫДНЫЯ СУВЯЗІ



§ 4. Уласцівасці і функцыі бялкоў

Разнастайнасць і ўласцівасці бялкоў. У залежнасці ад саставу адрозніваюць простыя і складаныя бялкі. Малекулы **простых** бялкоў пабудаваны толькі з амінакіслотных астаткаў. У састаў **складаных** бялкоў, акрамя таго, уваходзіць які-небудзь кампанент неамінакіслотнай прыроды. Напрыклад, у *глікапратэінах* ён прадстаўлены вугляводам, у *ліпапратэінах* — ліпідам і г. д.



Па форме малекул вылучаюць дзве групы бялкоў — **фібрылярныя** і **глабулярныя**. **Фібрылярнымі** называюць бялкі, малекулы якіх