



GENİN QURULUŞU VƏ EKSPRESSİYASI

Azərbaycan Tibb Universiteti
Tibbi biologiya və genetika kafedrası
Dosent Ə.P.Əzizov

Müzakirə olunacaq məsələlər

- ***DNT***
- ***Gen***
- ***Genom***
- ***Ekspressiya***
- ***Transkripsiya***
- ***Translyasiya***
- ***Tənzimlənmə mexanizmləri***

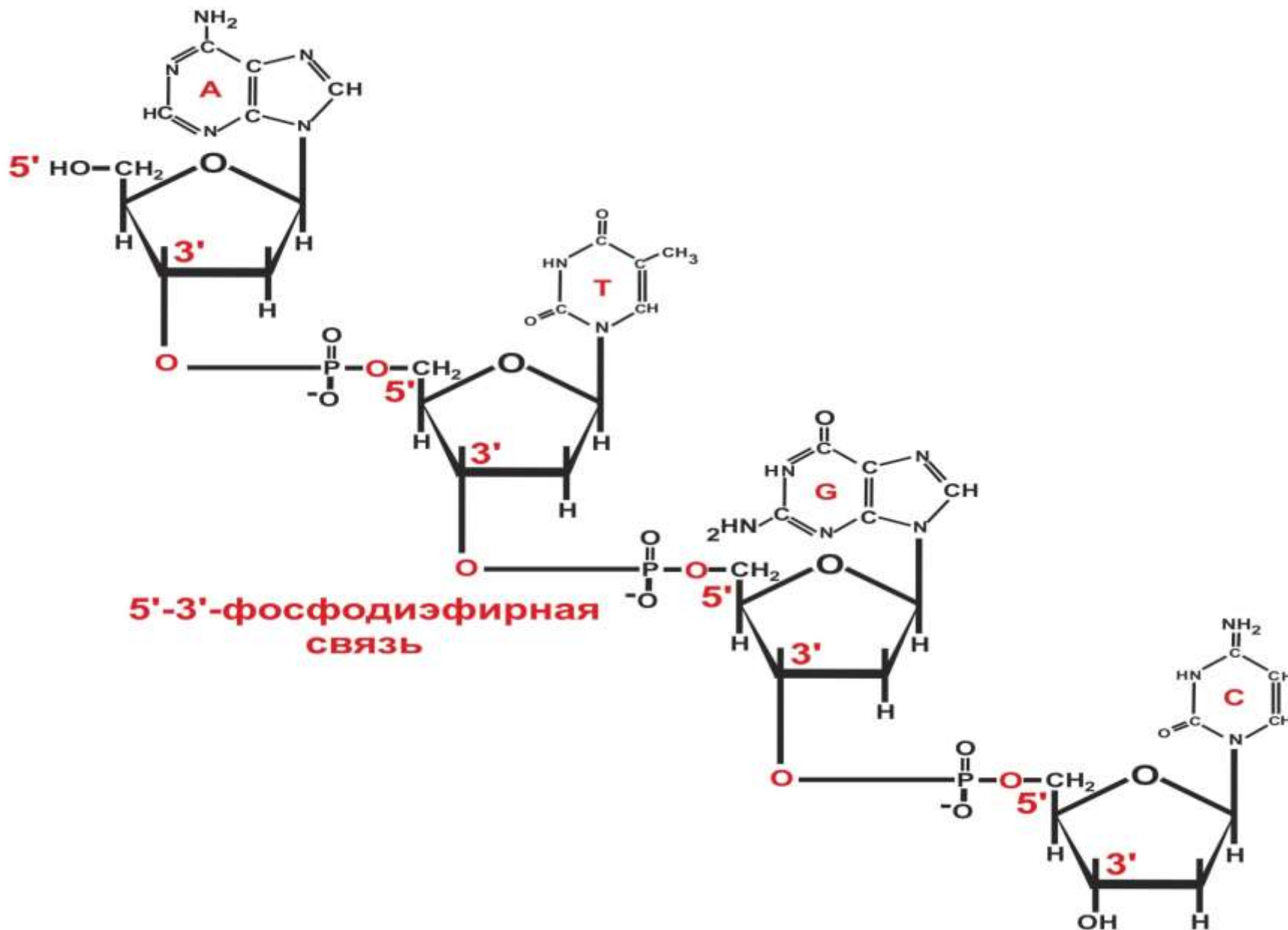
DNT

- **DNT makromolekul olub özündə genetik informasiyanı saxlayır. Bu informasiya əsasında canlı orqanizmlərin quruluşu, inkişafı və funksiyalarının *g e n e t i k p r o q r a m ı* nəşildən nəslə ötürülür.**
- **DNT özündə müxtəlif RNT-lərin və zülalların quruluşu haqqında məlumat saxlayır. Heyvan hüceyrələrinin DNT- si nüvə xromosomlarında və mitoxondrilərdə yerləşir.**
- **DNT nukleotilərin təkrarlarından ibarət polimer zəncirdir.**

DNT

- Hər bir nukleotid *azot əsasından, dezoksiribozadan və fosfat qrupundan* təşkil olunmuşdur.
- DNT tək zəncirində nukleotidlər *dezoksiriboza və fosfat qrupu* arasındakı *fosfo di ester* rabitələrlə birləşir.
- DNT azot əsasları hesabına bir-biri ilə birləşmiş, qarşı-qarşıya duran iki zəncirdən ibarətdir.
- Bu makromolekul spiral kimi burulmuşdur. DNT spirali sağ istiqamətdə (*A-DNT, B-DNT*) və sol istiqamətdə (*Z-DNT*) ola bilər.

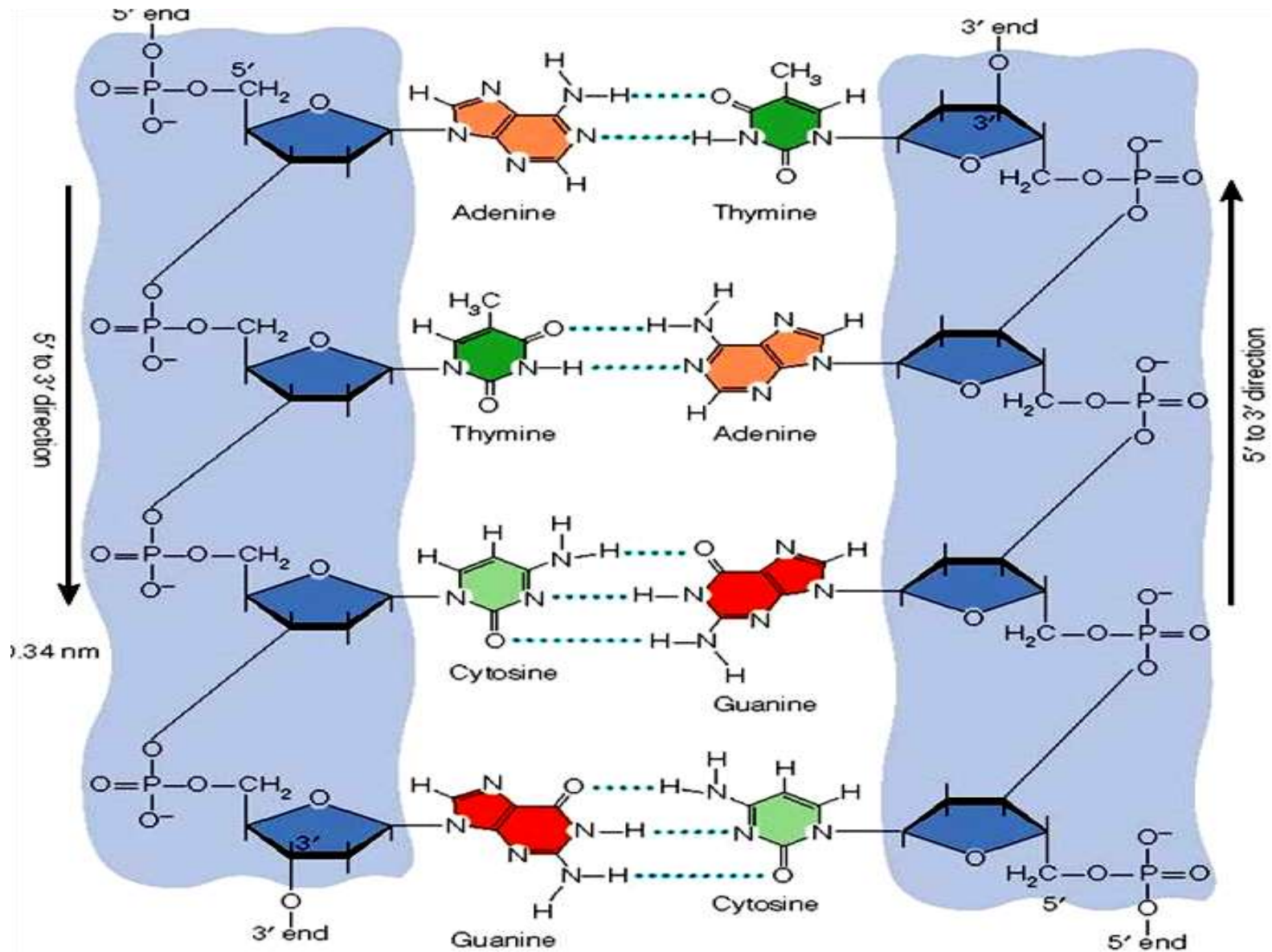
DNT



DNT

- **DNT-də azot əsaslarının dörd növü vardır: *A, G, C, T.***
- **DNT-nin bir zəcirindəki azot əsası qarşıdakı ikinci zəncirin azot əsası ilə hidrogen rabitələri ilə komplementar olaraq birləşir. Adenin yalnız timinlə, qvanin sitozinlə birləşir.**
- **Bu dörd nukleotiddən ibarət ardıcılıq müxtəlif *RNT-lər* (*mRNT, rRNT, nRNT*) və zülallar haqqında irsi məlumatı kodlaşdırmağa imkan verir.**

DNT



A-DNT

- ***A-DNT sağ istiqamətdə*** burulmuş ikispirallı makromolekuldur. Hər bir burum **11** cüt nukleotiddən (c.n.) təşkil olunmuşdur.
- İki qonşu nukleotid cütü arasında məsafə **0,34 nm**, spiralın diametri **2,3 nm**, spiralın oxu boyu burulma bucağı **32,7°** -dir.
- **DNT-RNT kompleksinin əmələ gəlməsi üçün A-DNT-nin olması əsas şərt**dir.
- Belə ki, **OH** – qrupunun olmasına görə transkripsiya zamanı ***RNT-polimeraza yalnız A-DNT-dən istifadə edə bilər.*** A-DNT ultrabənövşəyi şüalanmaya davamlıdır.

B-DNT

- ***B-DNT sağ istiqamətdə*** burulmuş ikispirallı makromolekuldur. Hər bir burum 10,4 cüt nukleotiddən (c.n.) təşkil olunmuşdur.
- **İki qonşu nukleotid cütü** arasında məsafə 0,34 nm, spiralın diametri 2 nm, spiralın oxu boyu burulma bucağı $34,6^\circ$ -dir.
- ***Spiralın oxu nukleotid cütləri üzərindən keçdiyi üçün*** B-DNT-də böyük və kiçik çökəkliklər daha zəif formalaşır. Onların dərinliyi demək olar ki, fərqlənmir, lakin eni müxtəlifdir.
- **Tərkibində su çox olan, nəmlik dərəcəsi yüksək liflərdə və su məhlullarında DNT B-formada olur.**

Z-DNT

- Z-DNT *s o l i s t i q a m ə t d ə* burulmuş ikispirallı makromolekuludur.
- Z-DNT bir-birinə azot əsasları arasında hidrogen rabitələri ilə birləşmiş iki antiparalel zəncirdən ibarətdir.
- Hər bir burum 12 cüt nukleotiddən (c.n.) təşkil olunmuşdur. Spiralın diametri 1,8 nm, spiralın oxu boyu burulma bucağı $60,2^\circ$ -dir.
- A-DNT və B-DNT-dən fərqli olaraq, Z-DNT-də böyük çökəklik çox enlidir və demək olar ki, seçilmir. Kiçik çökəklik isə dar və dərinidir.

Z-DNT

- Z-DNT –də fosfatlar bir-birinə ekvivalent deyil, *spiralın oxundan müxtəlif məsafələrdə yerləşir.*
- Quanin (G) nukleotidləri üçün bu məsafə 0,62 nm, sitozin (C) nukleotidləri üçün isə 0,76 nm təşkil edir.
- Z-DNT zəncirində *dezoksiribozalar əks istiqamətlərə* yönəlmişdir.
- Ona görə də zəncirdə fosfat qruplarının birləşdiyi xətt ziqzaq şəkillidir. Z-DNT –nin adı da buradan , yəni ZİQZAQ sözündən götürülmüşdür.

Z-DNT

- Z-DNT ikiqat spiralın *sabit forması kimi* praktik olaraq *mövcud deyil*.
- Z-DNT-nin sol istiqamətdə burulmuş spirali müvəqqəti quruluş olub, bioloji fəallıq nəticəsində yaranır və sürətlə dağılır.
- B-DNT və Z-DNT bir-birinə keçib biri digərinə çevrilə bilər.
- Belə keçid *fosfofir qəfəsin mənfi yükünü neytrallaşdıran kationların qatılığının dəyişməsi* zamanı baş verir.

Z-DNT

- Z-DNT-nin dəqiq bioloji funksiyaları hələ axıra qədər müəyyən edilməmişdir.
- Hesab olunur ki, Z-DNT *transkripsiya səviyyəsində genlərin ekspressiyasının tənzimlənməsi prosesində* iştirak edir.
- Belə tənzimlənmə Z-DNT üçün spesifik olan zülallarla birləşməklə, zəncirin yüksək dərəcədə spirallaşması yolu ilə həyata keçirilir.
- Genlərin ekspressiyasının tənzimlənməsi spermidin kationlarının təsiri və dezoksisitidinin metilləşməsi ilə də mümkündür.
- Z-DNT transkripsiya prosesində yüksək dərəcədə spirallaşmanı təmin edir və o, bilavasitə *transkripsiyadan sonra* əmələ gəlir.

Z-DNT

- Z-DNT politen xromosomların *disklərarası* sahələrində müəyyən edilmişdir.
- *Nukleosom quruluşu yalnız B-DNT-də vardır.* B-DNT-nin Z-DNT-yə keçidi nukleosomların və xromatidlərin strukturunu dağıdır. Z-DNT-nin yenidən B-DNT-yə çevrilməsi onun tənzimləyici funksiyasını göstərir.
- Etidium bromidin *tripanosomlara* toksik təsiri onların DNT-nin Z-DNT-yə çevrilməsi ilə əlaqədardır. B-DNT zənciri açılır, Z-DNT-yə çevrilir, replikasiya və reparasiya qabiliyyətini itirir.

DNT

- **RNT-nin bütün tipləri DNT matrisi üzərində irsi məlumatın RNT-yə köçürülməsi prosesində, yəni transkripsiya zamanı sintez olunur. Bu RNT-lər sonrakı mərhələdə zülalların sintesi prosesini həyata keçirirlər.**
- **Zülalları kodlaşdıran nukleotid ardıcılıqlarından başqa, DNT-də requlyator və struktur funksiyaları yerinə yetirən gen sahələrinə uyğun ardıcılıqlar vardır.**
- **Eukariotların genomunda öz yerini sərbəst dəyişə bilən mobil genetik elementlərə və ya transpozonlara tez-tez rast gəlinir.**

Transpozonlar

- Transpozonlar genom daxilində yerini dəyişə bilən (transpozisiya) və çoxalma qabiliyyətinə malik DNT sahələridir.
- Transpozonlar formal olaraq *g e n o m u n k o d l a ş d ı r m a y a n* sahələrinə aid edilir.
- Genom DNT-nin bu hissəsinin nukleotid ardıcılığı zülalların quruluşu haqqında hər hansı bir məlumatı saxlamır.
- Bəzi hallarda onlar müəyyən fermentləri kodlaşdırır.
- Transpozonlar müxtəlif növlərdə genomun 15-85% -ni, insan genomunun 45% -ni təşkil edir.

DNT

- **DNT-nin quruluşunun açılması (1953) biologiyanın inkişaf tarixində ən mühüm dönüş nöqtələrindən biridir. Bu kəşfə görə *F. K r i k, C. U o t s o n və M. U i l k i n s* 1962-ci ildə Nobel mükafatına layiq görüldülər.**
- **Kristalloqraf *R o z a l i n d F r a n k l i n* ilk dəfə olaraq DNT-nin rentgenoqrammını almışdır.**
- **R.Franklinin tədqiqatları olmadan Krik və Uotson DNT-nin quruluşu haqqında hər hansı bir nəticəyə gələ bilməzdilər.**
- **R.Franklin 1958-ci ildə xərçəngdən vəfat etmişdir. Ölümündən sonra Nobel mükafatı verilmir.**

F.Krik, C.Uotson, M.Uilkins



Rosalind Franklin



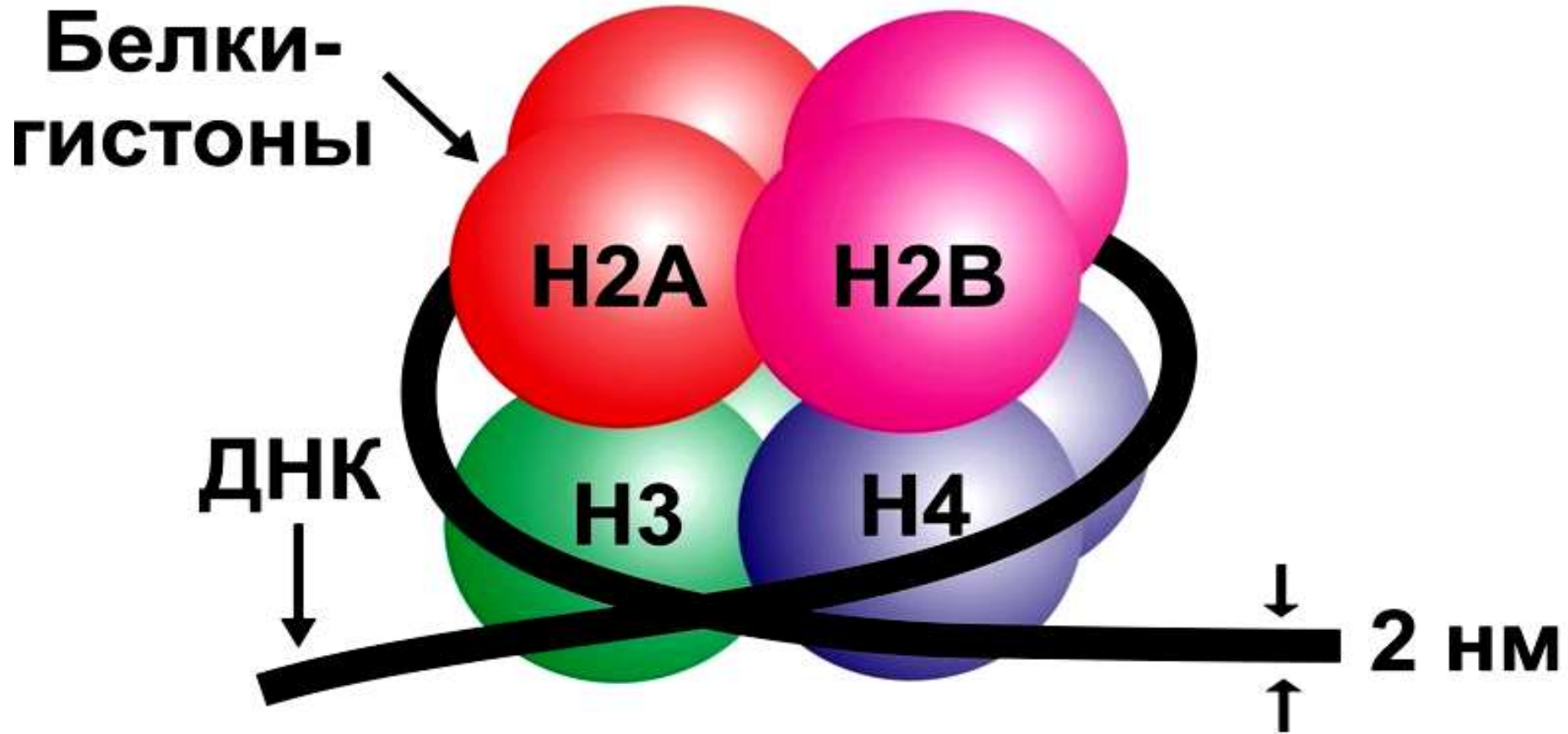
DNT

- Eukariot hüceyrələrdə genetik məlumatın təbii daşıyıcısı ***DNT və histon*** zülallardan təşkil olunmuş ***xromatin-nukleoprotein*** kompleksidir.
- Xromatinin əsas ***təkrarlana vahidi nukleosom***dur.
- Nukleosom zülal oktamerin və ya zülal özəyin ətrafına burulmuş **DNT-nin 147 c.n. –dən** ibarət ardıcılığından və oktamerə birləşməyən **DNT-linkerdən (60 c.n.)** təşkil olunmuşdur.
- Zülal oktamer və ya özək ***H2A, H2B, H3, H4*** histon zülallarından əmələ gəlmişdir.

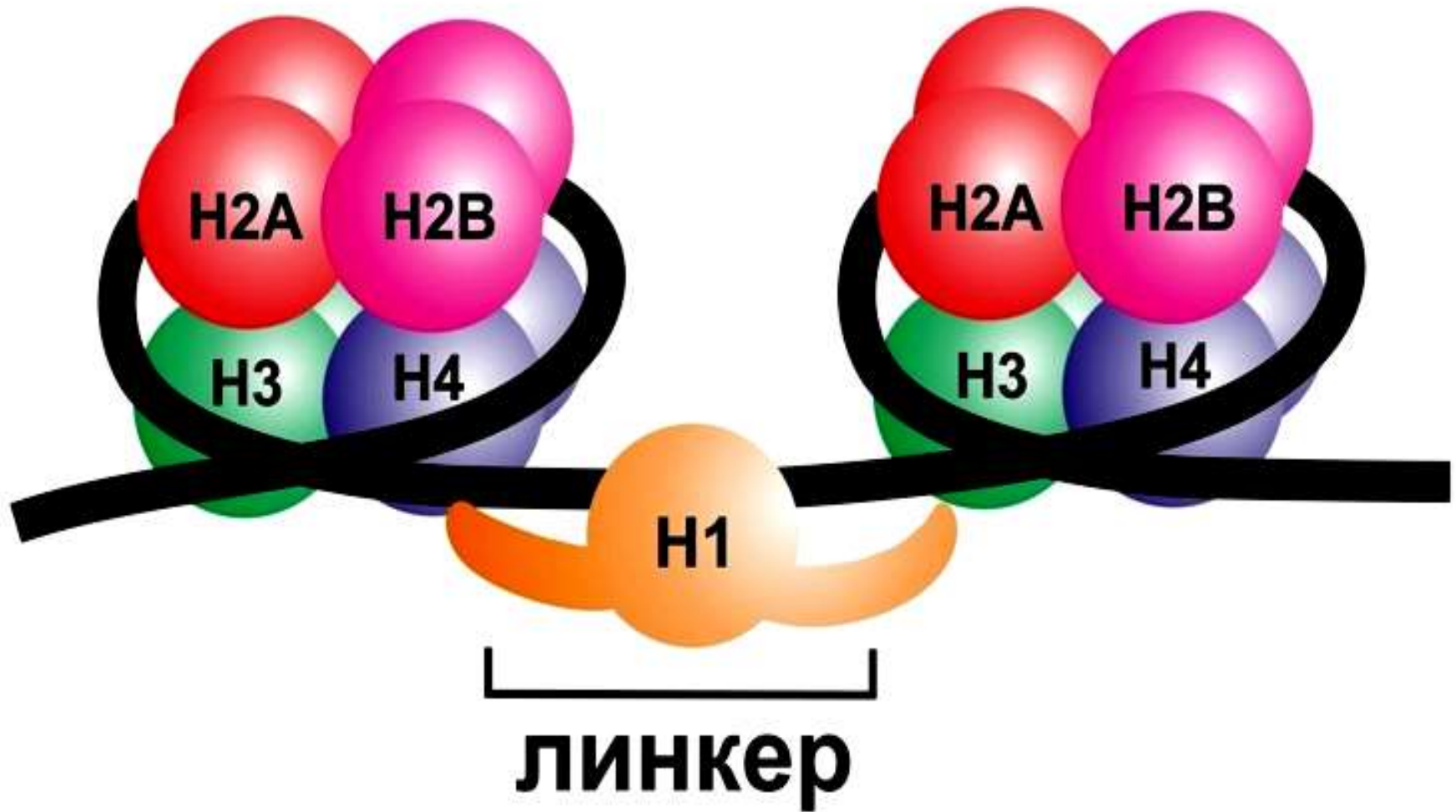
DNT

- **Histonların xromatinə birləşməsi və DNP kompleksin formalaşması yalnız S-fazada baş verir**
- **Histon genlərinin ekspressiyası hüceyrənin *həyat dövrü*ylə *tənzimlənir*. Histonların mRNT-ləri klasterlərdə (qruplarda) paylanan bir neçə gendən transkripsiya olunur.**
- ***H1* histonu *H3-H4* tetramer rayonunda *linker DNT-nin ucları* ilə qarşılıqlı əlaqədə olur.**
- **DNT-nin kompakt yığılmasının bütün səviyyələri üçün əsas rol nukleosomlara məxsusdur.**

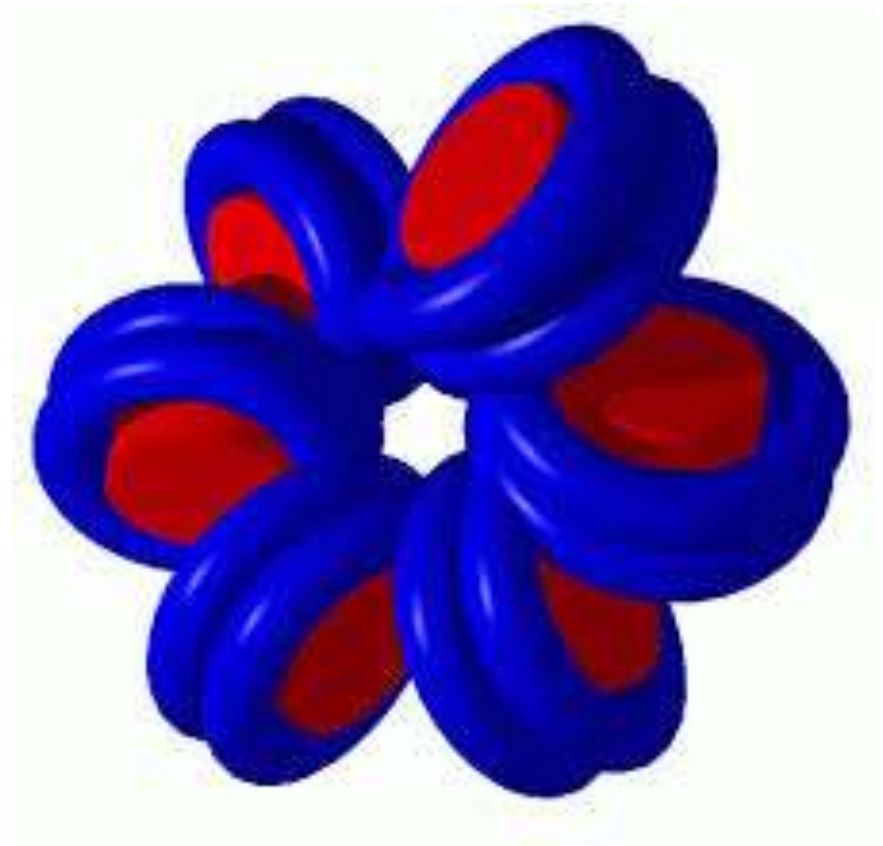
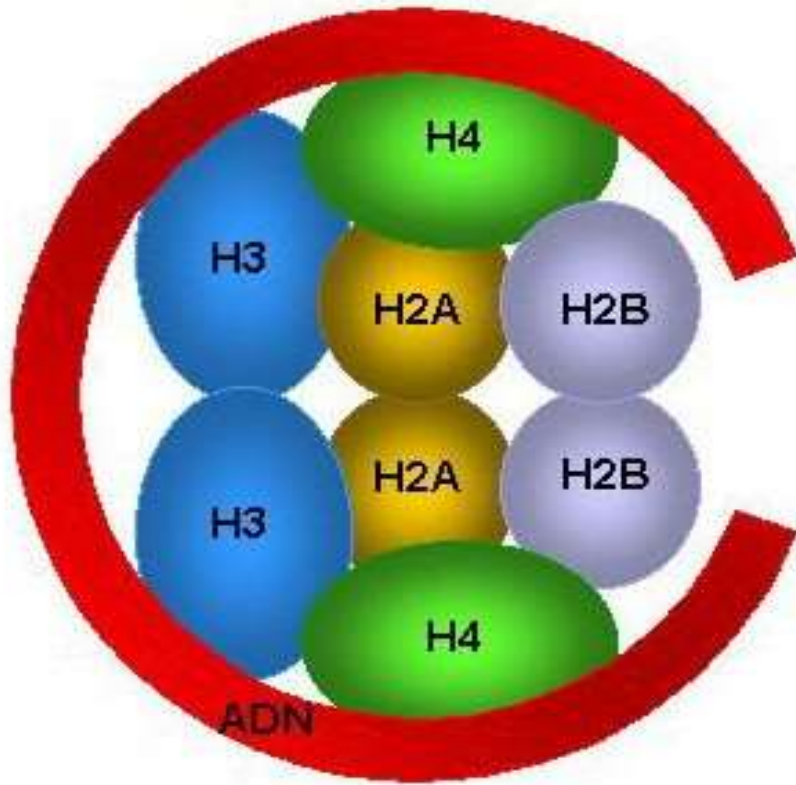
DNT- nukleosom



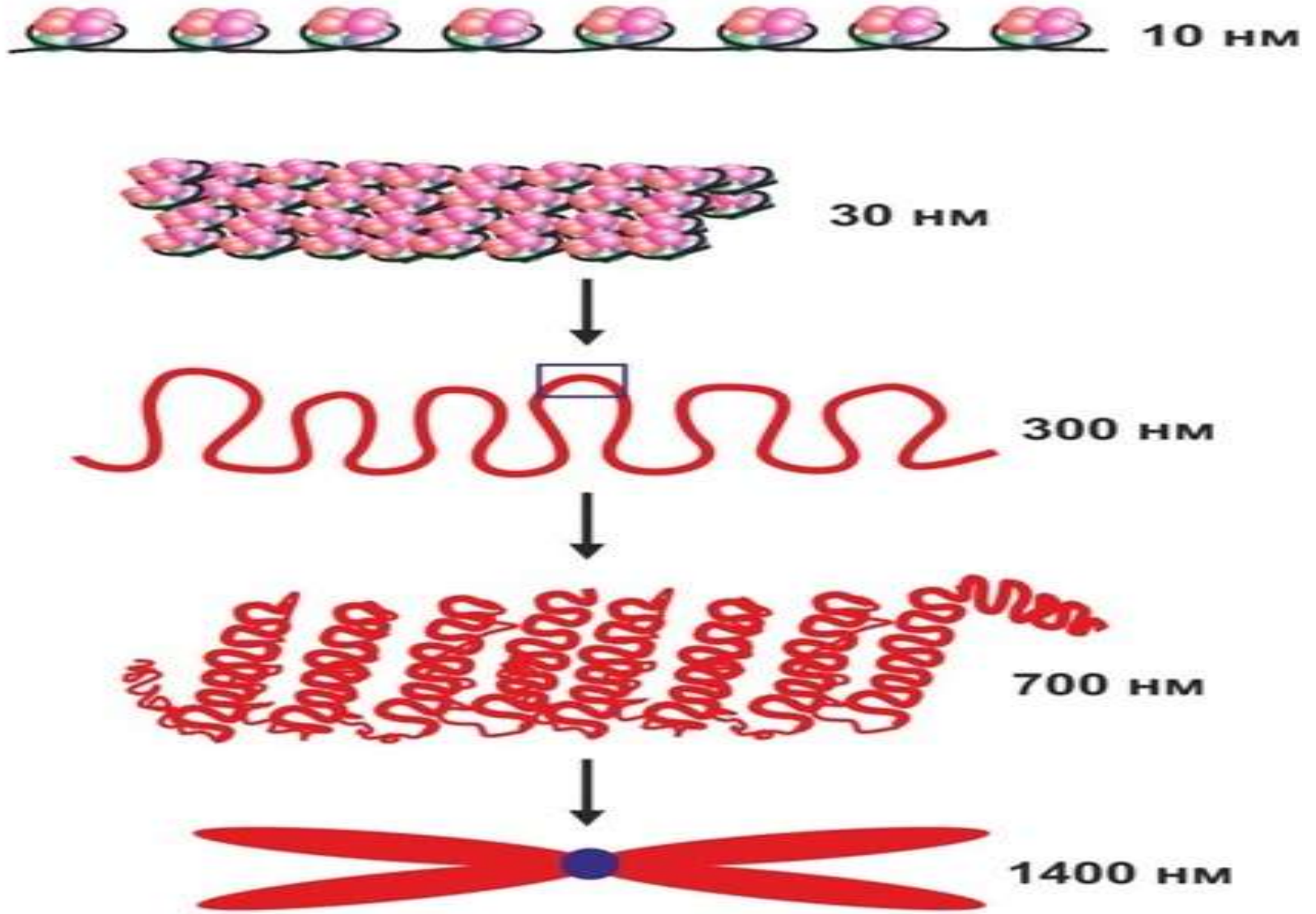
DNT:nukleosom-H1-nukleosom



Nukleosom - solenoid



DNT-nin kompakt yığılmasının səviyyələri



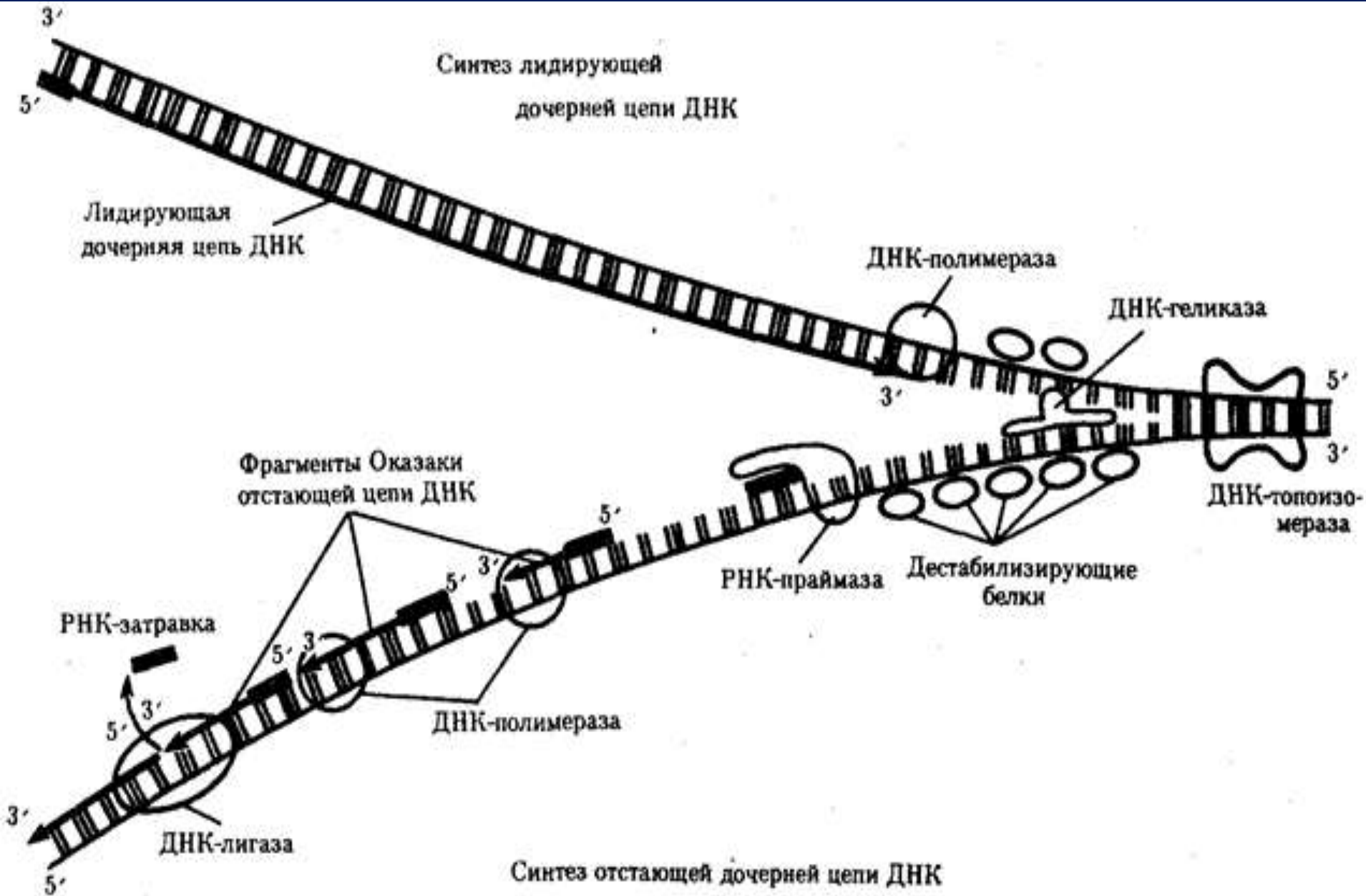
DNT-nin replikasiyası

- **DNT öz-özünü törədən makromolekuldur. Onun replikasiyası yarımkonservativ üsulla baş verir. Hər yeni əmələ gələn molekul özündə əvvəlki molekuldan bir zənciri və onun matrisində komplementar olaraq sintez olunan yeni zənciri birləşdirir.**
- **DNT-nin replikasiyası və DNT-histon (DNP) kompleksinin formalaşması interfazanın S dövründə baş verir.**
- **İlkin DNT-də zəncirlərin ayrılması *o r i* nöqtəsindən başlayır. Bu nöqtəni ATF enerjisindən istifadə edərək hidrogen rabitələrini kəsən *h e l i k a z a* fermenti tanıyır.**

DNT-nin replikasiyası

- Ayrılmış zəncirlərin yenidən birləşməməsi üçün onları müəyyən məsafədə saxlayan SSBP zülalı DNT –nin sabit quruluşunu pozur.
- Bu zülallar dezoksiriboza-fosfat gövdə boyunca bir cərgədə yerləşirlər.
- SSBP zülalı hesabına replikasiya çəngəli adlanan replikasiya zonası əmələ gəlir.
- Replikasiyanın başlanğıc nöqtələri 300 c.n. təşkil olunmuşdur.
- DNT–nin replikasiya vahidi *r e p l i k o n* replikasiyanın inisiasiya nöqtəsindən terminasiyaya qədər nukleotid ardıcılığını əhatə edir.

DNT-nin replikasiyası



DNT-nin replikasiyası

- **DNT-nin elonqasiyası üçün 3'–sərbəst ucu olan praymer lazımdır. Yalnız ilkin DNT molekulunun zəncirlərindən birinə belə *3'-OH uclu RNT-praymer* birləşdikdən sonra DNT-polimerazalar fəaliyyət göstərir.**
- **DNT matrisi üzərində RNT-praymaza fermentinin təsiri altında 5-15 nukleotiddən ibarət qısa RNT fraqmentləri (RNT- praymerlər) sintez olunur. Bu proses üçün sərbəst 3'-OH uc tələb olunmur.**
- **RNT–praymerlərə DNT–polimeraza III fermenti 5'-dezoksiribonukleotidləri birləşdirir. DNT-polimeraza I RNT–praymeri kəsir və onu DNT-nin nukleotid ardıcılığı ilə əvəz edir.**

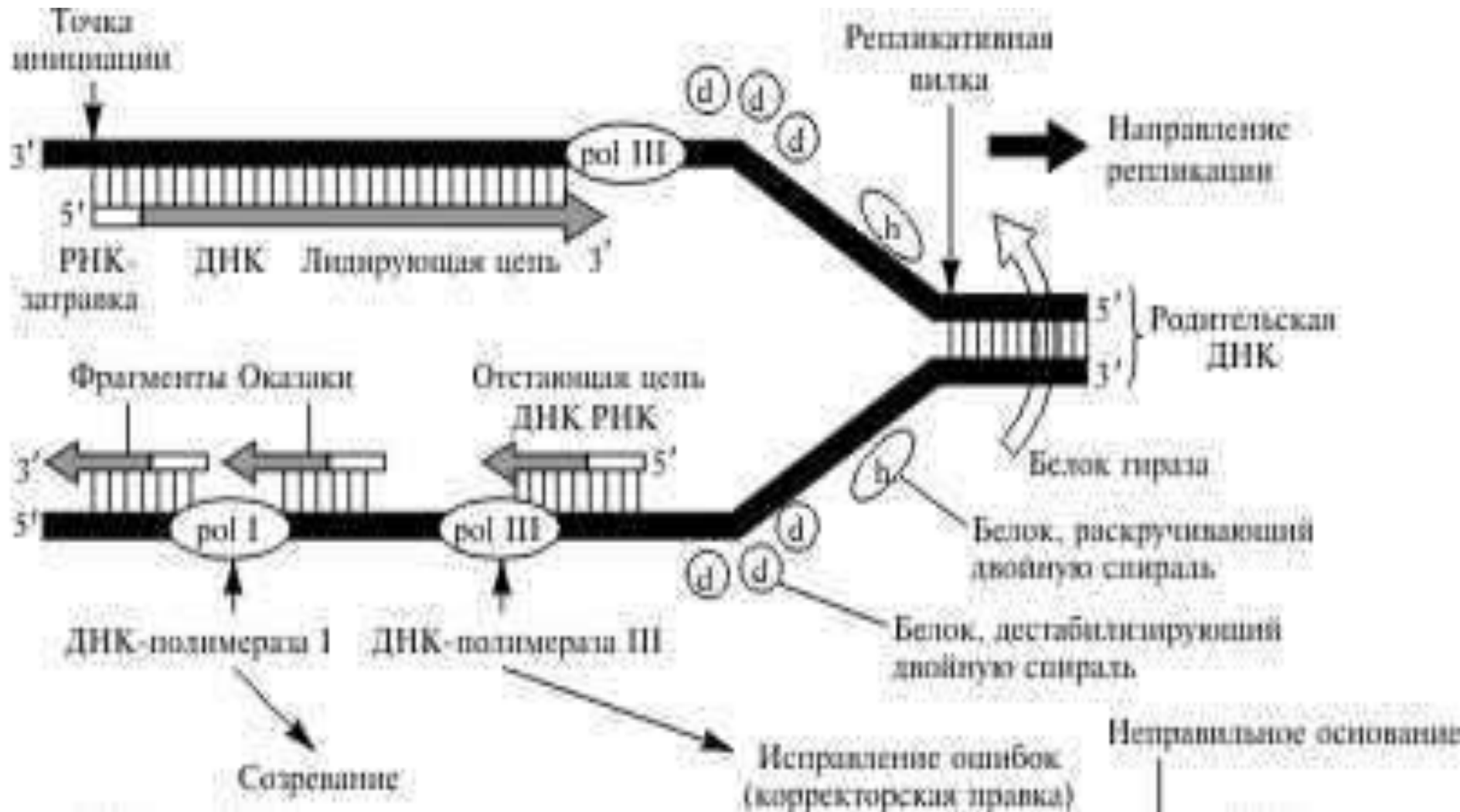
DNT-nin replikasiyası

- DNT molekulundakı iki polinukleotid zəncir antiparalel yerləşir, yəni zəncirlərdən biri 5'-dən 3'-ə doğru istiqamətdə uzanırsa, ikincisi birincinin tam əksi olan 3'→5' istiqamətinə malikdir.
- DNT-polimeraza III fermenti DNT-nin sintezini yalnız 5'→3' istiqamətində aparır. Ona görə də replikasiya çəngəli hüduqlarında sintez iki müxtəlif istiqamətdə gedir.
- DNT-nin fasiləsiz sintezi üçün matris açılmış zəncirlərdən yalnız biri ola bilər. Bu zəncir aparıcı və ya *l i d e r zəncir* adlanır.

DNT-nin replikasiyası

- Replikasiya çəngəlinin əks zəncirinin və ya *g e c i k ə n zəncir* üzərində DNT-nin fasiləli sintezinin yeni-yeni inisiyasiya nöqtələri əmələ gəlir.
- Fasiləli sintez zamanı RNT-praymerlərin kəsilməsi və kənarlaşdırılması, eləcə də çatışmayan nukleotidlərin sintezi DNT-polimeraza I fermenti ilə həyata keçirilir.
- Ayrı-ayrı Okazaki fraqmentləri arasında fosfodiefir rabitələr yaratmaqla onları birləşdirən ferment DNT - liqazadır.

DNT-nin replikasiyası



DNT-nin replikasiyası

- **Eukariotlarda Okazaki fraqmentləri çox kiçikdir və 100-200 nukleotiddən təşkil olunmuşdur. Hər bir fraqmentin sintezindən əvvəl RNT-praymer formalaşır. Eukariotların gecikən zəncirində RNT-praymerlər təqribən 200 nukleotid intervalla sintez olunur.**
- **DNT-polimeraza III fermentinin dimer kompleksinin hər bir monomeri təkzəncirli matrislərlə birləşir.**
- **DNT-polimeraza III fermentinin β -subvahidləri DNT zəncirləri ilə sürüşən qıfıl sistemi əmələ gətirir və onların kor-ferment sistemindən çıxmasının qarşısını alır. Lider zəncirdə DNT-nin fasiləsiz sintezi gedir. Geri qalan zəncir ilgək əmələ gətirir.**

Gen

- **Gen canlı orqanizmlərin irsiyyətinin struktur və funksional vahididir.**
- **Gen polipeptiddə amin turşuların və ya funksional RNT-də nukleotidlərin ardıcılığını müəyyən edən DNT sahəsidir.**
- **Genlər (daha dəqiq desək, onların allelləri) çoxalma prosesində valideynlərdən nəsle ötürülən irsi əlamətləri müəyyən edir.**
- **“Gen” və “genotip” terminləri V. İohansen tərəfindən elmə daxil edilmişdir.**

Gen

- Molekulyar biologiya elmi geni aşağıdakı kimi xarakterizə edir: *gen bir zülal və ya bir mRNT molekulunun quruluşu haqqında* tam genetik informasiya saxlayan DNT sahələridir.
- Bu funksional molekullar hüceyrə və orqanizm səviyyələrində inkişaf, böyümə, çoxalma və digər fizioloji prosesləri müəyyən edirlər.
- Gen DNT-də bir sıra spesifik nukleotid ardıcılıqlarının olması ilə fərqlənir. Onlardan biri promotorlardır.
- *Promotorlar* genin işinin tənzimlənməsi prosesində bilavasitə iştirak edirlər.

Gen

- Gen tərkibində bir necə yüz c.n.-dən bir milyon c.n.-ə qədər DNT ardıcılıqlarını birləşdirir. Bu ardıcılıqlarda zülalların ilkin quruluşu haqqında informasiya kodlaşdırılmışdır.
- Gendə olan məlumatın ardıcıl və düzgün köçürülməsi üçün *inisiyasiya* kodonunun, amin turşuların ardıcılığı haqqında *məlumat saxlayan* kodonların və *terminasiya* kodonunun olması əsas şərtidir.
- *Kodon* üç ardıcıl yerləşmiş nukleotidin birləşməsindən əmələ gəlmişdir. Zülalların tərkibində amin turşuların ardıcılığı kodonların gendə ardıcılığı ilə müəyyən edilir.

Gen

- ***Genin işini tənzimləyən*** nukleotid ardıcılıqlar genomda müxtəlif məsafələrdə, hətta milyon c.n. uzaqlıqda ola bilər.
- Belə tənzimləyici DNT ardıcılıqlarına enhanserlər, insulyatorlar və saylenserlər aiddir.
- Beləliklə, gen anlayışı heç də DNT-nin zülalları kodlaşdıran sahələri kimi başa düşülmür.
- Genlər həm də DNT-nin struktur-funksional və tənzimləyici prosesləri idarə edən nukleotid ardıcılıqlarıdır.

Prokariotlarda genin quruluşu



QZ

Prokariotlarda genin quruluşu

- Prokariotlarda genomun *operon* quruluşu səciyyəvidir.
- *Escherichia coli* –nin laktoza operonu promotor, operator, üç struktur gen və terminatorlardan təşkil olunmuşdur.
- Zülal-repressoru kodlaşdıran və genomun başqa bir hissəsində yerləşən *gen-requlyator* operondan 35 c.n. məsafədə DNT ardıcılığıdır.
- Gen-requlyator *operonun tərkibinə daxil deyil* və operona daxil olan promotorun işini tənzimləmir.

Prokariotlarda genin quruluşu

- Prokariotlarda genomun operon quruluşuna misal kimi *Escherichia coli* bakteriyasının laktoza, triptofan və pirimidin operonlarını göstərmək olar.
- Operonun başlanğıcında (sol uc) və sonunda (sağ uc) tənzimləyici sahələr yerləşir. Operon promotorla başlayır və terminatorla qurtarır.
- Bundan başqa, triptofan operonunda olduğu kimi, hər bir struktur genin ayrılıqda promorotu və terminatoru ola bilər.
- Operonun genləri arasında heteroxromatin gen ayırıcı sahələr və struktur genlərin daxilində intronlar yoxdur.

Eukariotlarda genin quruluşu

- Prokariotlardan fərqli olaraq, eukariotların genləri genomun operon quruluşunu əmələ gətirmir.
- Eukariotların genlərinin hər birinin ayrılıqda *promotoru və terminatoru* vardır.
- Eukariotların genləri mürəkkəb quruluşludur, onların tərkibində gen məhsulunun sintezi üçün məlumat saxlamayan DNT ardıcılıqları – intronlar vardır.
- Eukariotların genlərində genetik məlumat saxlamayan sahələr *intronlar*, sintez üçün lazım olan məlumatı saxlayan sahələr isə *ekzonlar* adlanır.

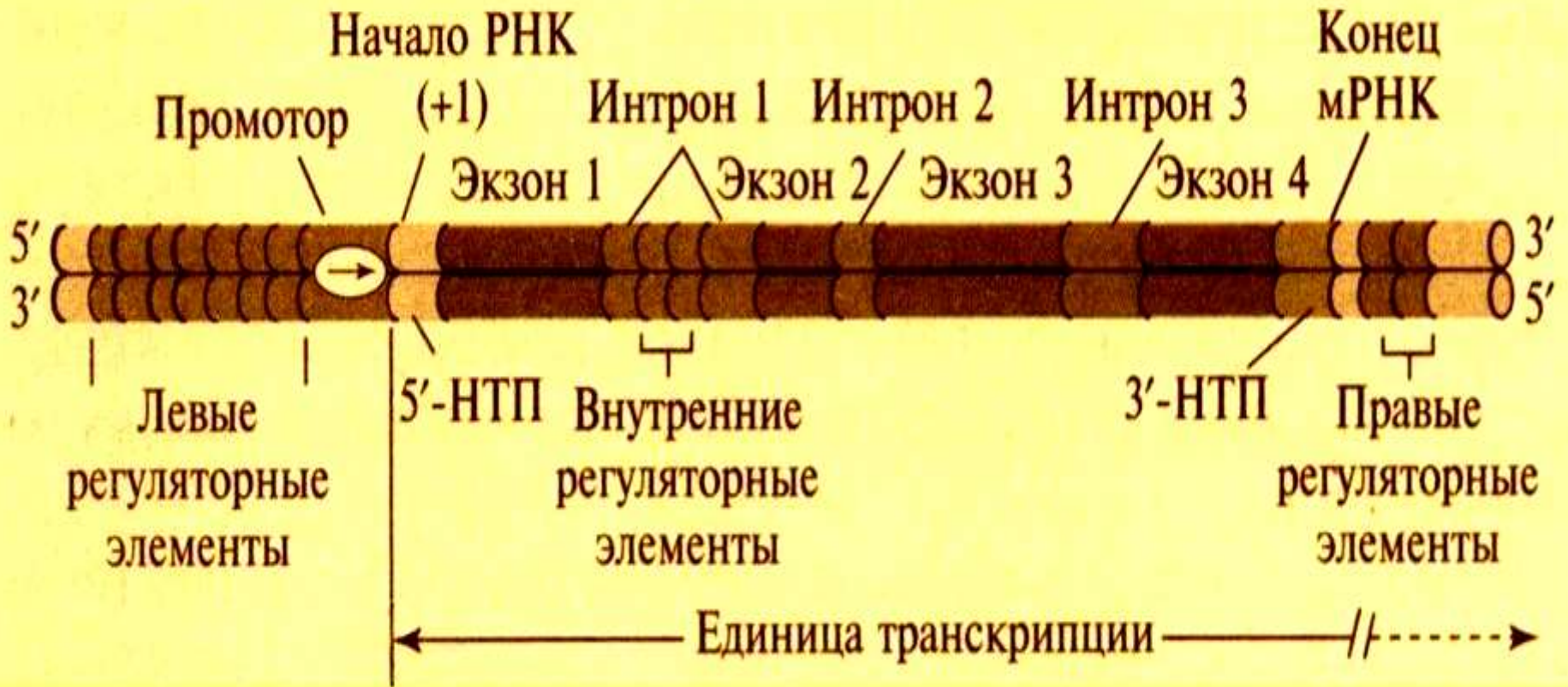
Eukariotlarda genin quruluşu

- Eukariotların genlərinin mühüm tərkib hissəsi onların tənzimləyici sahələridir.
- Genlərdəki bu tənzimləyici sahələrin hesabına hüceyrə gen məhsullarının sintezini zəiflədib - sürətləndirə bilir.
- Genin tərkibində belə requlyator ardıcılıqların olması eukariotlara genlərin işini çox dəqiqliklə tənzimləmə imkanı verir.
- *P r o m o t o r* eukariotların genlərində ən mühüm requlyator ardıcılıqlardan biri olub, transkripsiyanın başlanğıc nöqtəsindən solda yerləşir.

Eukariotlarda genin quruluşu

- *5' -translyasiya olunmayan sahə (5'-TOS) və ya lider transkripsiyanın başlanğıc nöqtəsindən start – kodona qədər sahəni əhatə edir.*
- **Genin tərkibinə kodlaşdıran ekzonlar və kodlaşdırmayan intronlar daxildir. Heterogen nüvə RNT-nin tərkibindən intronlar kəsilir, mRNT yalnız ekzonlardan təşkil olunmuşdur.**
- *3' -translyasiya olunmayan və ya treyler sahə (3'-TOS) stop-kodondan və AAAUAA - poliadenilləşmə sahəsinə qədər olan hissəni əhatə edir. 5'-TOS və 3'-TOS transkripsiya olunur, yetkin mRNT- nin tərkibinə daxildir, lakin translyasiya olunmur.*

Eukariotlarda genin quruluşu



Eukariotlarda genin quruluşu

- Eukariotların genlərinin əksəriyyəti fasiləli quruluşa malikdir. Belə ki, onların tərkibidə kodlaşdıran ardıcılıqlar – ekzonlar və kodlaşdırmayan ardıcılıqlar – intronlar vardır
- Genlər ekzonlarla başlayıb ekzonlarla qurtarır.
- Ekzonların arasında yerləşən intronların sayı çox fərqli ola bilər. Məsələn qlobin genlərində 3 ekzon, 2 intron var, distrofin geninin tərkibinə isə 79 intron daxildir.
- İtronların ölçüləri ekzonların ölçülərindən böyükdür. Ona görə də ekzonlar genin az bir hissəsini təşkil edirlər.

Eukariotlarda genin quruluşu

- Eukariotların bəzi genlərində intronlar yoxdur. *Histonların, interferonların, məməlilərin və insanın mitoxondri genlərində* intronlar olmur.
- Heterogen nüvə RNT-nin (hnRNT) müxtəlif variantlarda kəsilməsi onun ekzon-intron kompleksinin tərkibində ciddi dəyiqliyə səbəb olur.
- Nəticədə eyni bir genin fərqli gen məhsulları özündə ekzonların müxtəlif dəstlərini saxlayır, sintez olunan zülallar yaxın olsalar da, fərqlidir.

Genin xassələri

- ***Diskretlik*** – bir gen ayrılıqda fəaliyyət göstərir, digər genlərlə qarışmır.
- ***Stabillik*** – genlər təmdir, normada onlar öz quruluşlarını qoruyub saxlaya bilirlər..
- ***Labillik*** - genlərin quruluşu nisbi sabitdir, onlarda dəfələrlə mutasiya baş verə bilər.
- ***Allellər çoxluğu və ya çoxsaylı allelizm*** - populyasiyalarda genlər bir-birindən molekulyar quruluşlarına görə fərqlənən çoxlu allellər kimi mövcuddur.
- ***Allellik*** – diploid orqanizmlərin genotipində eyni bir genin normada yalnız iki alleli ola bilər.

Genin xassələri

- ***Spesifiklik*** – hər bir gen yalnız özünəməxsus spesifik əlaməti kodlaşdırır.
- ***Pleyotropiya*** - genin çoxcəhətli təsiridir, bu halda bir gen çoxlu əlamətlərin həm paralel, həm də ardıcıl inkişafını təmin edir.
- ***Ekspressivlik*** – genin əlamətdə ifadə olunma dərəcəsini və ya fenotipdə üzə çıxma dərəsinin keyfiyyət göstəricisini əks etdirir.
- ***Penetrantlıq*** – genin fenotipdə üzə çıxmasının tezliyini və ya sayını ifadə edir.
- ***Amplifikasiya*** - genin surətlərinin artması və ya molekulyar səviyyədə çoxalmasıdır.

Genlərin təsnifatı

- ***Struktur genlər.*** Bu genlər zülalların ilkin quruluşu haqqında məlumatı kodlaşdırır, onların sintezinə nəzarət edir. Struktur genlərdə tripletlərin yerləşmə ardıcılığı polipeptiddə amin turşuların ardıcılığına tam uyğundur.
- ***Funksional (requlyator) genlər.*** Bu genlər struktur genlərin işini tənzimləyir, istiqamətləndirir və və onların fəaliyyətinə nəzarət edir.
- Bu iki əsas qrupdan başqa, *unikal* genlər, *ev təsərrüfatı* genləri, *ana effekti* genləri və *təkrarlanan* genlər qrupları da ayırd edilir.

Genom

- Orqanizmin bir hüceyrəsində olan irsi materialın cəmi onun genomudur. Genomun başqa bir təyininə isə *genom növün haploid xromosom dəstində olan genetik materialın cəmi* kimi qəbul edilir.
- Genom orqanizmin quruluşu, böyüməsi və inkişafı və digər fizioloji xüsusiyyətləri haqqında bioloji informasiyanı saxlayır.
- Genomların əksəriyyəti, o cümlədən, insanın genomu və həyatın bütün hüceyrəvi quruluşa malik formaların genomları DNT-dən təşkil olunmuşdur. Bəzi virusların genomu RNT mənşəlidir.

Genom

- Eukariotların genomunun ölçüləri DNT-də olan *n u k l e o t i d c ü t l ə r i n s a y ı k i m i (c.n.)* və haploid genomda DNT-nin *p i k o q r a m l a m i q d a r ı* kimi təyin edilir.
- İnsanın somatik hüceyrələrində irsi material DNP 23 (22 cüt autosom və 1 cüt cinsiyyət xromosomu) cüt xromosomlarda yerləşir. Nüvə DNT-si ilə yanaşı, hüceyrədə mtDNT-nin çoxsaylı surətləri vardır.
- İnsanın haploid genomundakı 22 autosom, X - və ya Y- xromosomlardan biri və mtDNT birlikdə onun 3,1 milyard cüt nukleotiddən ibarət genomunu formalaşdırır.

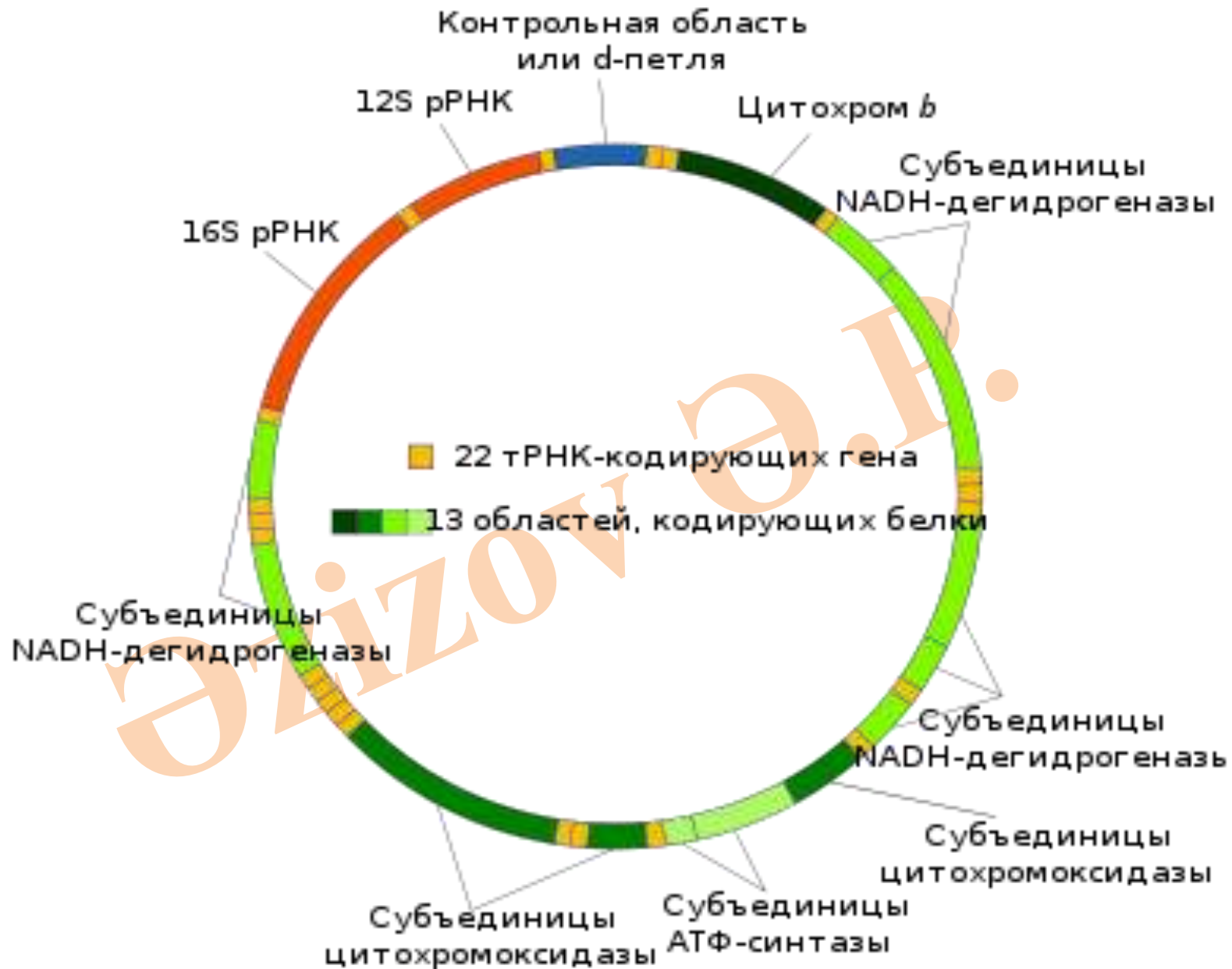
Genom

- **Eukariotlarda bütün genetik informasiya praktik olaraq nüvədə, xətti quruluşlu xromosomlardakı genlərdə saxlanılır.**
- **Xromosomların haploid dəstində olan genlərin cəmini göstərmək üçün "genom" terminini ilk dəfə Hans Vinkler (1920) elmə daxil etmişdir.**
- **Genomun ölçülərinin onda olan genlərin sayına nisbətinə görə genomları çox dəqiq seçilən iki sinfə ayırmaq olar.**
- **Birincilərə ölçüləri 10 milyon c.n. və ya 10 Mb (*10 megabasis*) olan kiçik genomlar aiddir. İkinci sinif genomlar özündə 100 Mb və daha çox nukleotid cütlərini birləşdirir.**

İnsanın mitoxondri genomu

- Mitoxondrilərdə nüvə DNT-dən nisbi asılı olmayan mtDNT vardır. İnsan hüceyrələrinin funksiyalarından asılı olaraq hər birində *halqəşəkilli mtDNT-nin 5-10 surəti* olur. Bütün mtDNT-lər və onların genləri *ana xətti* ilə, *yumurtahüceyrədən* irsən keçir.
- İnsanın hər bir mtDNT molekulu *16569 c.n.-dən* təşkil olunmuşdur. Hər bir mtDNT –də *37* gen vardır ki, onlardan *13* gen zülalları kodlaşdırır, *22* –si nRNT genləridir, *2* gen isə *12S* и *16S* ribosom RNT-ləri kodlaşdırır.

İnsanın mitoxondri genomu



Ekspressiya

- **Genlərin ekspressiyası irsi məlumatın genlərin funksional məhsulları olan RNT və ya zülal formasında reallaşması (sintezi) prosesidir.**
- **Genlərin ekspressiyasının bir neçə mərhələsi ayırd edilir və bu mərhələlərin hər biri ayrı-ayrılıqda tənzimlənir.**
- **Genlərin ekspressiyasına transkripsiya, hnRNT-nin prosesinqi və splaysinqi, translyasiya və zülalların sintezdən sonrakı modifikasiyası prosesləri daxildir.**
- **Genlərin ekspressiyasının tənzimlənməsi hüceyrəyə özünün quruluşuna və funksiyalarına nəzarət etmə imkanı yaradır.**

Ekspressiya

- **Genlərin ekspressiyasının xarakterinə, xüsusilə son məhsulun (zülalın) formalaşmasına görə genlər iki qrupa ayrılır.**
- **Birinci qrup genlərdə olan genetik məlumat *transkripsiya olunur*, sonradan mRNT-yə köçürülən məlumat əsasında zülal sintezi (translyasiya) *baş verir*.**
- **İkinci qrup genlərdə olan genetik məlumat *transkripsiya olunur*, lakin mRNT-yə köçürülən məlumat əsasında zülal sintezi (translyasiya) *baş vermir*.**

Ekspressiya

- **Hüceyrədə ekspressiya olunacaq genlər və gen məhsullarının miqdarı onun xüsusiyyətlərindən və orqanizmdəki rolundan asılıdır.**
- **Genlərin ekspressiyasının tənzimlənməsi *hüceyrənin diferensiasiyası, morfogenез və uyğunlaşma* proseslərinin əsasını təşkil edir.**
- **Bir genin ekspressiyası bütövlükdə orqanizm səviyyəsində başqa genlərin funksiyasına təsir edib onları dəyişə bilər.**

Ekspressiya

- **Prokariotlarda eyni vaxtda genomu daxil olan genlərin 90-96% -i ekspressiya olunur.**
- **Prokariotlarda genlərin transkripsiyaya olunan hissəsi yalnız kodlaşdıran ardıcılıqlardan təşkil olunmuşdur.**
- **Operonun işi tənzimlənən hissələrinə promotor, operator və terminator aiddir.**
- **Eukariotlarda genomu daxil olan genlərin 8,2%-i ekspressiya olunur. Hər bir genin promotoru və terminatoru vardır. Genlər birbirindən böyük heteroxromatin bloklarla ayrılır, ekzon – intron quruluşludur.**

Ekspressiya

- **Eukariotlarda zülal sintezi 3 mərhələdə baş verir: transkripsiya, prosesinq və splaysinq, translyasiya. Birinci iki mərhələ nüvədə, üçüncü isə sitoplazmada gedir.**
- **Transkripsiya *RNT-polimerazalarla*: RNT-polimeraza I , RNT-polimeraza II və RNT-polimeraza III fermentləri ilə həyata keçirilir.**
- **Transkripsiya prosesində RNT-polimeraza II fermenti yetkin olmayan ilkin transkripti və ya hnRNT-ni sintez edir. hnRNTsonra prosesinq və splaysinqə məruz qalır, modifikasiya edir.**

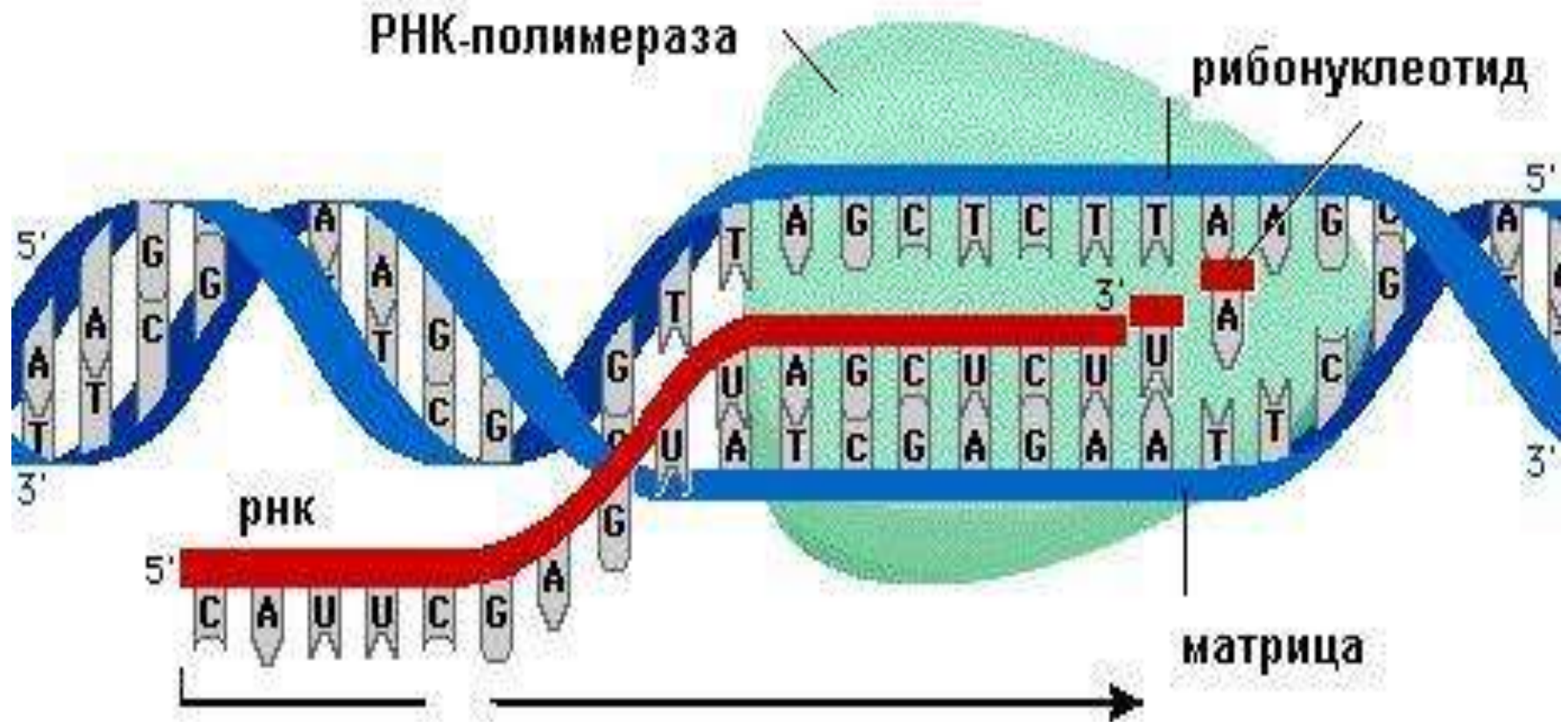
Transkripsiya

- **Transkripsiya bütün canlı hüceyrələrdə baş verir, DNT matrisindən istifadə etməklə RNT-nin sintezi prosesidir. Bu, DNT-də olan genetik informasiyanın RNT-yə köçürülməsidir.**
- **Transkripsiya RNT-polimeraza II fermenti ilə kataliz olunur. Ferment DNT zənciri üzrə 3'→5' istiqamətində hərəkət edir.**
- **Transkripsiya üç mərhələdən ibarətdir: inisiyasiya, elonqasiya və terminasiya.**
- **RNT-polimerazanın siqma-vahidi DNT-də genin promotorunu tanıyır və onunla birləşir.**

Transkripsiya

- Promotor zəncirin 5' sahəsində, transkripsiya prosesinin başlanğıc nöqtəsindən solda yerləşir. Transkripsiyanın effektiv olması birbaşa promotordan asılıdır.
- Promotora birləşdikdən sonra RNT-polimeraza transkripsiyanın inisiasiyası baş verir. Ferment 3'→5' istiqamətində hərəkət etdikcə, hnRNT-nin 5'→3' istiqamətdə ribonukleotidlərdən yığılması və ya elonqasiyası prosesi gedir. Ferment terminasiya nöqtəsinə çatanda DNT, sintez olunmuş RNT və RNT-polimeraza II ayrılır.

Transkripsiya



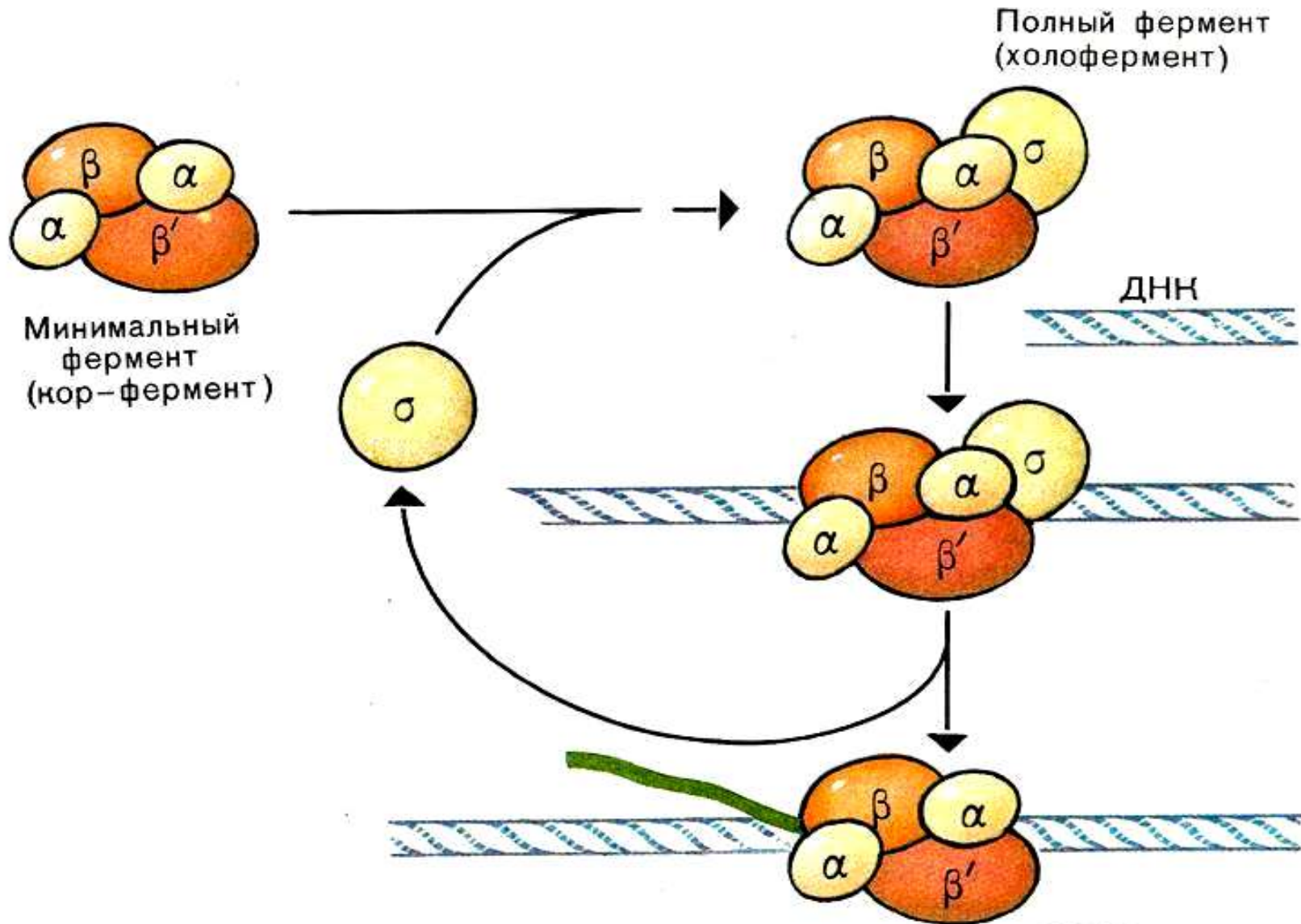
Transkripsiya vahidi

- Prokariotlarda transkripsiya vahidi *operon* adlanır. Prokariotlarda transkripsiyanı bir növ RNT-polimeraza həyata keçirir, operonun daxilində bütün elementlərin ardıcılığı bu ferment tərəfində əhatə olunur.
- Eukariotlarda transkripsiya vahidi operon yox, *transkripton* adlanır.
- Transkriptona promotordan əvvəl və sonra gələn requlyator ardıcılıqlar, promotor, ekzon-intron tərkibli struktur gen, terminator və ondan sonra gələn ardıcılıqlar daxildir. Transkripsiyanı üç növ RNT həyata keçirir.

Transkripsiya

- RNT-polimeraza transkripsiya zamanı iki formada olur: onun minimum aktiv vəziyyəti – *k o r f e r m e n t* və tam aktiv vəziyyəti – *h o l o f e r m e n t*.
- Korferment DNT zənziri boyu sərbəst hərəkət edir. O, iki alfa və iki beta subvahiddən təşkil olunmuşdur.
- Holofermentin tərkibində əlavə olaraq siqma-vahid vardır.
- Siqma-vahid və ya siqma amil genin promotorunda normal inisiasiyanı və düzgün transkripsiyanı təmin edir.

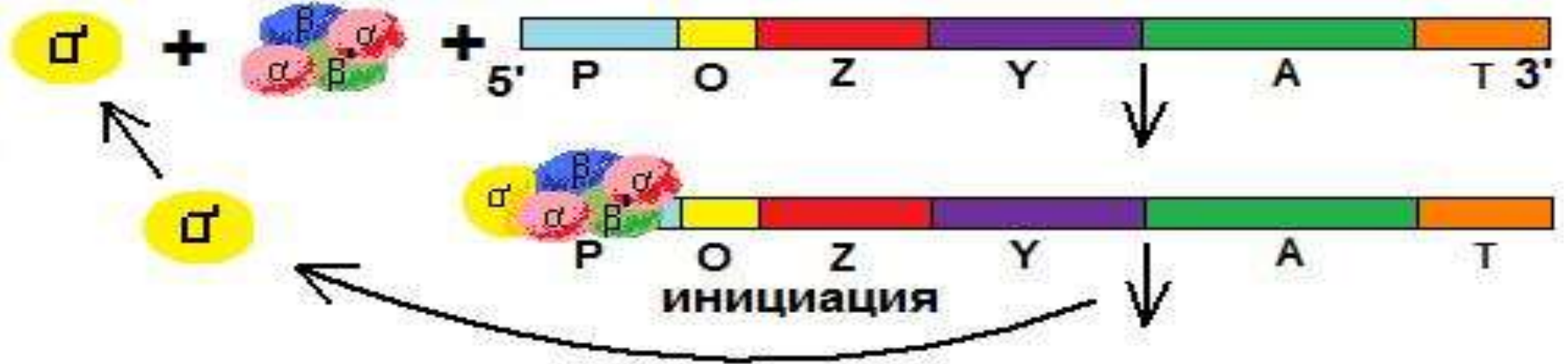
Transkripsiya



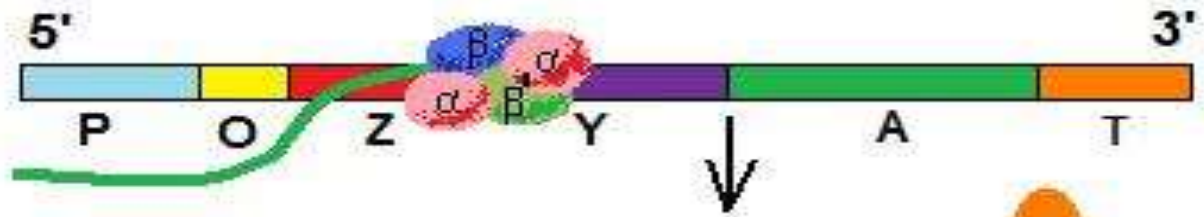
Sigma – amilin rolu

- Promotorun tanınmasını təmin edir. Promotorla bilavasitə birləşir.
- Promotorun strukturunun müvəqqəti dağılması onun iştirakı ilə baş verir. Nəticədə bu, transkripsiya qovuğu kimi lokal qırılma ilə qurtarır.
- DNT-nin transkripsiya olunacaq zəncirinin seçilməsini təmin edir.
- Promotordan ayrılmaqla RNT-nin elonqasiyasını işə salır.
- Hər bir promotor tipi üçün özünəməxsus sigma-vahid vardır. Sigma –amilin hər bir promotor üçün təkrarsızlığı genlərin ekspressiyasının tənzimlənməsinin əsasını təşkil edir.

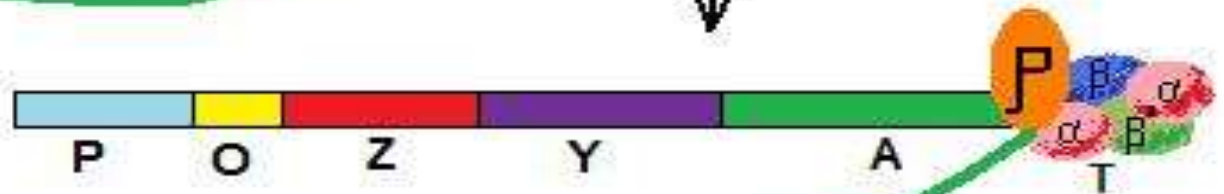
Транскрипсия



элонгация

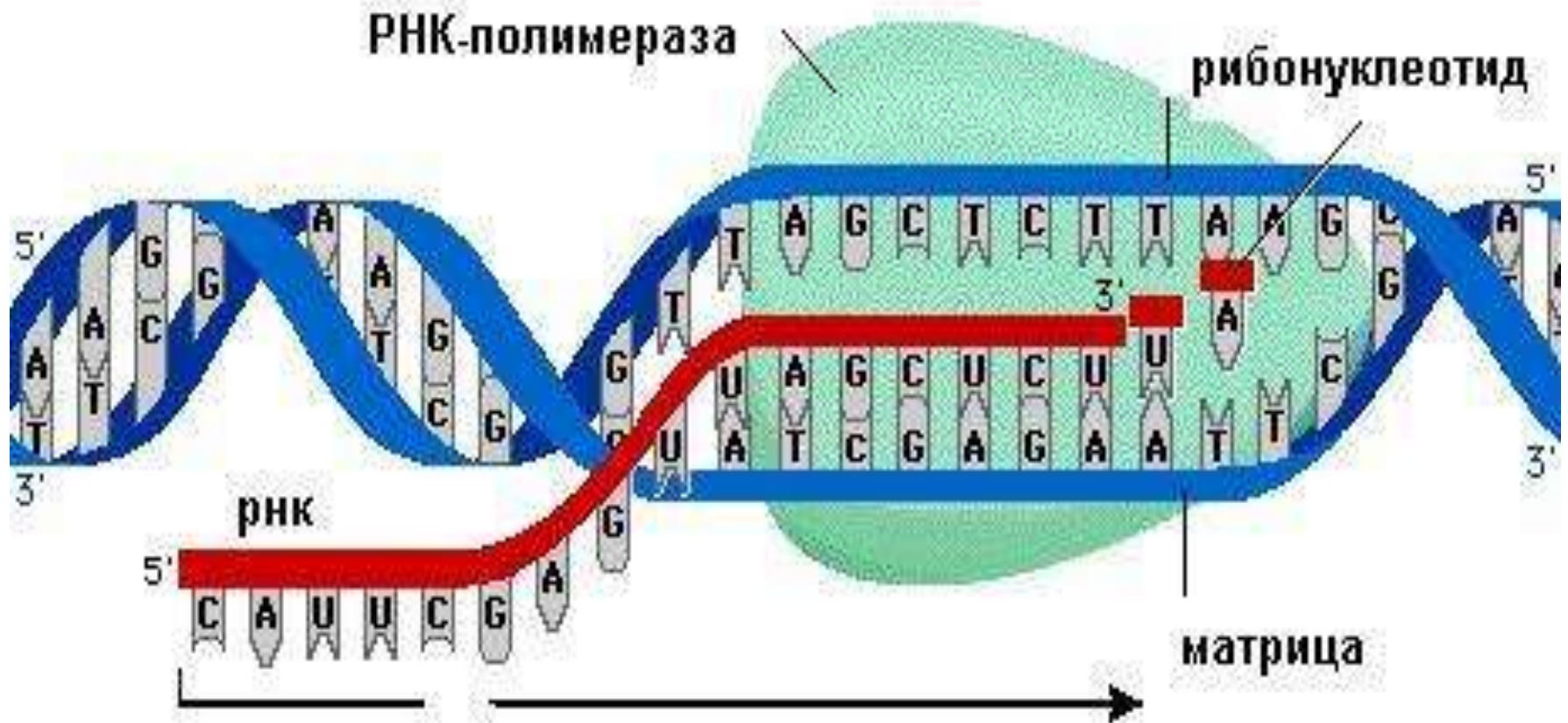


терминация



РНК-транскрипт

Transkripsiya



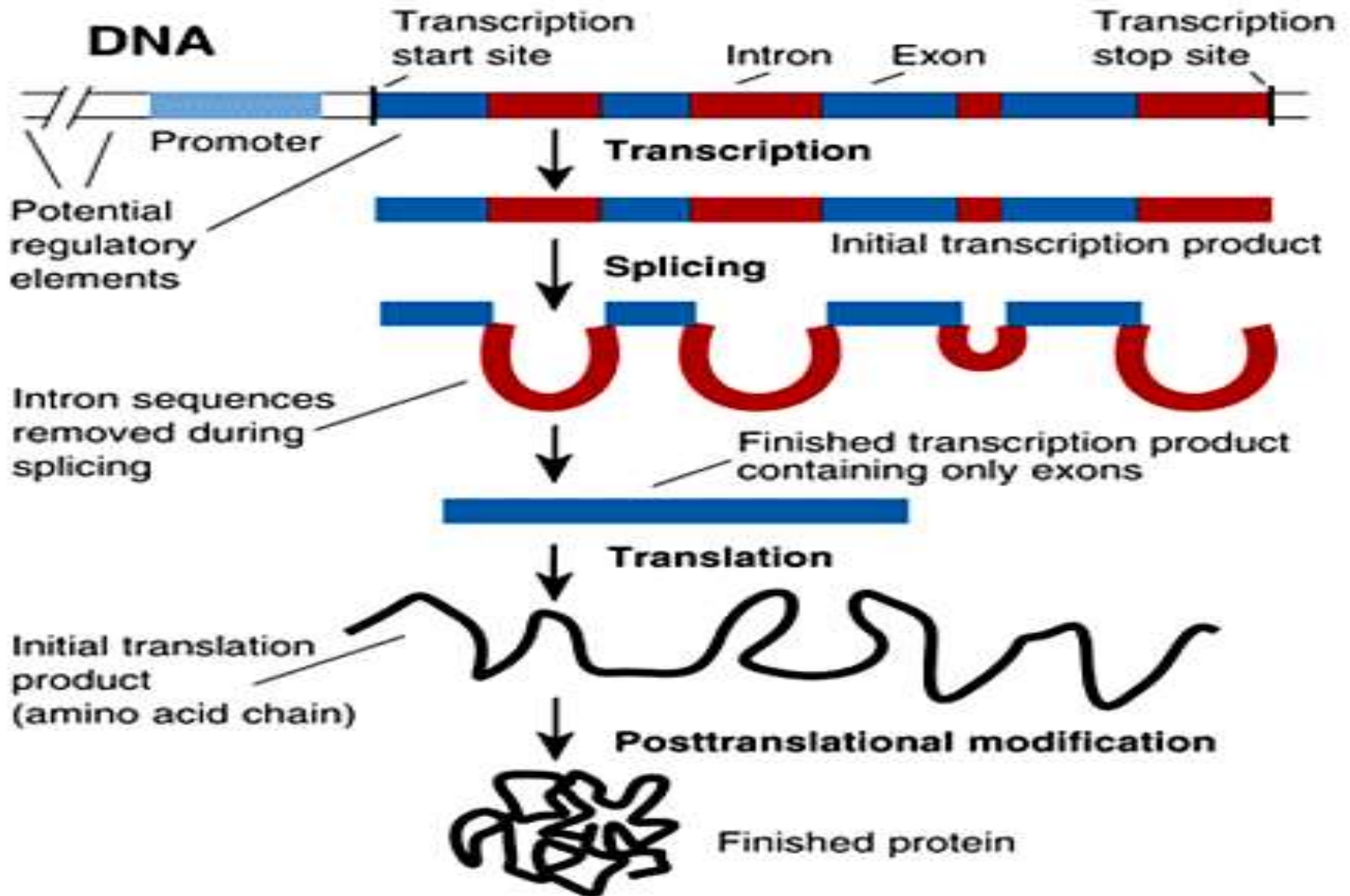
Transkripsiya

- Eukariotların istənilən polimerazaları onların transkripsiya etdiyi genin promotoru ilə sərbəst şəkildə birləşə bilməz.
- Eukariotların transkriptonlarına RNT- plimerazanın birləşməsi transkripsiyanın zülal faktorları (TF) ilə təmin olunur.
- RNT-polimerazaların hər biri üçün TFI, TFII, TFIII transkripsiya faktorları olmalıdır.
- Transkripsiya faktorları RNT-polimerazaların siqma amilinin promotora birləşməsini və promotordan ayrılmasını təmin edir.

Prosessinq və splaysinq

- **İlkin RNT-transkript prosessinqə uğrayır, onun ön 5'-ucuna 7mG-kep və ya 7-metilquanozin, son 3'-ucuna isə poly A fraqmenti əlavə olunur (prosessinq).**
- **5'-kep və 3'-poly A ilkin RNT-transkripti fermentlərin təsirindən qoruyur.**
- **İlkin RNT-transkriptin *daxili hissəsi* splaysinqə məruz qalır.**
- **RNT-transkriptin qısalması intronların kəsilməsi və ekzonların uc-uca birləşdirilməsinin nəticəsidir (splaysinq). Nəticədə ekzon-ekzon dupeksləri əmələ gəlir.**

Ekspressiya



Eukariotların RNT-polimerazaları

- ***PNT-polimeraza I*** 5S rRNT-dən başqa, bütün RNT genlərini transkripsiya edir.
- ***PNT-polimeraza II*** zülalları kodlaşdıran genləri transkripsiya edir. PNT-polimeraza II fermentinin gen məhsulları mRNT-lərdir.
- PNT-polimeraza II kiçik nüvə RNT-lərinin (*U1-U5*) sintezini təmin edir.
- ***PNT-polimeraza III*** nRNT, 5S rRNT və *U6* *knRNT* genlərini transkripsiya edir.
- ***PNT-polimeraza IV*** mitoxondrilərdə bütün RNT növlərini sintez edir.

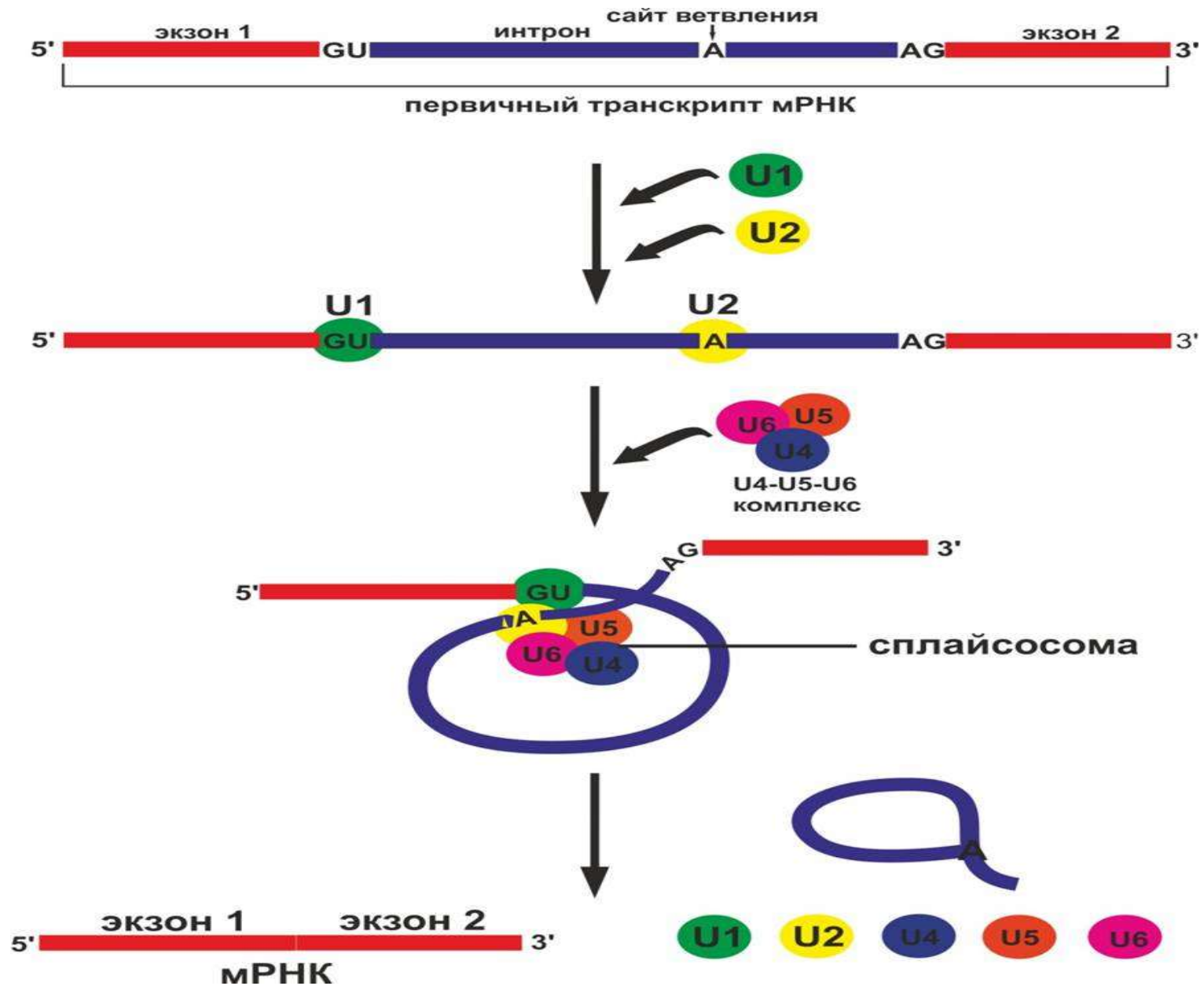
Splaysinq

- **Splaysinq eukariotların hnRNT-sinin kəsilməsi və mdifikasiyası prosesidir. Heterogen nüvə RNT-si və ya ilkin transkript çox böyükdür. Zülal haqqında məlumatın kodlaşdırıldığı mRNT də onun tərkibində olur.**
- **hnRNT-də intronların ölçüləri çox böyük ola bilər və onların kəsilib kənarlaşdırılması çox mürəkkəb mexanizmə tabedir.**
- **Splaysinqdə bir sıra zülallar və knRNT-ləri iştirak edir. knRNT-lərin tərkibi urasillə zəngin olduğu üçün *U1, U2, U3, U4, U5* və *U6* kimi göstərilir.**

Splaysinqosoma

- ***knRNT (U1-U5)*** genləri genomun müxtəlif hissələrində yerləşir və PNT-polimeraza II fermenti ilə transkripsiya olunur.
- knRNT genlərinin bir hissəsi genom DNT-dən asılı deyil və intronları yoxdur. Başqa bir hissəsi isə əksər hallarda ribosom zülallarını kodlaşdıran genlərin intronlarının daxilində yerləşir.
- knRNT –lər zülallarla kompleks birləşmələr əmələ gətirir və nüvədə yerləşir. Bu birləşmələr kiçik *ribonukleoprotein* hissəcikləri (knRNP) adlanır.
- Hüceyrənin nüvəsində knRNT və knRNP- nin kompleksi ***splaysinqosoma*** adlanır.

Splaysinqosoma



Splaysinqosoma

- Splaysinqosoma intronun üzərində onun kəsilməsindən əvvəl yığılır.
- Müxtəlif knRNT-lər komplementarlıq prinsipi əsasında mRNT-nin intronlarının sərhədindəki sahələrlə birləşir.
- knRNT-lərin RNT-yə birləşməsi üçün intronların hər iki ucundakı qısa nukleotid ardıcılıqların çox böyük əhəmiyyəti vardır.
- RNT-nin *5'- ucunda GU, 3'-ucunda isə AG* ardıcılıqları yerləşir.
- knRNT və knRNP- nin intronun ucları ilə qarşılıqlı təsirdə olması intronun ilgəkşəkilli forma əmələ gətirməsinə səbəb olur.

Splaysinqosoma

- Ekzonların ucları yaxınlaşır, splaysinqin 5'- və 3'- saytlarında *iki q u a n i n a r a s ı n d a* hidrogen rabitələri əmələ gəlir.
- İtronlar kəsilir, AG-GU birləşməsi ekzon 1 – ekzon 2... və s. ardıcıl yığır, onları tərkibində saxlayan mRNT sintez olunur.
- Əgər mRNT-nin tərkibində bir necə ekzon varsa, intronlar kəsildikdən sonra onların müxtəlif kombinasiyalarda birləşməsi baş verir.
- Ekzonların belə birləşməsi eyni bir genetik material əsasında müxtəlif mRNT-lərin əmələ gəlməsinə səbəb olur.

Alternativ splaysinq

- **Eukariotlarda tərkibində çoxlu miqdarda intronlar saxlayan RNT-nin alternativ splaysinqi genlərin aktivliyinin tənzimlənməsinin effektiv üsuludur.**
- ***A l t e r n a t i v s p l a y s i n q* zülalların *i z o f o r m a l a r ı n ı n* əmələ gəlməsinə şərait yaradır. Orqanizmlərin müxtəlif hüceyrələrində, toxumalarında və orqanlarında bu zülalların dəsti çox fərqli ola bilər.**
- **Alternativ splaysinq bir gen əsasında quruluşu və xassələri ilə fərqlənən müxtəlif zülalların sintezinə səbəb olur.**

Alternativ splaysinq

- Alternativ splaysinqə məruz qalan genlər, bir qayda olaraq, mənşəcə yaxın və *bir ailəyə* daxil olan zülalları kodlaşdırır.
- Bu qrup zülallar əzələlərin yığılmasında, sinir liflərinin , sitoskeletin, zülal-hormonların və immunoqlobulinlərin formalaşmasında iştirak edirlər.
- Alternativ splaysinq nəticəsində alternativ RNT-lərin əmələ gəlməsi prosesinin üç əsas mexanizmi vardır.
- **Birinci halda** müxtəlif mRNT-lərin əmələ gəlməsi üçün müxtəlif promotorlardan istifadə olunur.

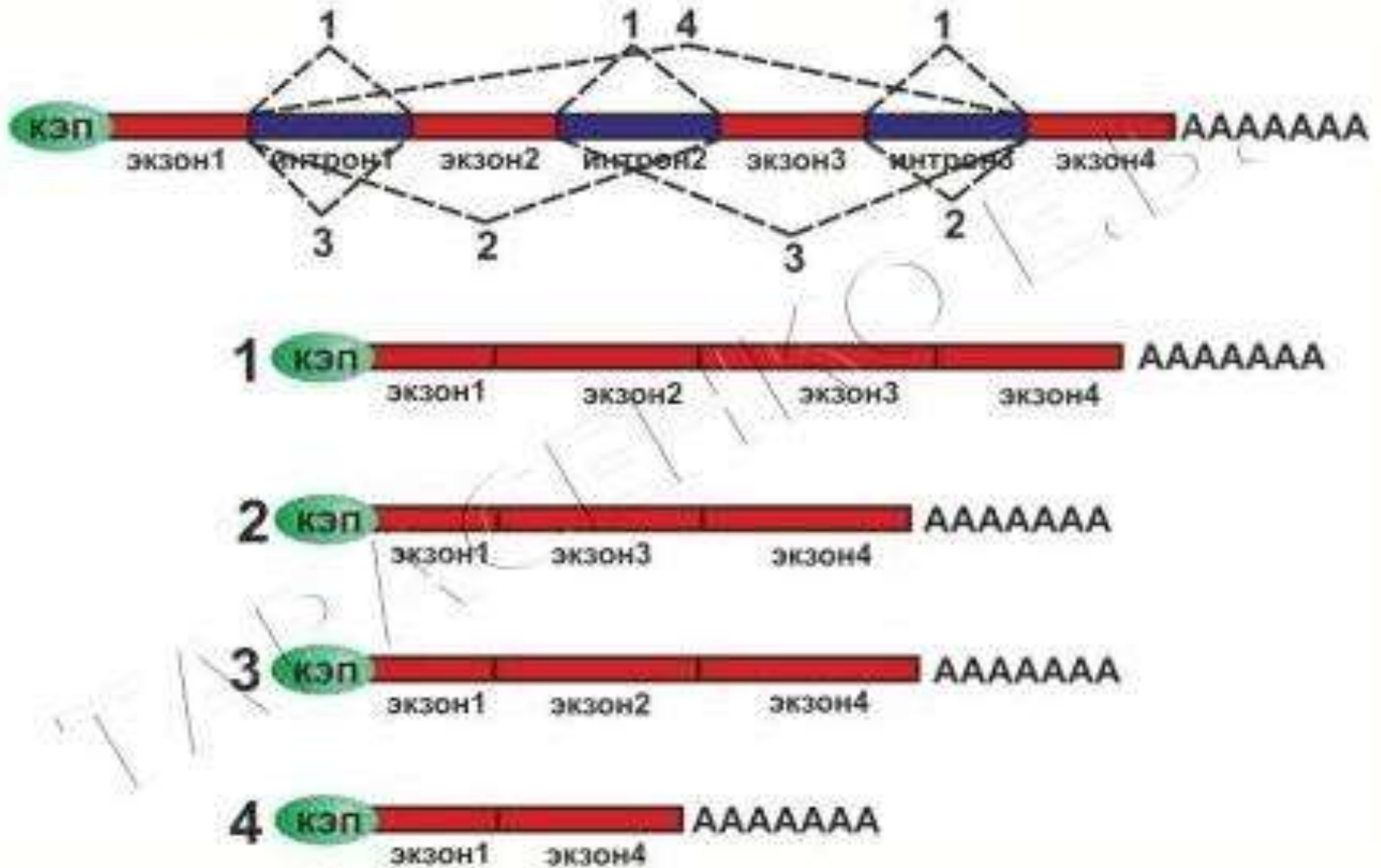
Alternativ splaysinq

- Müxtəlif promotorlardan istifadə olunmaqla alternativ splaysinq zamanı gen üzərində 5'-ucu və fərqli sayda ekzonları olan *bir neçə transkript əmələ gəlir*. Belə mexanizm onurğalı heyvanların *miozin* zülalının yüngül zəncirinin hnRNT-si üçün müəyyən edilmişdir.
- Alternativ splaysinqin **ikinci tipi** *poly AAA – poliadenilləşmə* saytında baş verən dəyişikliklərlə bağlıdır.
- Bu halda hnRNT-nin sonunda 3'-ucun strukturu və ölçüləri dəyişir. Immunoqlobulinlərin iki ağır zənciri bu üsulla formalaşır.

Alternativ spaysinq

- Alternativ spaysinqin **üçüncü tipi** tam eyni hnRNT-lərinin əsasında *ekzonların müxtəlif variantlarda seçilməsi* ilə əlaqədardır.
- Alternativ spaysinqin bu tipində *intronlar kəsilmişdir*.
- Belə spaysinq tərkibində **18 ekzon** olan, məməlilərin skelet əzələlərinin *troponin T* zülalının hnRNT-də baş verir.
- Ekzonların seçilməsi orqanizmin inkişaf mərhələlərindən asılı olaraq dəyişir. Yaşlı fərdlərdə troponin T-nin mRNT-də **16 ekzon**, embrionda isə **17 ekzon** olur.

Alternativ splicing



Alternativ splaysinq

- hnRNT-nin tərkibində intronlar müxtəlif kombinasiyalarda kəsilə bilər, bəzən intronlarla yanaşı ekzonlar da kəsilir.
- Eyni bir hnRNT-nin müxtəlif variantlarının alternativ splaysinqi orqanizmin ayrı-ayrı inkişaf mərhələlərində və müxtəlif toxumalarda baş verir.
- İnsanın 19200 geninin 94%-i, yəni, 18018 gen üçün alternativ splaysinq müəyyən edilmişdir. Genlərin 6%-də intronlar yoxdur və uyğun olaraq alternativ splaysinq baş vermir.

nRNT

- Molekulu 75-90 nukleotiddən təşkil olunmuş *n-RNT*-lərin quruluşu həm prokariotlarda , həm də eukariotlarda demək olar ki, eynidir.
- Hər iki qrupa aid orqanizmlərin **4S-*n-RNT***-ləri daha böyük ölçülü molekul - sələflərin prosessinqi prosesində yaranır.
- Məsələn, *E.coli* - də tirozin amin turşusunu birləşdirən *n-RNT* 77 nukleotiddən, onun sələfi (molekulu) isə 126 nukleotiddən təşkil olunmuşdur.
- *n-RNT* DNT-nin müəyyən nukleotid ardıcılığı kimi transkripsiya olunur.

nRNT

- Tənzəncirli açıq zəncir olan *n*-RNT - nin ayrı-ayrı sahələrində komplementar nukleotidlər arasında birləşmə baş verir. Nəticədə *n*-RNT-nin yonca yarpağına oxşar ikinci quruluşu əmələ gəlir.
- Ayrı-ayrı amin turşularının daşınması üçün hüceyrədə ən azı 20 növ *n*-RNT olmalıdır.
- Bu *n*-RNT-lər bir-birindən nukleotidlərin sayına və minor nukleotidlərə görə fərqlənirlər.
- *G* nukleotid inozin turşusuna, *C* - purin qruundan hipoksantinə, *A* – ribotimidin turşusuna, *U* - psevdouridinə modifikasiya oluna bilir.

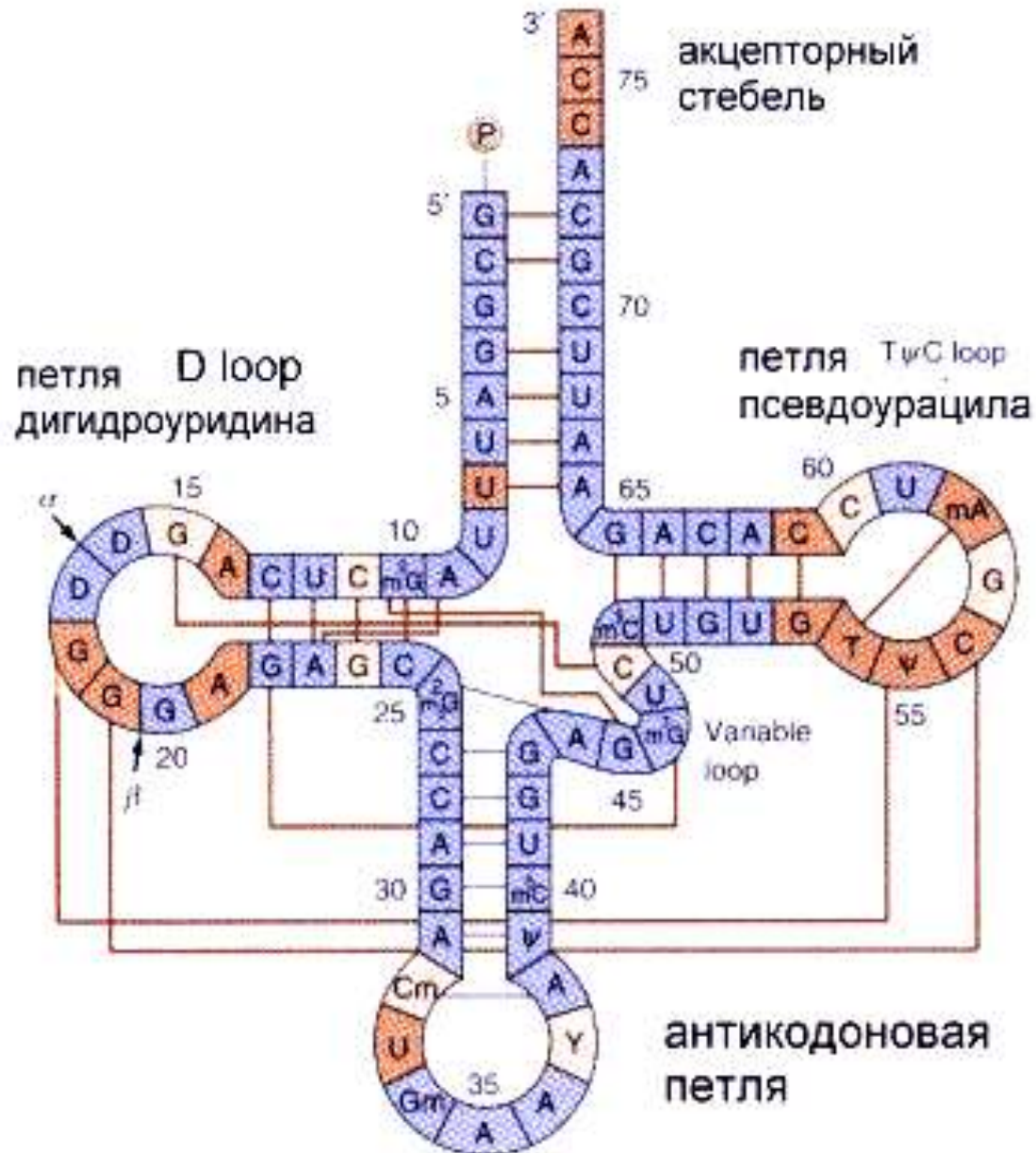
nRNT

- Bu modifikasiyalar qeyri-adi və ya cüt olmayan əsaslardır və yalnız n-RNT-lərin tərkibində təsadüf edilir.
- Minor nukleotidlər əksər hallarda *metil qruplarının* olaması ilə fərqlənir.
- n-RNT-nin ikinci quruluşu yaranan zaman uyğun sahələrin nukleotid ardıcılığı arasında hidrogen rabitələri yaranır.
- *Minor nukleotidlər yerləşən sahələr arasında hidrogen rabitələri yaranmır*, nəticədə n-RNT-lər üçün səciyyəvi olan ilgəklər formalaşır.
- Belə sərbəst qruplar m-RNT, r-RNT və amin turşusunu kataliz edən fermentlə hidrogen rabitəsi yarada bilir.

nRNT

- Belə sərbəst qruplar m-RNT, r-RNT və amin turşusunu kataliz edən fermentlə hidrogen rabitəsi yarada bilir.
- n-RNT-nin iki ucu vardır. Onun **3'-OH ucu CCA** nukleotid ardıcılığına malikdir, **5'-P ucu isə bütün hallarda quanozinlə - G qurtarır.** İkinci quruluşda n-RNT-nin akseptor gövdəsi 7 cüt nukleotiddən əmələ gəlmişdir.
- Burada 3'-uc 5'-ucdan bir qədər uzundur və sonu **n-RNT-lər üçün eyni CCA ardıcılığı** ilə qurtarır.

nRNT



nRNT

- ***Bu akseptor sahə adlanır və CCA ardıcılığındakı A nukleotidinə nəql olunacaq amin turşusu birləşir.***
- **Sonrakı üç şaxə komplementar birləşmiş nukleotid cütlərindən əmələ gəlsə də onların hər birinin ucu cütləşməyən, tək nukleotid ardıcılığından təşkil olunmuş ilgəklər əmələ gətirir.**
- **Akseptor sahənin tam əksində yerləşən və 10 nukleotiddən ibarət antikodon ilgəyi formalaşdırır. *Lakin antikodonun tərkibi üç nukleotiddən ibarət olub,* m-RNT-nin kodonuna komplementardır.**

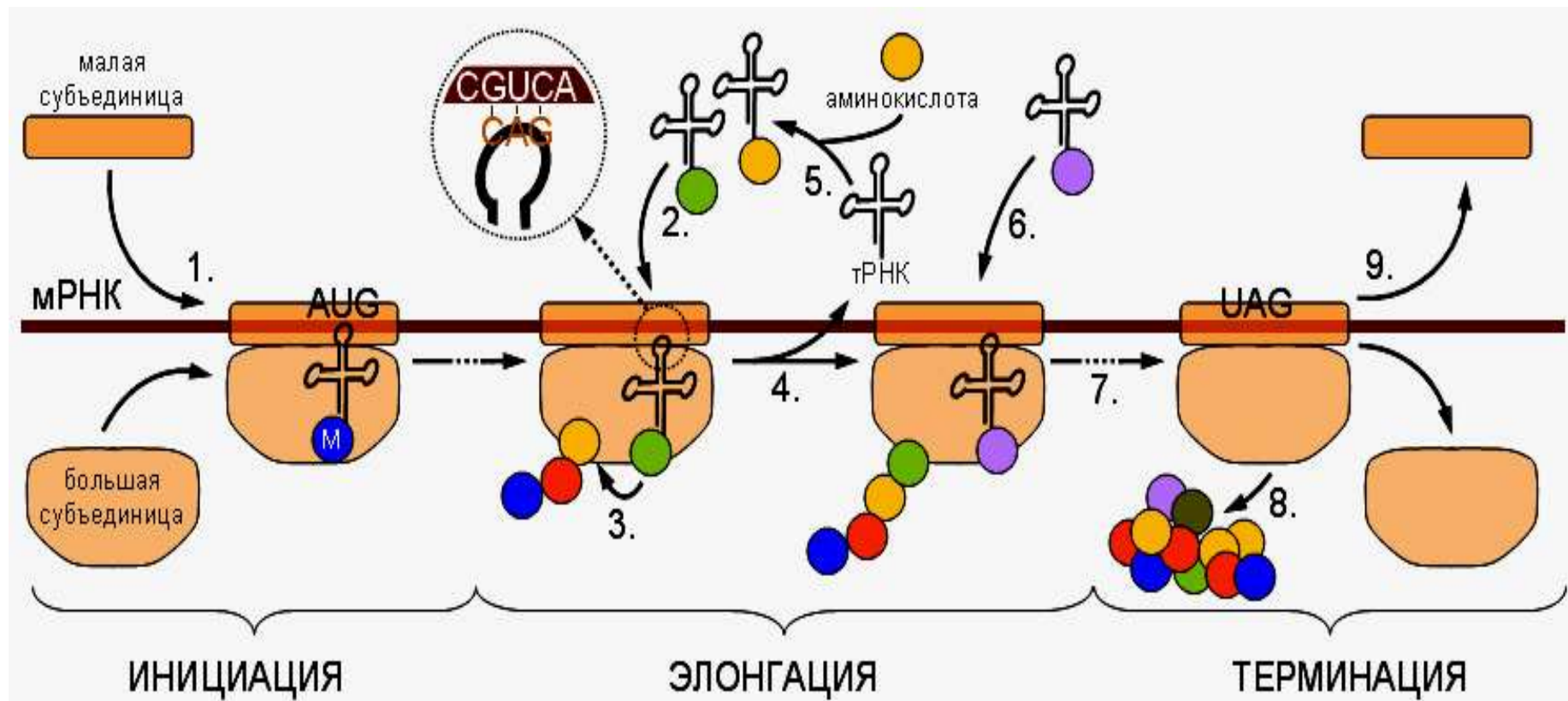
nRNT

- Akseptor və antikodon şaxələrindən solda yerləşən 1-ci ilgəyin tərkibinə *dihidrouridin* daxil olduğundan ona *D-ilgək* deyilir və 8-12 nukleotiddən təşkil olunmuşdur.
- Tərkibinə *psevdouridin* daxil olan sağdakı ilgək isə *TψGC* ilə işarə edilir. Bu ilgək özündə yeddidən çox nukleotid birləşdirmir.
- Antikodon və *TψGC* ilgəklər arasında *V* variabel ilgək yaranır. Bu ilgəyə daxil olan nukleotidlərin sayı 3-5-lə 13-21 arasında dəyişir.

Translyasiya

- **Tranlyasiya ribosonlarda amin tutşulardan polipeptid zəncirin sintezi prosesidir. Bu zaman matrisa kimi yetkin mRNT-dən istifadə olunur.**
- **Tranlyasiya üç ardıcıl mərhələdən – inisiasiya, elonqasiya və tetrminasiya proseslərindən ibarətdir.**
- **İnisiasiya zamanı ribosomun subvahidlərindən, mRNT-dən və birinci aminoasil–nRNT-dən ibarət inisiasiya kompleksi əmələ gəlir.**
- **Birinci aminoasil–nRNT inisiasiyayı həyata keçirən *metionin* amin turşusunu daşıyır.**

Translyasiya



Translyasiya

- mRNT əvvəlcə ribosomun kiçik subvahidində xüsusi sahəyə birləşir.
- İnisiyasiya və ya start kodonun (AUG) tanınma mərhələsi metionin-aminoasil-nRNT-nin sayta birləşdirilməsi ilə başlanır. Sonra mRNT vasitəsi ilə kiçik və böyük subvhidlərdən ribosomların yığılması prosesi gedir.
- Matrisdə sonrakı kodonun ona uyğun aminoasil-nRNT-ni tanıması mRNT kodonu ilə nRNT–nin antikodonunun komplementar qarşılıqlı təsiri nəticəsində baş verir. Nəticədə polipeptid zəncirin son ucuna uyğun aminoasil-nRNT ilə daşınan amin turşusu birləşir.

Translyasiya

- Prokariotlarda və eukariotlarda inisiyasiya ***AUG*** kodonundan əvvəldə yerləşən nukleotid ardıcılığı fərqlidir. Belə ki, bu, prokariotlarda ***5'-AGGAGG*** nukleotid ardıcılığına uyğun olub, ***Şayn – Delqarno ardıcılığı*** adlanır.
- Eukariotlarda ***AUG*** kodonundan solda spesifik ***5'-ACCAUGG*** ***Kozak ardıcılığı*** yerləşir. Bu spesifik ardıcılıqlar həm prokariotlar, həm də eukariotlarda kiçik subvahidin m-RNT ilə birləşməsini sürətləndirir.
- İnsiasiya kompleksinin tam formalaşması üçün onun spesifik zülallarla - ən azı 3 insiasiya amili ilə birləşməsi lazımdır.

Translyasiya

- Ribosomun stop kodona qədər hərəkəti zamanı kodon-antikodon sistemində yeni- yeni amin turşuların birləşdirilməsi hesabına zülal molekulunun böyüməsi və ya *elonaşması* baş verir. *UAA, UAG, UGA* stop kodonların hər hansı birinin tanınması yeni sintez olunmuş zülalın ayrılması və ribosomların dissosiasiyası ilə başa çatır.
- *Terminasiya* zamanı zülal molekulu ribosomdan və mRNT-dən ayrılır.
- *Post-translyasiya* prosesində birinci – inisiyasiyaedici amin turşusu kənarlaşdırılır və zülal 2, 3 və 4-cü quruluşlarını alır.

Tənzimləyici elementlər

- **Genlərin ekspressiyasının tənzimləyici elementləri:**
- **Promotor**
- **Enhanser**
- **Saylenser**
- **İnsulyator**
- **Repressor**
- **Terminator**
- **5' -TOS və 3' -TOS**

Promotor

- **Promotor RNTpolimeraza tərəfindən spesifik transkripsiyanın başlanğıc nöqtəsi kimi tanınan DNT-nin nukleotid ardıcılıqlarıdır.**
- **Promotor DNT-nin müəyyən sahəsi olub, konkret genin transkripsiyanı təmin edir.**
- **Promotor, adətən, transkripsiyası tənzimlənən gendən öndə (solda) yerləşir.**
- **Promotor asimmetrikdir, bu, RNT-polimerazaya transkripsiyanı düzgün istiqamətdə başlamağa imkan yaradır. Bundan başqa, RNT-nin sintezi üçün DNT-nin hansı zəncirinin matris olduğunu göstərir.**

Enhanser

- **Enhanser DNT sahəsi olub, transkripsiya faktorları dəstinə malik zülallarla birləşir.**
- **Onlar gen klasterlərində genlərin transkripsiya qabiliyyətini yüksəldir.**
- **Enhanserlərin işi tənzimlənən genlərin bilavasitə yaxılığında olması vacib deyil. Hətta aktivliyi tənzimlənən gelərlə onların tam başqa bir xromosomda olması da mümkündür.**
- **Enhanserlər genin 5' və 3'-uclarında, onun hər hansı bir hissəsində, eləcə də intronların daxilində ola bilər.**

Enhanser

- **Enhanserin normal işi üçün o, promotorla fiziki əlaqədə olmalıdır.**
- **Bu, enhanserlə promotor arasında olan DNT zəncirinin açılması hesabına baş verir.**
- **Enhanserdə toplanan zülal kompleksi promotor sahəyə RNT-polimerazanı və transkripsiya kofaktorlarını cəlb edir.**
- **Enhanser spesifik təsir göstərmir. Onların təsirindən genomun müxtəlif hissələrindəki genlərin lazım olmadan aktivləşməsi normada baş vermir.**

Saylenser

- **Saylensərlərə requlyator zülallar birləşdikdə, onlar genlərin aktivliyini dayandırır.**
- **SaylenserDNT-nin müəyyən nukleotid ardıcılığıdır. Onlar zülal-repressorlarla birləşib genlərin fəallığını tənzimləyirlər.**
- **Zülal-reseptorların və ya transkripsiya faktorlarının saylensərlə birləşməsi RNT-nin sintezinin azalmasına və ya tam dayanmasına səbəb olur. Saylensərlər promotordan 2500 c.n.- ə qədər məsafədə yerləşə bilərlər.**

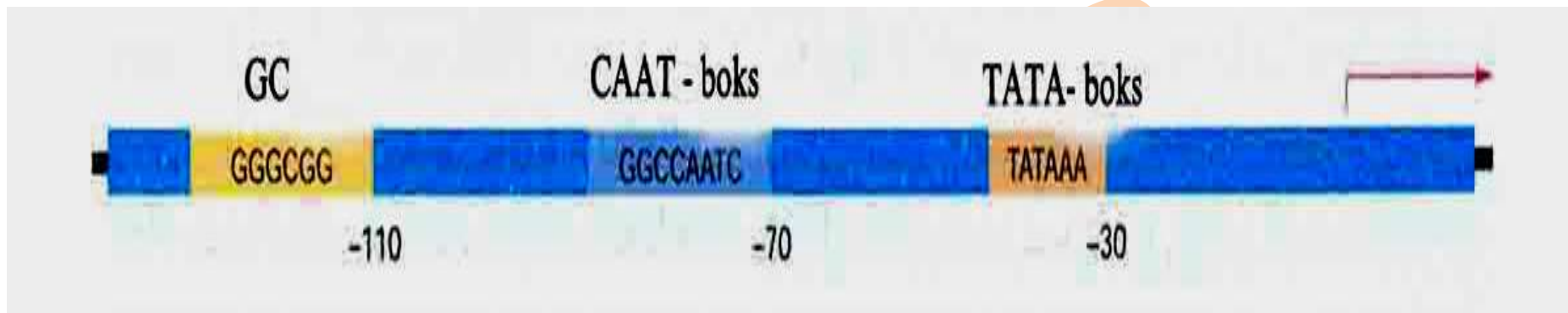
İnsulyator

- **İnsulyatorlar DNT ardıcılıqlarıdır, xüsusi requlyator elementlər olub, ətraf mühitdən gələn siqnalların qarşısını alır.**
- **Əgər insulyator enhanserlə və promotorun arasında yerləşirsə, onların qarşılıqlı təsirini blokladır. Bu halda insulyator yalnız ayırıcı funksiya yerinə yetirir, enhanser və promotorun aktivliyinə təsir etmir.**
- **İnsulyatorlar yayılan spirallaşmış xromatin üçün baryer rolunu oynayır. Göstərilən hər iki funksiyanı yerinə yetirən insulyatorlar da vardır.**

Tənzimlənmə

- Eukariotlarda promotorun önündə, ondan solda, genin 5'- ucunda modulyatorlar şəklində spesifik nukleotid ardıcılıqları yerləşir.
- DNT-nin 5'-ucunda RNT-polimeraza II fermentini tanıyan promotorlarda ümumi uzunluğu 100.c.n.-dən çox qısa ardıcılıqlar olur.
- İnisiyasiya saytından 25-30 c.n. məsafədə *TATA*, 70 c.n məsafədə *CAAT* və 110 c.n. məsafədə *GC* blokları yerləşir. *TATA* boksa mutasiya hesabına dəyişiklik baş verərsə, transkripsiya kəskin azalır. RNT-polimeraza II *TATA* boksla qarşılıqlı əlaqəyə girdikdən sonra promotora normal birləşə bilir.

Eukariotlarda promotordan solda yerləşən spesifik requlyator ardıcılıqlar



QIZIL

Tənzimlənmə

- Prokariotlarda genlərin ekspressiyasının tənzimlənməsinin operon modeli Jakob və Mono tərəfindən hazırlanmışdır. Bu halda genlərin ekspressiyasına nəzarət repressor genlə və onun məhsulu zülal-reseptorla həyata keçirilir.
- Çoxhüceyrəli eukariotların hüceyrələrinin müxtəlifliyi onların genlərinin *diferensial ekspressiya* ilə bağlıdır. Diferensial ekspressiya toxuma üçün spesifik zülalların sintezini müəyyən edir.
- Genlərin diferensial ekspressiyası əsasən, transkripsiya səviyyəsində baş verir.

***DİQQƏTİNİZƏ GÖRƏ
TƏŞƏKKÜR EDİRƏM!***