



ӘЛ-ФАРАБИ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ
БИОЛОГИЯ ЖӘНЕ БИОТЕХНОЛОГИЯ ФАКУЛЬТЕТІ
МОЛЕКУЛАЛЫҚ БИОЛОГИЯ ЖӘНЕ ГЕНЕТИКА КАФЕДРАСЫ



Дәріс 9.

Трансляция процесіне жалпы көзқарас. РНҚ түрлері.

Лектор: к.б.н., Алтыбаева Н.А.

Дәрістің мақсаты:

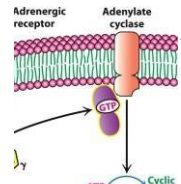
Трансляция процесінің мәнін, РНҚ түрлерін және олардың жасушадағы қызметтерін түсіндіру.

Қарастырылатын сұрақтар:

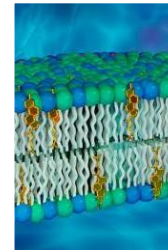
1. Трансляция ұғымы және оның биологиялық маңызы.
2. РНҚ түрлері: мРНҚ, тРНҚ, рРНҚ және қосымша РНҚлар.
3. РНҚ молекулаларының құрылымы мен функциялары.
4. Трансляцияның жасушадағы орны және биосинтездегі рөлі.

Ақуыздар

Ақуыздар — тірі организмдердің негізгі биомолекулалары. Олар жасушада көптеген маңызды қызмет атқарады:

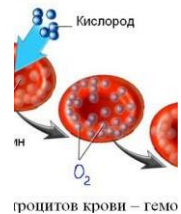


ферменттік
(биохимиялық
реакцияларды тездету),



құрылымдық (жасуша
мен ұлпалардың негізін
құрау),

транспортная функция



тасымалдаушы
(гемоглобин сияқты),

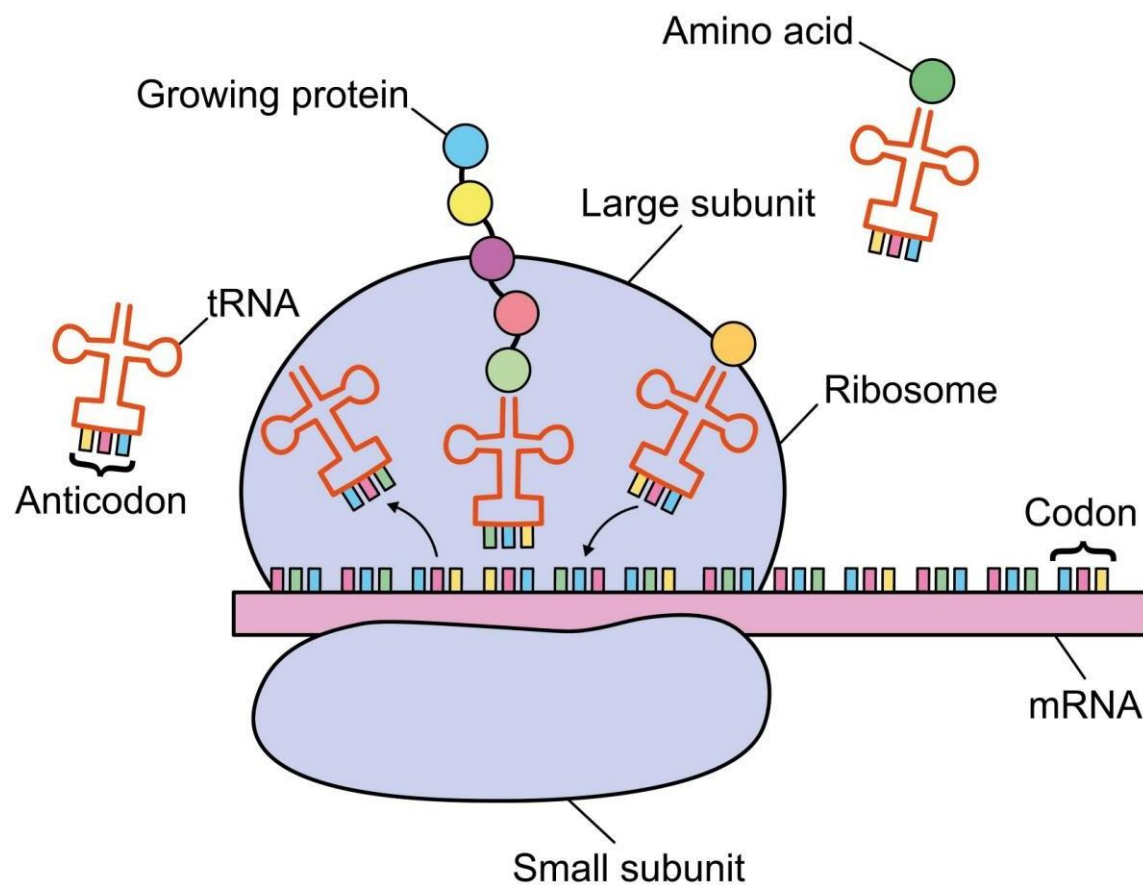


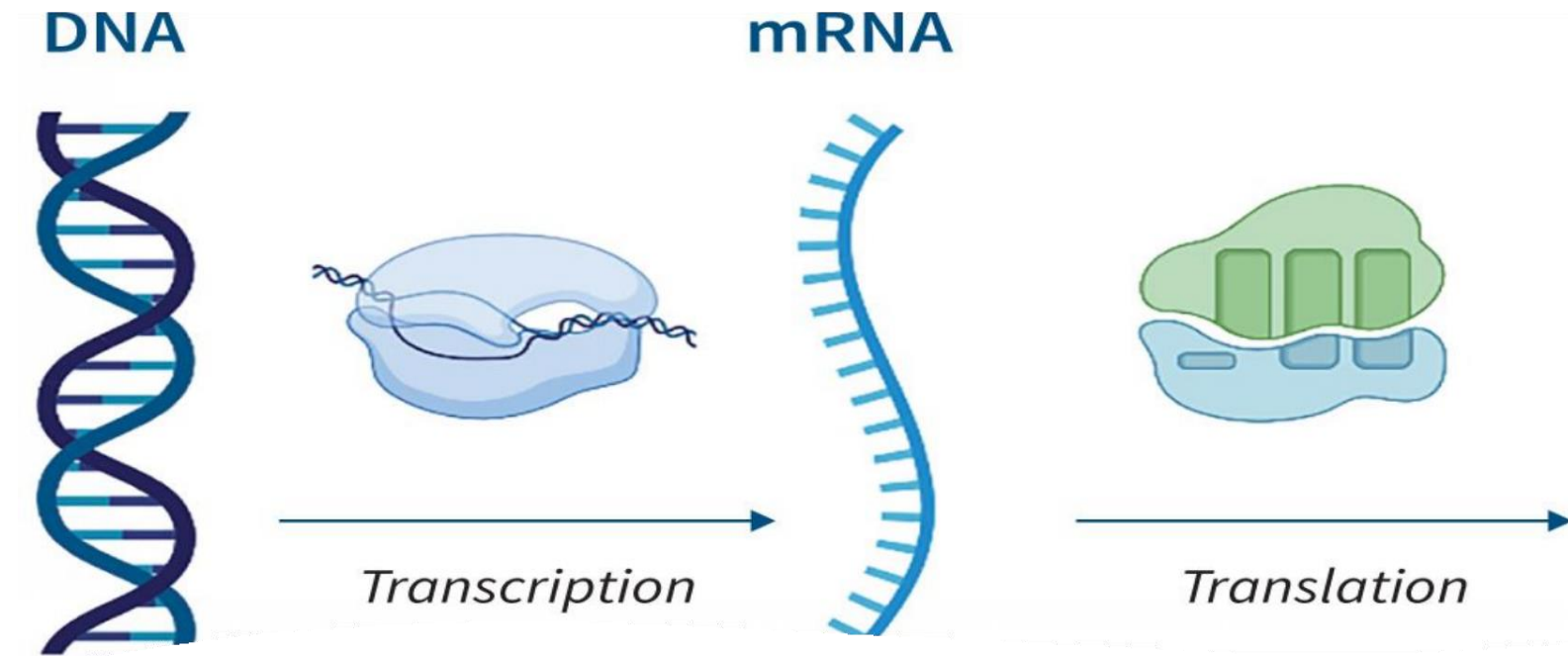
реттеуші (гормондар),



қорғаныштық
(антиденелер).

Ақуыздардың құрылымы мен қызметі генетикалық ақпаратқа тәуелді. Бұл ақпарат ДНҚ → РНҚ → Ақуыз бағытымен іске асады. Ақуыздың түзілу процесі **трансляция** деп аталады.





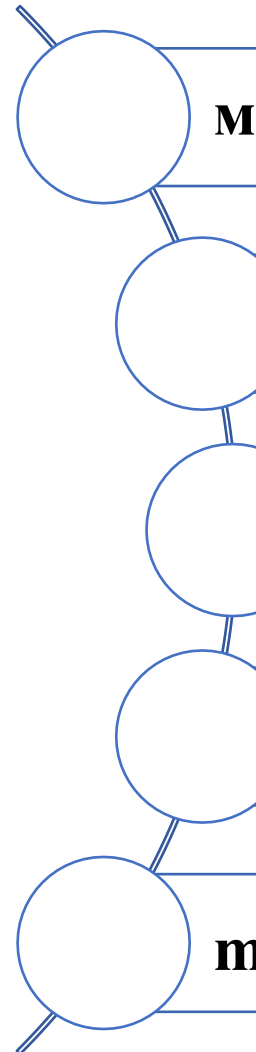
Генетикалық ақпараттың ағымы

Жасушадағы генетикалық ақпараттың берілу механизмі орталық догма арқылы түсіндіріледі:

- ДНҚ-дан транскрипция арқылы мРНҚ түзіледі.
- мРНҚ рибосомаға жеткізіліп, трансляция процесінде аминқышқыл тізбегіне айналады.

Яғни, ДНҚ-дағы код — мРНҚ-ға көшіріледі, ал мРНҚ-дағы кодондар — аминқышқылдар реттілігін анықтайды.

РНҚ түрлері



мРНҚ (информациялық РНҚ)

тРНҚ (транспорттық РНҚ):

рРНҚ (рибосомалық РНҚ):

snRNA – мРНҚ-ның сплайсинг процесіне қатысады.

miRNA, siRNA – ген экспрессиясын реттейді, қажетсіз мРНҚ-ны ыдырата алады.

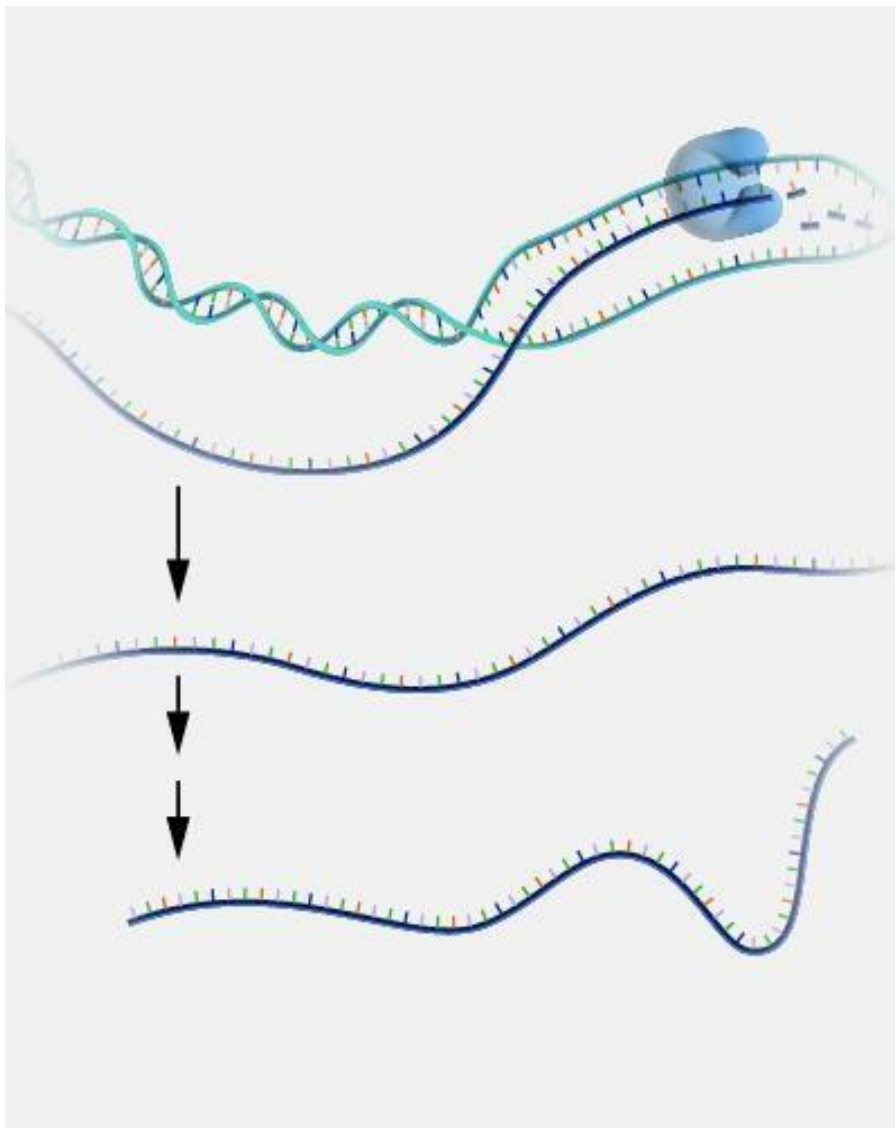
мРНҚ (информациялық РНҚ)

Басты
функциялары:

Генетикалық ақпаратты ДНҚ-дан рибосомаға жеткізеді.

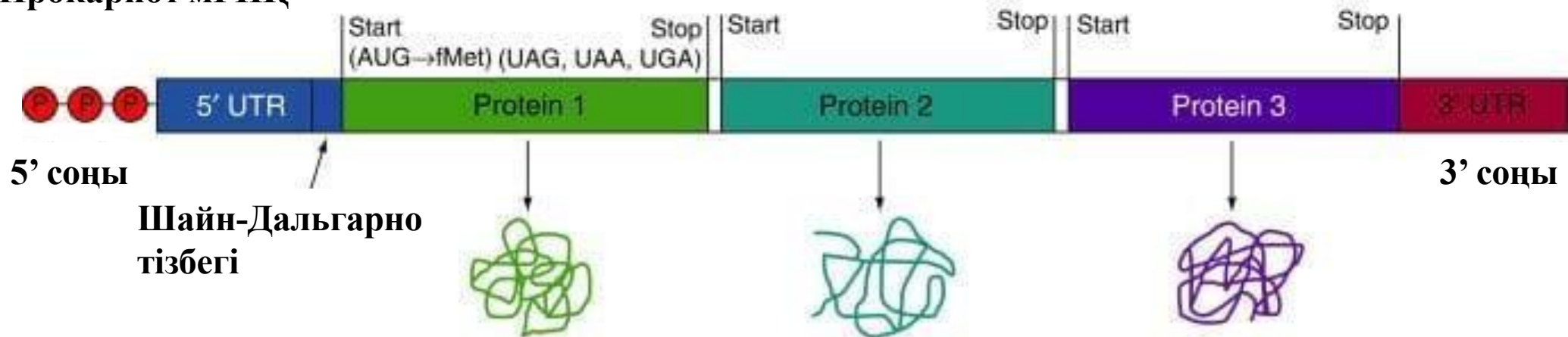
Оның бойында үш нуклеотидтен тұратын **кодон**дар орналасқан.

Әр кодон белгілі бір аминқышқылды кодтайды.

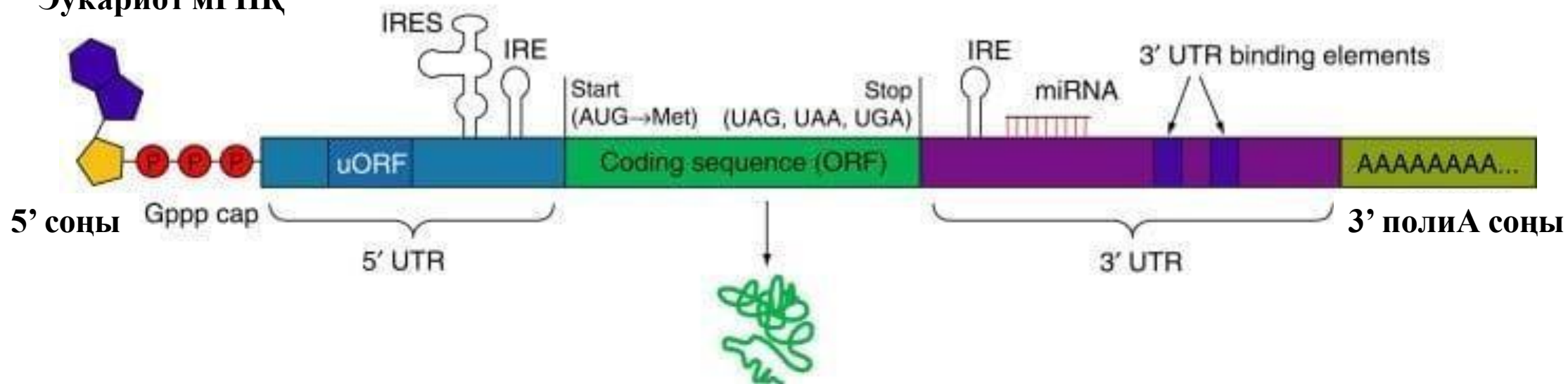


мРНҚ құрылысы

Прокариот мРНҚ



Эукариот мРНҚ



Эукариоттық жасушаның жетілген мРНК бес негізгі компоненттен тұрады:

- 5' - соңы "қақпақ" (5' Cap)
- 5' - аударылмайтын аймақ (5' UTR)
- кодтайтын аймағы (coding region)
- 3' - аударылмайтын аймақ (3' UTR)
- Поли(А)-құйрығы (Poly-A tail)

5'-соңы «қалпақша» (5' Cap)

Бұл мРНК-ның бастапқы транскриптінің 5'-соңына қосылған модификацияланған нуклеотид, ол *мРНК кэптеу (capping)* процесі кезінде түзіледі. **Кэптеу** — ақуыз синтезі (трансляция) үшін қажет жетілген мРНК түзілуі мен реттелуінде маңызды рөл атқарады. Айта кету керек, **митохондриялық және хлоропласттық мРНК-ларда кэп болмайды.**

5'-соңында мРНК-ға ерекше **5'→5' үшфосфаттық байланыс** арқылы қосылған гуанин нуклеотиді болады. Бұл гуанин қалдығы метилтрансфераза ферментінің әсерінен жетінші позицияда метилденіп, **7-метилгуанилат кэпі (m^7G)** түзіледі. Химиялық тұрғыдан бұл құрылым РНК молекуласының 3'-соңына ұқсас.

Бактериялар мен кейбір басқа ағзаларда мРНК-ның кэпі NAD^+ , $NADH$ немесе 3'-дефосфокофермент А молекулаларынан түзілуі мүмкін. Барлық ағзаларда мРНК белгілі бір механизм арқылы *декэптеу (decapping)* процесіне ұшырап, кэпі алынып тасталады.

5'-аударылмайтын аймақ (5' UTR)

Бұл мРНК-ның басталу кодонының алдында орналасқан бөлігі. Ол вирустарда, прокариоттарда және эукариоттарда **трансляцияның реттелуінде** маңызды рөл атқарады.

Кей жағдайларда 5'-аударылмайтын аймақтың бір бөлігі қысқа пептидтерге аударылып, негізгі **ақуыз синтезін реттейді**. Басқа жағдайларда бұл аймақ аударылмайды, бірақ күрделі **екіншілік құрылым түзіп**, трансляция тиімділігіне әсер етеді.

Кодтайтын аймақ (Coding region)

Бұл мРНҚ-ның ақуыздың **аминқышқыл тізбегін анықтайтын** бөлігі. ДНҚ-да кодтайтын аймақ промотормен қатар орналасады.

РНҚ-полимераза промотормен байланысқан соң транскрипция басталады: фермент ДНҚ-ның матрицалық тізбегі бойымен жылжып, оған комплементарлы РНҚ нуклеотидтерін қосады (тиминнің орнына урацил кіреді). Бұл процесс терминация сигналына жеткенше жалғасады.

3'-аударылмайтын аймақ (3' UTR)

Бұл бөлік стоп-кодоннан кейін орналасады және ақуызды кодтамайды, бірақ геннің транскрипциядан кейінгі **экспрессиясын реттейтін** маңызды реттіліктерді қамтиды.

3'-UTR құрамындағы реттеуші элементтер мыналарға әсер етеді:

- полиаденилдену процесіне,
- трансляция тиімділігіне,
- мРНҚ-ның жасуша ішіндегі орналасуына,
- мРНҚ тұрақтылығына.

3'-UTR-де реттеуші ақуыздар мен микроРНҚ-лардың (miRNA) байланысу орындары бар, олар мРНҚ-ның **экспрессиясын тежеп, трансляцияны тоқтатуы немесе мРНҚ-ны ыдыратуы мүмкін.**

Осылайша, 3'-UTR гендердің дұрыс уақытта және қажетті жағдайда экспрессиялануын қамтамасыз ететін маңызды реттеуші рөл атқарады.

Поли(А)-құйрық (Poly-A tail)

Поли(А)-құйрық көптеген **аденозинмонофосфат** қалдықтарынан тұрады - яғни, ол аденин нуклеотидтерінің тізбегінен құралған мРНК бөлігі.

Поли(А)-құйрық мРНК-ның 5'-соңымен әрекеттесіп, мРНК-ны айналдыра (циркуляризациялап) **трансляция** **тиімділігін** арттырады.
Поли(А)-құйрықты қосу процесі *полиаденилдену* деп аталады.

Эукариоттарда полиаденилдену жетілген мРНК түзілуі үшін қажет, ол кейін трансляция процесіне қатысады. Ал кейбір бактерияларда керісінше, поли(А)-құйрық мРНК-ның тез ыдырауына ықпал етеді, бұл да ген экспрессиясын реттеудің бір бөлігі болып табылады.

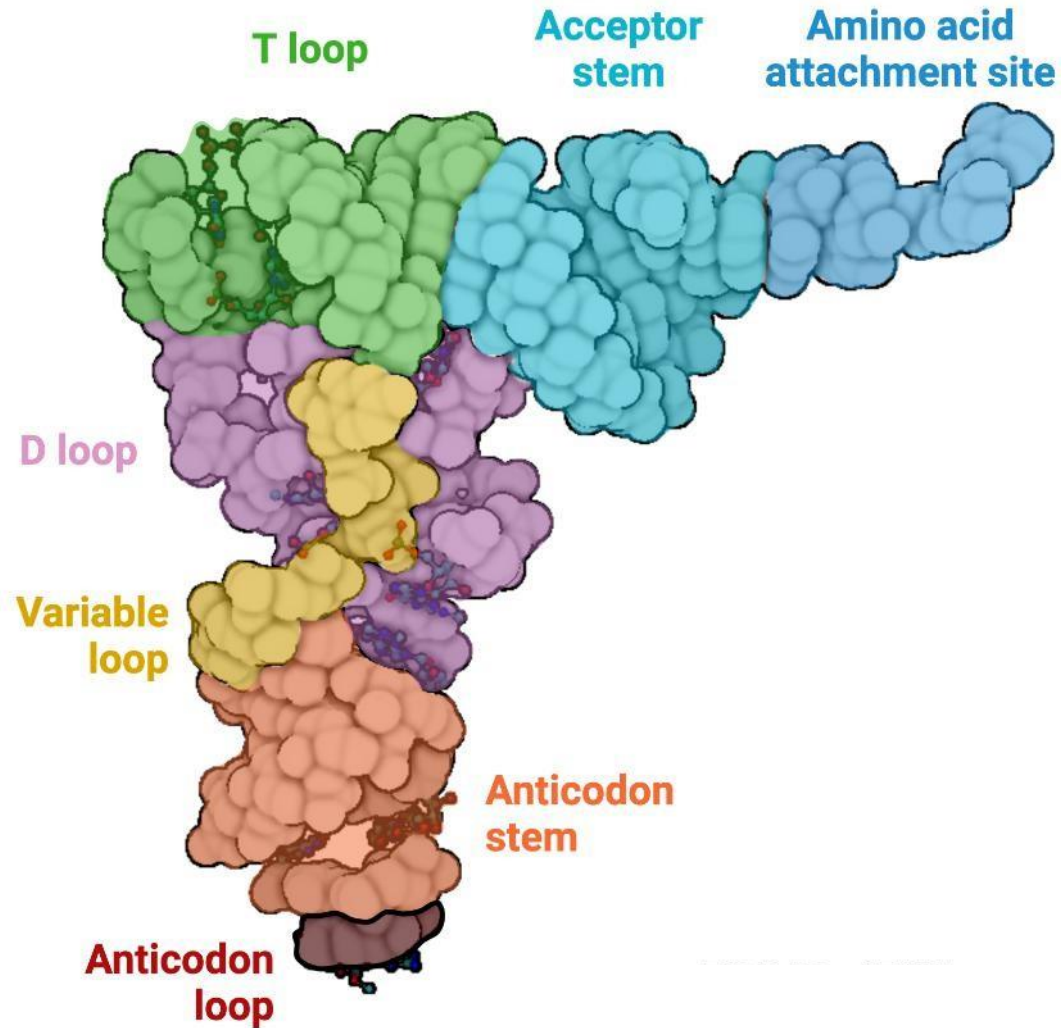
Поли(А)-құйрық мРНК-ның ядродан шығуына, тұрақтылығына және трансляцияға қатысуына маңызды рөл атқарады.
Уақыт өте келе бұл құйрық қысқарып, белгілі бір шекке жеткенде мРНК **ферментативтік түрде ыдырайды.**

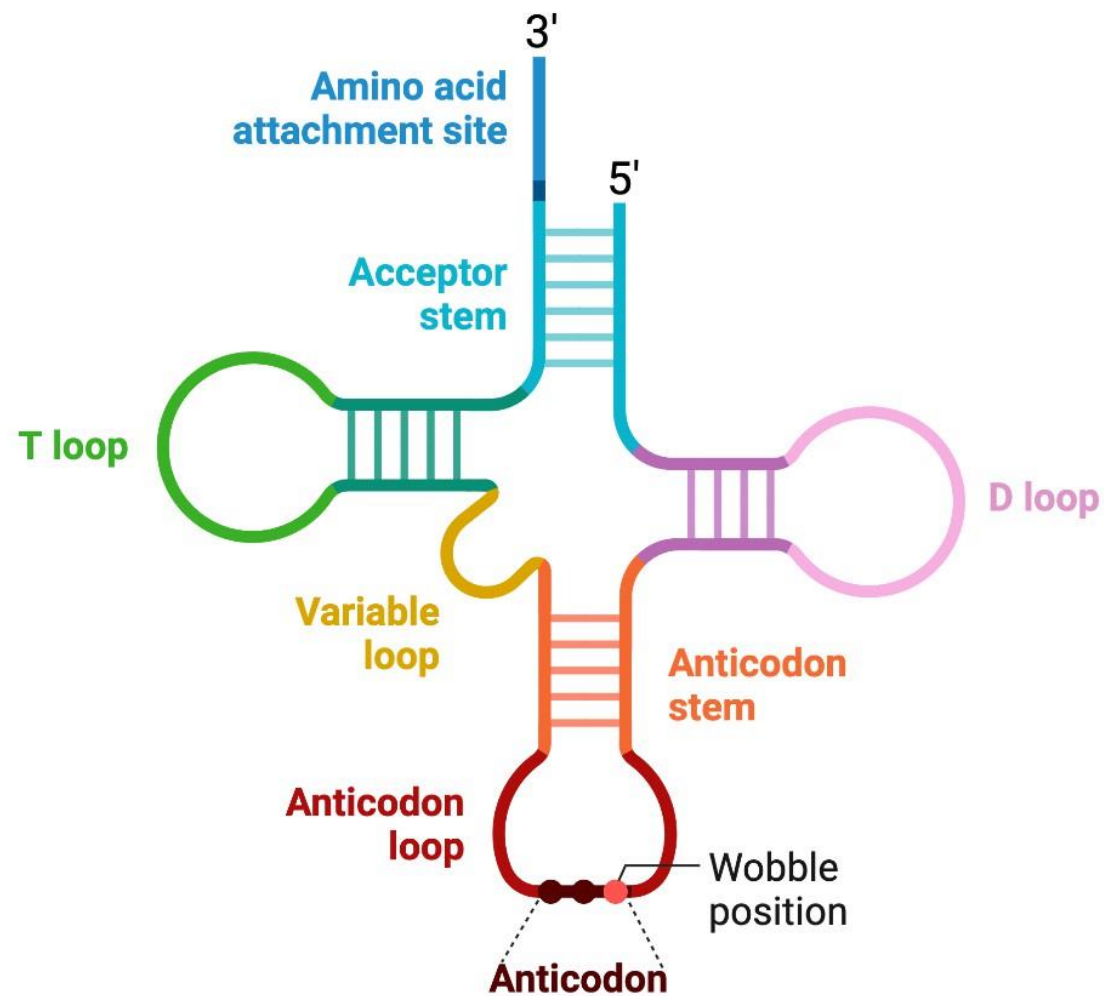
тРНҚ (транспорттық РНҚ)

Басты функциялары: Аминқышқылдарды рибосомаға тасымалдайды.

Оның құрылымында **антикодон** бар, ол мРНҚ-дағы кодонмен комплементарлы байланысады.

Осылайша қажетті аминқышқыл дәл өз орнына жеткізіледі.





тРНҚ құрылыс

тРНҚ — шамамен 70–90 нуклеотидтен тұратын бір тізбекті РНҚ.

Алайда, молекула өздігінен ішкі сутектік байланыстар арқылы қайырылып, ерекше үштік (L-тәрізді) құрылым түзеді.

тРНҚ құрылымын екі түрде сипаттауға болады:

а) Екінші реттік құрылым — «жоңышқа жапырағы».

Онда төрт негізгі ілмек және бір сабақ бөлігі бар:

1) Аминқышқыл байланысу ұшы (3'-соңы):

- Соңында **ССА** триплеті бар.
- Дәл осы жерге аминқышқыл қосылады.
- Байланыс ферменті: *аминоацил-тРНҚ синтетаза*.

2) Антикодон ілмегі:

- мРНҚ-дағы кодонмен **комплементарлы үш нуклеотидтен (антикодоннан)** тұрады.
- Ақуыз синтезі кезінде антикодон мРНҚ кодонымен жұптасады.
- Бұл сәйкестік ақуыздың аминқышқыл тізбегінің дәлдігін қамтамасыз етеді.

1) D-ілмек (дихидроурацил ілмегі):

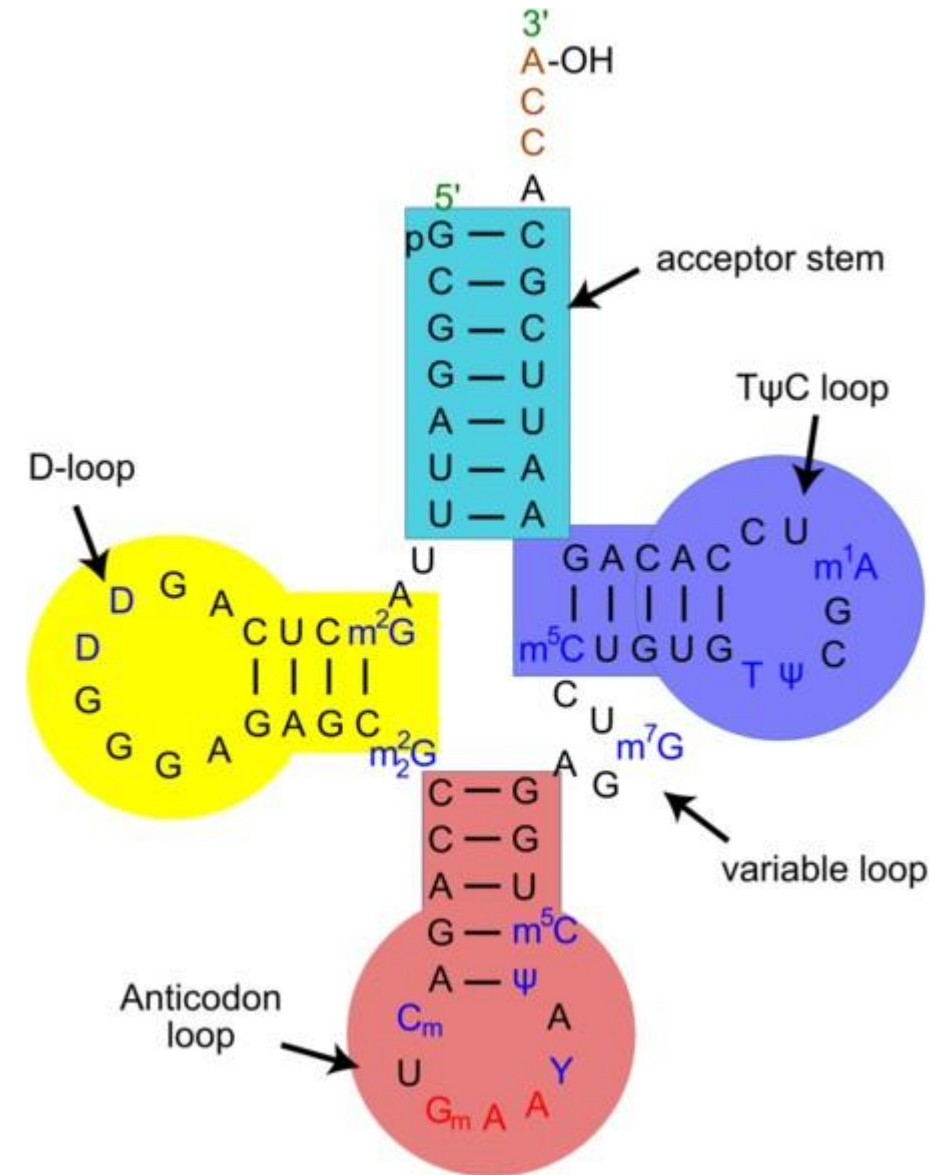
- Дихидроурацил нуклеотидтерін қамтиды.
- тРНҚ-ның пішінін тұрақтандыруға және аминоацил-тРНҚ синтетазамен танылуға көмектеседі.

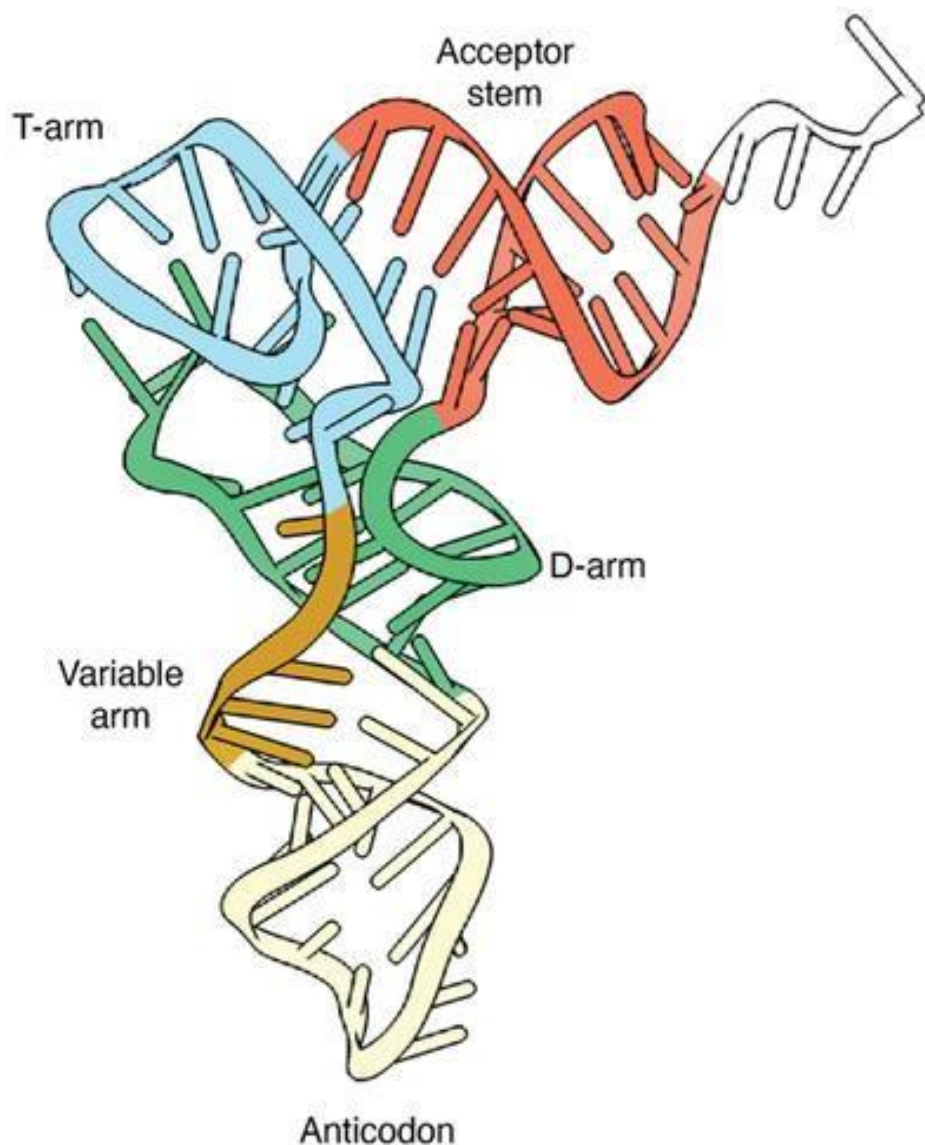
2) ТΨС-ілмек (псевдоуридин ілмегі):

- Псевдоуридин нуклеотидін қамтиды (Ψ).
- Рибосомамен байланысуға қатысады.

3) Қосымша (айнымалы) ілмек:

- Кейбір тРНҚ молекуласында бар.
- тРНҚ-ның жеке ерекшеліктерін анықтайды.





б) Үшінші реттік құрылым — «L-тәрізді» форма

тРНК молекуласы кеңістікте бүктеліп, **L тәрізді құрылым** түзеді.

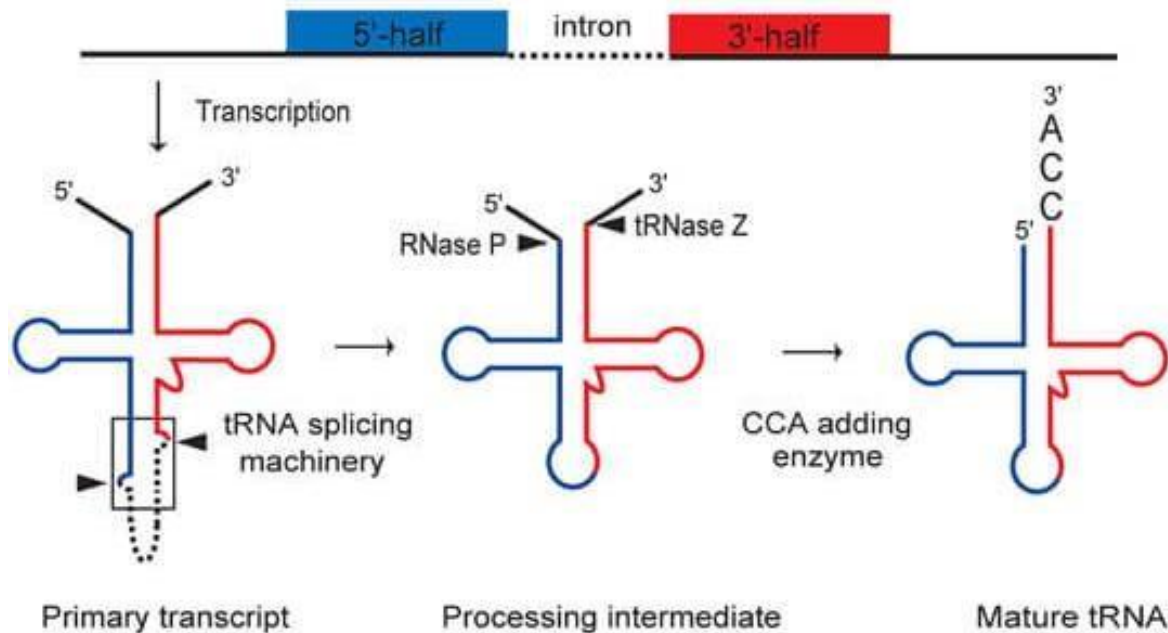
Бұл форма функционалды белсенді күйі болып табылады.

Бір «аяқ» бөлігінде антикодон орналасса, екінші «аяғында» аминқышқыл байланысқан болады.

Осылайша тРНК бір мезгілде екі процесте қатыса алады:

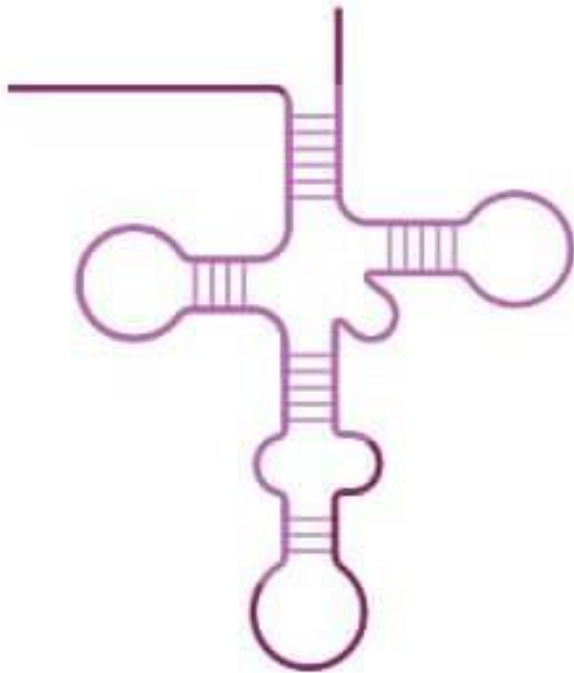
- мРНК кодондарын тану,
- аминқышқылды жеткізу.

тРНҚ өңделуі

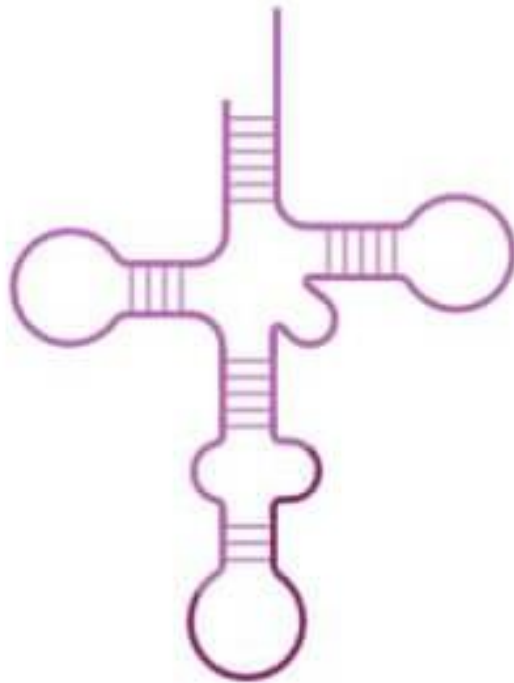


- РНҚ-ның барлық түрлері сияқты, тРНҚ да ДНҚ-мен сәйкес генді оқитын **РНҚ полимераза III ферменті** арқылы ядрода синтезделеді.
- Молекуланың 3' ұшына тРНҚ ферменті-нуклеотидилтрансфераза арқылы **ССА тізбегі** қосылады-амин қышқылы кейіннен осы аймаққа қосылады.
- Содан кейін негіздердің модификациясы жүреді - **метилдену** және кейбір нуклеотидтердің псевдуридинге, инозинге, дигидроуридинге және т.б. бұл өзгерістер тРНҚ метилаза ферментімен жүзеге асырылады және молекуланы рибосома мен аминоацил тРНҚ синтетазасы үшін **тұрақты және танылатын** етеді.
- Осы кезеңдердің барлығының нәтижесінде трансляцияға қатысуға және ақуыз синтезі үшін аминқышқылдарын тасымалдауға дайын жетілген тРНҚ түзіледі.

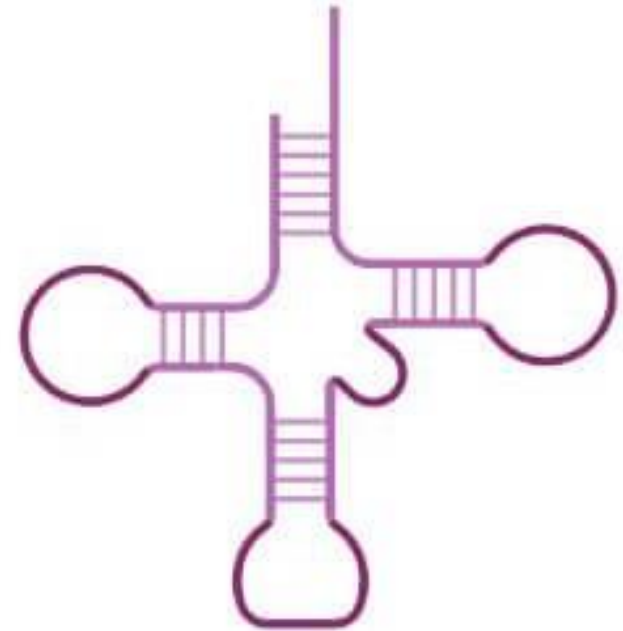
тРНҚ типтері



Бірінші реттік тРНҚ



Аралық тРНҚ



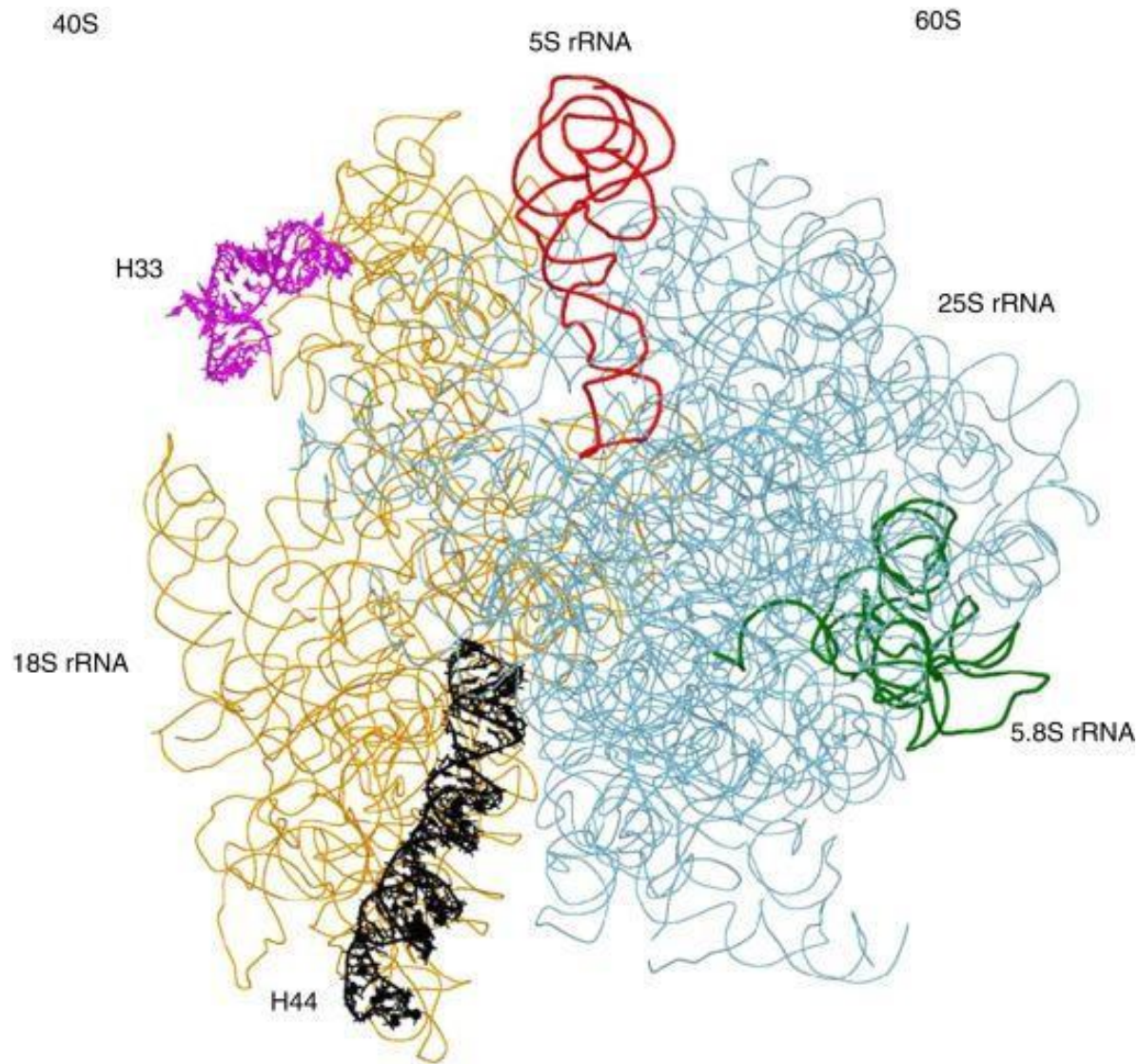
Жетілген тРНҚ

тРНК түрлері олар тасымалдайтын аминқышқылдарының түрлерімен ерекшеленеді. Адамдарда 20 амин қышқылына сәйкес келетін **тРНК-ның 20-ға жуық негізгі түрі** бар.

Сонымен қатар, тРНК-ны олардың антикодондары бойынша жіктеуге болады. Барлығы **64 мүмкін кодон** бар, олардың 61-і аминқышқылдарын кодтайды, ал 3-і (UAA, UAG, UGA) трансляцияны аяқтайтын тоқтату кодондары ретінде қызмет етеді.

Кейбір кодондар бірдей амин қышқылын кодтайды, сондықтан әртүрлі тРНК саны 64-тен аз. Мұндай артықшылық **"Wobble"** деп аталады - бұл қасиет бір тРНК-ға бірнеше байланысты кодондарды тануға мүмкіндік береді.

тРНК-ның антикодондық циклі мРНК кодонымен дәл жұптасуды қамтамасыз етеді, бұл сәйкес амин қышқылының **полипептидтік тізбекке дұрыс қосылуын** қамтамасыз етеді.



рРНҚ (рибосомалық РНҚ)

рРНҚ ол рибосоманың құрамына кіретін РНҚ түрі. Ол ақуыз синтезін катализдейтін молекулалық машина ретінде сипатталады.

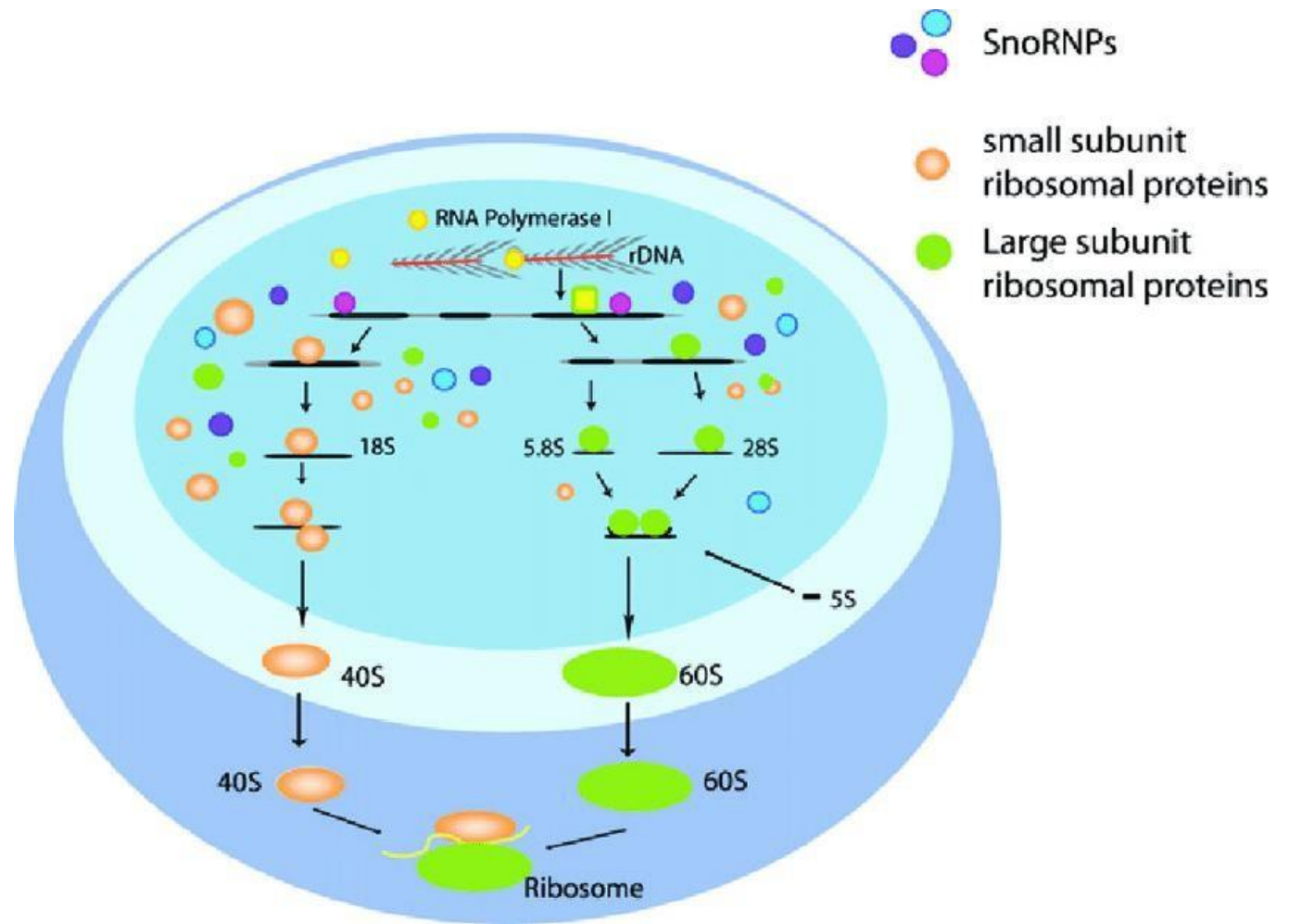
Рибосомалардың жалпы массасының шамамен **60%-ын рРНҚ** құрайды, себебі ол рибосоманың маңызды функцияларына қатысады:

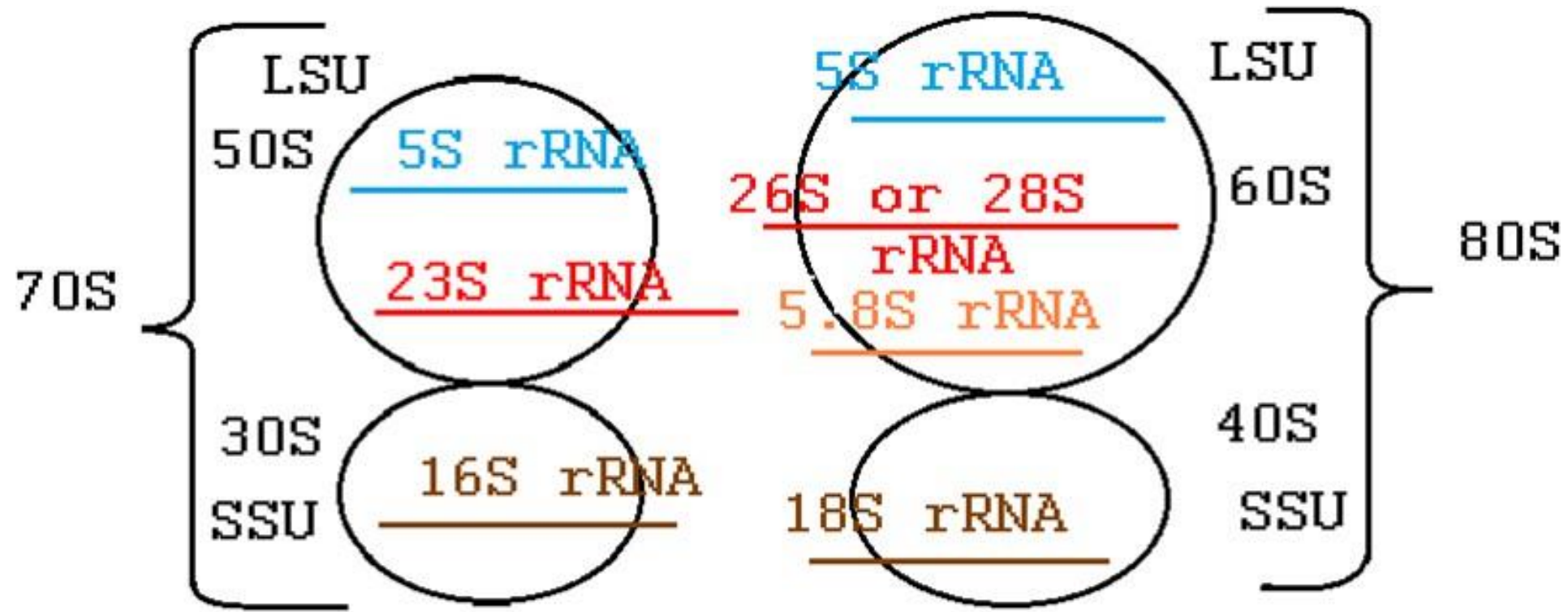
мРНҚ-мен байланысу

тРНҚ-ны тарту (рекруттеу)

аминқышқылдары арасында пептидтік байланыстар түзілуін катализдеу.

Рибосомалық РНҚ (рРНҚ) жасуша ядросында, дәлірек айтқанда, **ядрошықтарда** синтезделеді немесе транскрипцияланады. Ядрошықтар рибосомалардың биогенезінде маңызды рөл атқарады, себебі олар **рибосомалық ақуыздардың жиналуын және ұйымдасуын қамтамасыз етеді.**





**Прокариоттық
рибосома құрылымы**

**Эукариоттық
рибосома құрылымы**

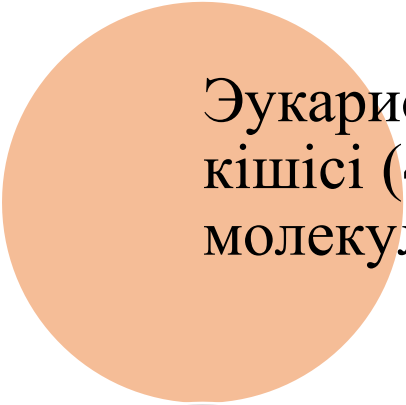
Прокариоттар мен эукариоттарда рибосомалар екі субъбөліктен тұрады - үлкен және кіші, және олар мРНҚ трансляциясы кезінде бірігеді.



Прокариоттарда **кіші субъбөлік** шамамен 1500 нуклеотидтен тұратын РНҚ молекуласынан құралады және оның Сведберг коэффициенті 16S. Бұл субъбөлік рибосомалық ақуыздармен бірге **30S** шөгу коэффициентіне ие.



Үлкен субъбөлік екі РНҚ молекуласынан тұрады: біреуі шамамен 3000 нуклеотид (23S), ал екіншісі қысқа — шамамен 120 нуклеотид (5S). Бұл РНҚ молекулалары ақуыздармен бірге **50S** субъбөлікті түзеді.



Эукариоттарда рибосомалар да екі субъбөліктен тұрады: үлкені (**60S**) және кішісі (**40S**). Кіші суббөлік ұзындығы 200 нуклеотидтен аз екі қысқа рРНК молекуласынан (5S және 5.8S) тұрады,



Үлкен субъбөлік екі ұзын рРНК-дан құралады: бірі 5 килобазадан ұзын (28S), ал екіншісі шамамен 2 килобаза (18S). Жалпы алғанда, эукариот рибосомасының Сведберг коэффициенті **80S**.

Трансляция сатылары

Инициация:

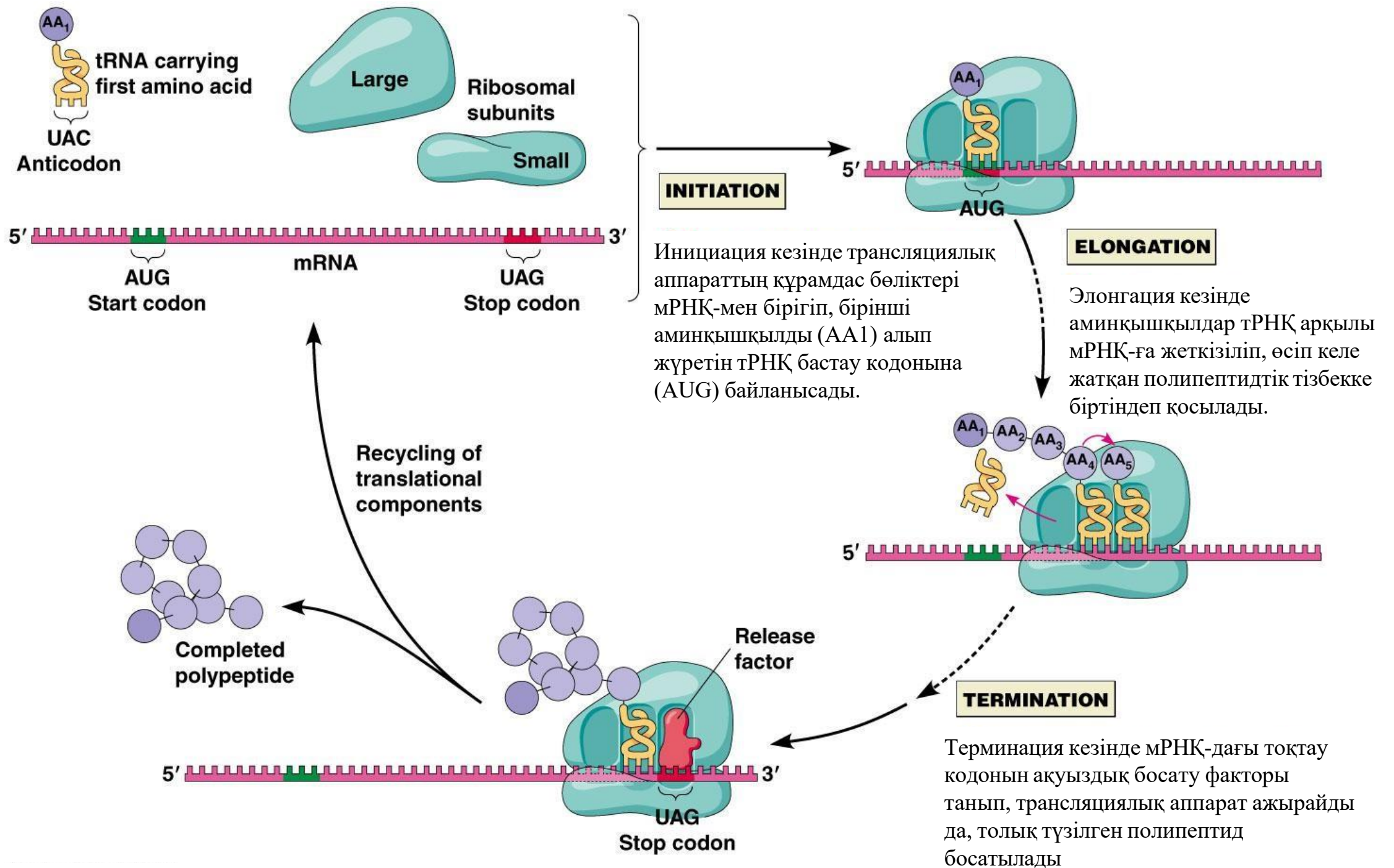
- Рибосома мРНК-ға бекінеді.
- Старт-кодон (AUG) анықталады.
- Алғашқы тРНК метионинді әкеледі.

Элонгация:

- Әр кодонға сәйкес тРНК келіп қосылады.
- Аминқышқылдар пептидтік байланыспен жалғасады.
- Полипептидтік тізбек ұзартады.

Терминация:

- Стоп-кодонға жеткенде синтез тоқтайды.
- Жаңа ақуыз тізбегі босап шығады.



Прокариоттар мен эукариоттардағы ерекшеліктер

Прокариоттарда:

- Транскрипция мен трансляция бір уақытта жүреді.
- мРНК полицистронды (бірнеше ақуызды кодтай алады).

Эукариоттарда:

- Транскрипция ядро ішінде, трансляция цитоплазмада жүреді.
- мРНК өңделеді (сплайсинг, кап, поли-А құйрық).
- Көбіне моноцистронды (бір ген – бір ақуыз).

Бақылау сұрақтары:

1. Трансляция процесінің негізгі мақсаты қандай?
2. РНҚ түрлері және олардың қызметі неде?
3. мРНҚ мен тРНҚ арасындағы айырмашылық қандай?
4. рРНҚ рибосомада қандай рөл атқарады?

Қолданылған әдебиеттер

1. Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., et al. Molecular Biology of the Cell. 7th ed. Garland Science, 2022. ISBN 978-0815346180.
2. Lodish, H., Berk, A., Kaiser, C. A., Krieger, M., et al. Molecular Cell Biology. 9th ed. W.H. Freeman, 2021.
3. Watson, J. D., Baker, T. A. Molecular Biology of the Gene. 7th ed. Pearson, 2013.
4. Nelson, D. L., Cox, M. M. Lehninger Principles of Biochemistry. 8th ed. W.H. Freeman, 2021. 5. Berg, J. M., Tymoczko, J. L., Gatto, G. J., Stryer, L. Biochemistry. 9th ed. W.H. Freeman, 2019.