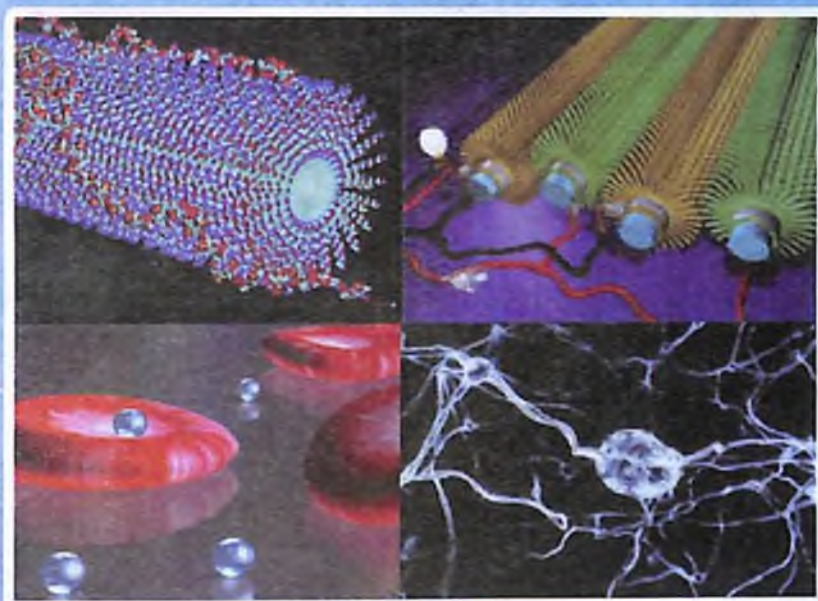


57
К.52

**В.Қ.ҚОБУЛОВ, А.В.ҚОБУЛОВ,
С.С.ҚОСИМОВА**

ҲУЖАЙРА КИБЕРНЕТИКАСИ. НАНОТЕХНОЛОГИЯЛАР



ТОШКЕНТ

57
K. 52
ХАЛҚАРО МУҲАНДИСЛАР АКАДЕМИЯСИ

ЎЗБЕКИСТОН МУҲАНДИСЛАР ФЕДЕРАЦИЯСИ

В.Қ.ҚОБУЛОВ, А.В.ҚОБУЛОВ,
С.С.ҚОСИМОВА

**ҲУЖАЙРА
КИБЕРНЕТИКАСИ.
НАНОТЕХНОЛОГИЯЛАР**

Toshkent Axborot Texnologiyalari Universitet

344299
Axborot Resurs Markazi

ТОШКЕНТ – 2011

УДК: 576.32/36

ББК 32.816

Қ52

Қ52 **В.К.Қобулов** А.В.Қобулов, С.С.Қосимова. Хужайра кибернетикаси. Нанотехнологиялар. –Т.: «Fan va texnologiya», 2011, 288 бет + (8 бет рангли расмлар).

ISBN 978–9943–10–466–2

Китоб биотехнология ва нанотехнологияга бағишланган.

Китобнинг биринчи қисмида биохимия, биофизика ва хужайра назариясига бағишланган маълумотлар берилган.

Китобнинг иккинчи қисмида биология тушунчаларига асосланган математик моделлар ёзилган, хужайра моделларини тузиш йўлларига батафсил тўхталиб ўтилган ва хужайрада рўй берадиган мураккаб жараёнларни математик моделлар ёрдамида замонавий электрон ҳисоблаш машиналарини қўллаб ўрганиш келтирилган.

Китобнинг учинчи қисми хужайра кибернетикаси билан чамбарчас боғлиқ бўлган нанофан ва нанотехнологияга бағишланган. Тиббиётда, электроникада ва ҳисоблаш техникасида нанотехнологияни қўллаш кўрсатилган.

Ушбу илмий-оммабоп китоб, асосан, биологлар, тиббиёт, кишлок хўжалик мутахассислари, талабалар ва мактаб ўқувчилари учун ёзилган.

УДК: 576.32/36

ББК 32.816

Тақризчилар:

О.М.Набиев – техника фанлари доктори, профессор,

Халқаро муҳандислар академиясининг академиги;

Ф.Т.Одилова – техника фанлари доктори, профессор

ISBN 978–9943–10–466–2

© «Fan va texnologiya» нашриёти, 2011.

СЎЗ БОШИ

Биология соҳасида кейинги вақтларда оламшумул кашфиётлар қилинди ва уларга кибернетика кўзи билан қараб талқин бериш муаллифга мароқли мавзу бўлиб кўринди.

Ҳақиқатдан ҳам Грегор Менделнинг ирсият қонунлари ва ирсият бирликлари ҳақидаги кашфиёти, Чарльз Дарвин яратган дунёда эволюция назарияси, организм билан ташқи муҳит орасидаги узвий боғланишлар ҳақидаги таълимот XIX асрдан авлодларга қолган қимматли мерос эди.

XX аср, айниқса, унинг кейинги 25 йили ичида молекуляр биология фани пойдевори қурилди ва бу соҳада ҳайратда қоларли ютуқлар қўлга киритилди. Ўзбекистон Фанлар академиясининг ҳақиқий аъзоси Ёлқин Холматович Тўрақулов таъбири билан айтганда бу «нина тешигига жо бўладиган ҳаёт тадқиқоти» эди. Генетика, яъни ўсимлик ва ҳайвон организмларининг кўпайиши, насл қолдириши, бир авлоддан иккинчисига ўтадиган турли белги-хусусиятларни ўрганадиган фан молекуляр генетикага, яъни хужайра молекулалари орасидаги муносабатларга асосланган аниқ фанга айланади. Шу билан ирсият ҳақидаги тахминий тасаввурларга барҳам берилди.

Организмда оқсилларнинг структураси ойдинлаша бошлади ва уларнинг синтез қилиниш механизми кашф этилди ва ҳаёт бирлиги бўлмиш хужайра фаолияти сирлари очиб ташланди.

Хужайрада оқсил синтез қиладиган ғоят беҳато ишловчи механизм мавжудки, у махсус оқсилларни ҳамма вақт керагича етказиб беради. Бундай синтезни қай тартибда амалга оширишга оид «йўл-йўриқлар» нуклеин кислоталарида гўё кимёвий тилда ёзилган бўлади. Бинобарин, биз «ёзув» дея атаган нарса уларнинг нуклеотидлар деб аталувчи структура элементларнинг муайян тартибда жойлашганлигидадир. Нуклеин кислоталар молекулаларида бор йўғи 4 хил нуклеотид бўлади. Бундан кўринадики, тирик табиатнинг кимёвий тили ғоят мураккаб тузилган. Чунончи, нуклеин кислоталар 4 нуклеотидларнинг таркиби, яъни биринкетин жойланиши энди бошқача ҳарфлар билан 20 аминокислотанинг изчиллигини белгиловчи «йўл-йўриқлар» ни ёзади. Оқсил

коди деб аталадиган ва хужайра тақдирини, организмнинг биологик тақдирини белгиловчи машҳур код мана шу».

Ҳозирча биз «нуклеин кислота», «нуклеотид» каби махсус тушунчаларга таъриф берганимизча йўқ. Бу тушунчаларга кейинроқ таъриф берамиз. Лекин «механизм», «йўл-йўриқ» каби иборалар кибернетикага бевосита «катта система», «бошқариш командалари», «код» сифатида таржима қилинадик, биз кибернетиклар биологлар билан бемалол тил топишимиз мумкин.

Агар биз иш асосида биологларга ҳисоблаш машиналаримиз, математик моделларимиз билан ёрдамга келсак, унда қизиқ суҳбат ҳамкорликга айланиши, бирлашган куч билан эса ҳаёт сирларини очишни янада тезлатиб юборишимиз мумкин Шундай қилиб кибернетика ва математика усуллари иқтисодиёт, лингвистика ва шунга ўхшаш кўпгина соҳалар билан бирга биологияга ҳам жадаллик билан кириб бораётганлигининг гувоҳи бўлдик. Биолог олимларимиз томонидан тўпланган ахборотларни замонавий электрон ҳисоблаш машиналари ёрдамида тезликда ҳисоб-китоб қилиш заруриятга айланди ва ҳаётда рўй берадиган турли хил ғоят мураккаб жараёнларни математик моделларсиз ўрганишнинг иложи бўлмай қолди.

Шундай қилиб, кибернетика математик усулларни қўллаб биология фани хизматида бўлиши, биология фани эса кибернетика мутахассислари олдига янгидан-янги масалаларни кўндаланг қилиб қўйиши керак бўлиб қолди. Икки фан орасидаги бундай ҳамкорлик катта кашфиётларга олиб келиши, фанга янги соҳа «биология кибернетикаси»га асос солиши муқаррар эди.

Хужайра мураккаб, ўз-ўзини созловчи система. Бу соҳада кибернетик мулоҳазалар юритишдан олдин хужайра тузилиши ҳақида муфассал ҳикоя қилишга тўғри келди. Фақат шундан кейингина хужайра кибернетикаси ҳақида гапириш мумкин. Китобнинг биринчи қисми биохимия, биофизика мутахассислари томонидан ёзилган китоблардан олинган маълумотлардир.

Китобнинг иккинчи қисмида биология тушунчаларига асосланган математик моделлар ёзилган. Маълумки шу вақтгача оммабоп китобларда формулалар ёзилмас, бу фақат илмий китобларгагина мансуб деб ҳисобланарди. Агар хужайрада рўй берадиган мураккаб жараёнларни математик моделлар ёрдамида замонавий электрон ҳисоблаш машиналарини қўллаб ўрганмоқчи эканмиз, математикани ҳам оммабоп соҳага айлантиришга ҳаракат

қилишга мажбурмиз. Шунинг учун ҳам биз хужайра моделларини тузиш йўлларига батафсил тўхталиб ўтишга қарор қилдик. Биолог дўстларимиз масаланинг бундай қўйилишига тарафдор бўлар деган умиддамиз.

Китобнинг учинчи қисми хужайра кибернетикаси билан чамбар-час боғлиқ булган нанофан ва нанотехнологияга бағишланган. Ҳозирги даврда *нанофан* инсон фаолиятининг жўшқин ривожланаётган соҳаларидан бирига айланди. Гапни у нима учун *нано* деб аталишидан бошлайлик. Нано узунлик бирлиги бўлиб, нанометр (нм) 10^{-9} м га тенг. Ўлчамлари 1дан 100 нанометргача бўлган заррачалар одатда *нанозаррачалар* деб аталади. Яхшилаб тозаланган нанозаррачалар ўзлари мустақил равишда маълум тузилмалар ҳосил қилиб теришлилари мумкин. Бундай тузилма қатъий тартибга солинган нанозаррачалардан иборат бўлади ҳамда у ҳам аввал мисли қўрилмаган муҳим хусусиятларни намоён этади.

Нанотузилмалар квант қонунларига бўйсунди ҳамда кароолам хусусиятларидан фаркланадиган хусусиятларга эга бўлади. Мана шундан *нанофан* атамаси юзага келди. Нанофан атамаси ҳозирги пайтда атом ва молекуляр даражадаги ҳодисаларга бағишланган тадқиқотларни аташ, пировард мақсади наномаҳсулотлар олиш бўлган нанотехнология жараёнларини илмий асослаш учун қўлланади. Шундай қилиб, нанофан нанотехнологиянинг дастлабки босқичи сифатида олиб қаралиши мумкин.

2000 йилда чет элда 10 жилдлик энциклопедия чоп этилди, унда нанотехнологияга шундай таъриф берилган: *«Материаллар, функционал тузилмалар ва қўрилмаларни атом, молекуляр ва нанометрли даражада яратиш, тайёрлаш, тавсифлаш ва амалга ошириш фани ва техникаси»*.

Нанотехнологиялар анъанавий фанлардан сифат жиҳатдан фарқ қилади, чунки бундай масштабларда одатий бўлган (макроскопик) технологияларни материя билан ишлашда кўп ўринда қўллаб бўлмайди, оддий масштабларда назарга илинмайдиган даражада заиф кўринган микроскопик ҳодисалар эса анча салмоқли бўлиб бормоқда ва қўтилмаган янгиликлар келтирмоқда: алоҳида атомлар ва молекулаларнинг (ёки молекулалар агрегатларининг) хусусиятлари ва ўзаро алоқалари, квант эффеқтлари мутлақо янги тус касб этмоқда.

Амалиётда нанотехнологиялар бу ўлчамлари 1дан 100 гача нм оралиғида бўлган атомлар, молекулалар ва заррачаларни яратиш,

ишлаш ва улар устида манипуляцияларни амалга ошириш учун зарур қурилмалар ва уларнинг таркибий қисмларини ишлаб чиқариш технологияларидир. Натижада объектлар уларнинг каттароқ масштабдаги тўлақонли фаолият кўрсатувчи тизимларга интеграциясини амалга ошириш имконини берадиган мутлақо янги сифатларга эга бўладилар.

Бирок ҳозирда нанотехнология жадал ривожланиш босқичиде турибди, ва бу соҳада башорат қилинаётган асосий кашфиётлар ҳаётга татбиқ этила бошлади. Олиб борилаётган тадқиқотлар амалий натижалар бера бошлади. Нанотехнологияда илғор илмий натижаларнинг қўлланиши уни *юқори технологиялар* қаториге қўйиш, «янги саноат инқилоби» тўғрисида сўз юритишга тўла асос беради.

Нанотехнология – бу кимё, физика ва биология соҳасидаги фундаментал билимлар асосида ҳаётнинг турли соҳаларида нанообъектларни яратиш ёки табиатнинг ўзидан топиш, уларни назорат қилиш ва қўллаш дегани. Нанотехнология дарахтидан анча шохлар ўсиб чиқиб бўлди: булар наноматериаллар, кейинги авлод наноэлектроникаси ва компьютерлари, углерод асосидаги ажойиб тузилмалар – фуллеренлар ва нанотрубкалар, тиббиёт учун нанодорилар ва нанороботлар ва б.

Компьютер техникасининг жадал ривожланиши нанотехнологиялар соҳасидаги тадқиқотларнинг ривожланишини янада рағбатлантиради ва наномашиналарни конструкциялашни осонлаштиради. Агар инсон нанотехнологик қурол яратса, у соғ-омон қолиши мумкин ва унинг ҳаёти қулай ва шинам оламда роҳатга айланади.

Биологияга оид фанлар бугунги кунда тез ривожланмоқда, кашфиётлар деярли ҳар куни содир бўлмоқда. Олимлар вируслар, бактериялар, хужайра ичидаги ҳар хил тузилмалар ва ҳ.к. қандай амал қилаётганини ўрганмоқдалар. Улар микрооламга тобора кўпроқ кириб бормоқдалар, янги технологияларни ўзлаштирмоқдалар ва алоҳида молекулалар устида манипуляцияларни амалга ошира оладилар. Яқин вақт мобайнида хужайра ичида содир бўлаётган жараёнларни тадқиқ қилишда квант механикаси, молекуляр биология, ген инженерияси, нанотехнология, биокимё, тиббиёт ва анорганик кимё каби фанларнинг ўзаро бирлашуви содир бўлади дейиш мумкин. Бундай бирлашув ҳаёт ўзи нима деган саволни англаб етишда катта ўзгариш содир қилади, тиббиёт эса

касалликларни ташхислаш ва даволашда янги усулларни ўзлаштиради.

Ўйлаймизки, биолог дўстларимиз китобда биологик ғализликлар топсалар, биздан хафа бўлмаслар. Чунки муддао биологияни тушунтириш эмас, биология орқали кенг ўқувчилар оmmasига кибернетика ва нанотехнологиянинг яна бир саҳифасини очишдир.

Ушбу китоб, асосан биологлар, тиббиёт, қишлоқ хўжалик мутахассислари ва мактаб ўқувчилари учун ёзилган. Китобни ўқиб келажак суҳбатлар ҳақида маслаҳатларини аямаган дўстларга гоибдан ташаккур айтамыз.

Ушбу китобнинг «Хужайра кибернетикаси» ва «Нанотехнологиялар электроникада ва ҳисоблаш техникасида» бўлими В.Қ.Қобулов ва А.В.Қобуловлар томонидан, «Нанотехнологиялар тиббиётда ХХI асрда» бўлими эса С.С. Қосимова томонидан ёзилган.

Китоб қўлёмасини босмага тайёрлашда кўп дўстлар, айниқса, Б.Н. Хидиров, М.Сайдалиева, Р.В.Қобуловларнинг хизмати катта бўлди. Муаллифлар китоб ёзишда илҳом ва яқиндан кўмак берган дўстларига самимий миннатдорчилик билдиришни ўзларининг бурчи деб билади.

I БОБ. ҲУЖАЙРА ТИЗИМИ

1.1-§. ҲУЖАЙРА

Атрофимизни ўраб олган ҳамма мавжудотлар, жумладан ўсимликлар, қурт-қумурсқа ва ҳайвонлар, ниҳоят, одамзоднинг ўзи ҳам кўриниши жиҳатидан бир-бирига ҳеч ўхшамайди. Лекин бу мавжудотларнинг ҳаммаси ҳужайрадан ташкил топган.

Демак, ҳужайра ҳар бир жонивор учун ҳаёт бирлиги бўлиб хизмат қилади. Оламда бир ҳужайрали жониворлар ҳам бор, масалан, зоология дарсликларида келтирилган амёба ҳамда сон-саноксиз микроблар бир ҳужайрали жониворларга мисол бўла олади. Шу билан бирга бир-бири билан жуда мураккаб алоқаларда бўлган, миллион-миллион ҳужайралардан ташкил топган одам организми каби организмлар ҳам мавжуддир.

Яшаш, ўлиш, касаллик ва сиҳатлик, овқат ҳазм қилиш, насл қолдириш буларнинг ҳаммаси ҳужайралар «фаолияти» билан боғлиқдир. Шунинг учун ҳам ҳозирги замон биологияси бошқа фанлар билан ҳамкорликда ҳужайра сирларини мукамал равишда охиригача очиш каби оғир муаммони ўз олдига қўйгани бежиз эмас.

Олимлар ҳужайра сирларини очиш мақсадида уларга уч асрдан бери «хужум» қиладилар ва ҳозир бу соҳада катта муваффақиятларни қўлга киритдилар. 1971 йили май ойида бўлиб ўтган собик иттифоқ Фанлар академиясининг умумий мажлисида академик И.В.Келдиш бундай деган эди: «Бизнинг давримизда биология фанининг аҳамияти борган сари ошмоқда. Бу асосан молекуляр биология соҳасидаги жуда катта кашфиётлар натижасидир. Кўпчилик оксилларнинг структураси ва конфигурациясининг аниқланиши, ферментларнинг сунъий синтез қилиниши, геннинг синтези ва бошқалар дунё фанининг улуғ муваффақиятларига киради. Бу фундаментал кашфиётлар биология жараёнлари комплексига бутунлай янги қонуният асосида ёндашишга имкон беради».

Ҳақиқатан ҳам организмнинг хужайралардан тузилганлиги ҳақидаги назария бутун органик оламнинг келиб чиқиши, тузилиши ва ривожланишда қандайдир бирлик борлигини исбот этиш учун жуда муҳим материаллар берди. Шунинг учун Ф. Энгельс хужайра назарияси, энергиянинг сақланиш қонуни ҳамда Ч. Дарвиннинг табиий танланиш назарияси билан бир тартибда аҳамиятга эга деб ҳисоблаган эди.

Бундай улуг кашфиётлар нималардан бошланганлиги, хужайра тарихи саҳифаларини кимлар очганлиги кишини беихтиёр қизиқтиради.

1665 йили инглиз олими Роберт Гук пўкакнинг юпка парраklarини ўша даврда эндигина пайдо бўлган микроскоп остида текширганда, пўкак моддасининг бир-биридан диафрагмалар билан ажралганлиги ҳамда ҳаво билан тўлиқ бўлган кичик-кичик «ячейка»лардан иборат эканлигини кўрди. Р. Гук бу «ячейка»ларни хужайра деб атади, юнон тилида «бўшлик» демакдир. Бу воқеадан сўнг ўсимликларнинг кўпчилик қисми хужайралардан ташкил топганлигини немис ботаниги М.Шлейден асослаб берди.

Бир хужайрали тирик жониворларни биринчи маротаба голландиялик мовутфуруш Антоний ван Левенгук кўрган эди. У бўш вақтларида ҳар хил линзалар тайёрлар, микроскоп ясар ва қўлига нима тушса микроскоп остига қўйиб кўришни яхши кўрар эди.

Кунларнинг бирида Левенгук нима учун гармдори тил учини ловуллатиб ачитишини билгиси келиб қолди. У уч-тўртта гармдорини сувга солиб, идишни тоқчага қўйиб қўйди. Бир неча кундан кейин шу сувнинг бир томчисини микроскоп остига қўйиб қараса, унинг ичида сон-соноқсиз майда жониворларни ғужғон ўйнаганини кўрди. Булар ўша пайтгача Левенгук кўрган биронта жонзотга ўхшамас эди. Бундай тажриба орқасида кишилик ҳаётига бутунлай янги дунё очилган эди. Бундай кашфиётни ёши анча улғайиб қолган мовутфурушнинг амалга ошириши фанда учраб турадиган анча-мунча қизиқ воқеалардан биридир. Лекин шуни таъкидлаб ўтиш керакки, Левенгук кузатган организмлар хужайралардан ташкил топганлигини унинг ўзи ҳам билмас эди. Буни 1838 йили немис зоологи Т.Шванн таърифлаб берди. У ҳайвонлар тўқималари хужайрадан тузилганлигини қонуният даражасига кўтариб, биринчи маротаба «хужайра назарияси» деган иборани ишлатди. Шванн таърифи бўйича «хужайра - бу организм.

Ҳайвонлар ҳам, ўсимликлар ҳам ҳужайралар йиғиндисидан иборат» деган эди.

Шундай қилиб ҳайвон ва ўсимлик дунёси ҳужайраларининг яшаши, тараққий этиши ва ишлаш асослари бир хил бўлиб чиқди. Бу, ўз навбатида, фан оламида очилган улуғ кашфиёт эди. Ҳужайра назарияси яратилаётганда унинг пайдо бўлиш механизми ҳали аниқланмаган эди. Ҳаттоки, Т. Шваннинг ўзи ҳам ҳужайралар баъзи бир моддалардан барпо бўлади деб ўйлар эди. XIX асрга келиб бу фикр рад этилган.

Россия Фанлар академиясининг академиги, машҳур олим Карл Бэр ўтган асрнинг бошларида сутэмизувчи ҳайвонларнинг тухум ҳужайрасини кашф этади ва барча организмлар уруғланган битта тухум ҳужайрадан ривожлана бошлашини кўрсатиб беради. Тухум уруғлангач, бўлиниб янги ҳужайраларни ҳосил қилади.

Бўлажак организмларнинг тўқима ва органлари эса ўз навбатида ана шу ҳужайралардан таркиб топади. Карл Бэр кашфиётида ҳужайра тирик организмларнинг тузилиш бирлигигина эмас, балки ҳамма организмларнинг ривожланиш бирлиги ҳам эканлигини кўрсатиб берди.

XIX асрнинг ўрталарига келиб немис олими Р. Вирхов ҳар қандай ҳужайра ҳужайрадан келиб чиқади, деб масалани кескин ҳал қилди.

Шу даврда бир ҳужайрали мавжудотлар - микроблар ҳақидаги фан - микробиология соҳасида катта тадқиқотлар қилинди. Жумладан, машҳур француз олими Луи Пастер оғзи ёпиқ қолбаларда тажрибалар олиб бориб, овқатлар ачишининг сабаби микроблар эканлигини кўрсатди.

Кейинчалик немис олими Рихтер Кох микробларни лаборатория шароитида ҳам ўстириш йўлларини топди. Ниҳоят, рус олими Илья Мечников организмларнинг микробларга қарши кураш механизмини ўрганиб, бу соҳада муҳим кашфиётлар қилди. Лекин ҳужайраларни ўрганувчи фан - цитология (юнон тилида «цитос» - ҳужайра, «логос» - фан) XX асрда турли электрон микроскоплар ихтиро этилиши билан ҳозирги даражага кўтарилди.

2500 маротаба катта қилиб кўрсата оладиган, такомиллашган ёруғлик микроскопларининг ихтиро этилиши ҳужайранинг асосий структура компонентларини кашф этишда ҳамда ҳужайранинг ҳаёт фаолияти даврида шу компонентларнинг аҳамияти тўғрисида

билимларни тўплашга имкон яратди. Ана шундай ютуқлар орқасидан цитология фани шаклланаверди.

1933 йили электрон микроскопининг ихтиро этилиши хужайра тузилишини ўрганиш бобида бутунлай янги давр очди. Электрон микроскопнинг бундай аталишига сабаб, унда ёруғлик ўрнига электронларнинг тез ҳаракатланувчан оқимидан фойдаланишдир.

Ёруғлик микроскопидаги шиша линзалар ўрнига электрон микроскопда электромагнит майдонлар жойлаштирилган. Катта тезлик билан «учадиган» электронлар аввало текширилаётган объектда тўпланиб, сўнгра телевизор экранига ўхшаш экранга тушади. Бу экранда объектнинг катталаштирилган тасвирини кўриш ёки суратга олиш мумкин бўлади. Бундай микроскоплар молекулаларни, уларнинг бўлаклари ва ҳаттоки баъзи бир атомларни ҳам кўришга имкон яратди. Бундай микроскопнинг энергияси 1-5 миллион электрон-вольтга тенг бўлиб, катталаштириш 100-150 минг маротабага етади.

Хужайраларни электрон микроскопда текшириш учун уларнинг юпқа парралари 100-150 ангстремга тенг қилиб олинади. Шундай юпқа парраларгина электронларни кам ўтказгани туфайли электрон микроскопда уларни текшириш қулай ҳисобланади. Лекин электрон микроскопда электрон нуридан фойдаланганимиз учун биз нарсаларнинг ранги ва ҳажми тўғрисида тўлиқ тасаввурга эга бўла олмаймиз. Шунинг учун ҳам кейинги йилларда муҳандис конструкторлар электрон микроскопларнинг бу камчилигини бартараф этиш мақсадида иш олиб бормоқдалар. Ҳозирги кунга келиб ҳажм ва ранг тўғрисида маълумот олишга муваффақ бўлинди. Бундай электрон микроскопда худди телевизор кўрсатадиган тасвирни олиш мумкин. Бундай микроскопларнинг вужудга келиши хужайраларни молекула даражасида ўрганишимизга имкон беради ва молекуляр биология фанининг ривожланишига катта ижобий таъсир кўрсатади.

Электрон микроскоплар ёрдамида хужайранинг қисмлари билан шаклларини кўриш мумкин. Лекин бу қисмларнинг таркибини билиб бўлмайди. Бундай ҳолларда химиянинг махсус бўлими биохимия усулларидан фойдаланилади.

Биохимияда минутига бир неча ўн минг марта тезлик билан айланадиган «центрофуга»,- деб аталмиш асбобда хужайра қисмларга ажратилиб, кейин шу ажратилган қисмлар хоссалари алоҳида ўрганилади.

Хужайра қисмларининг кўп хоссалари энергия алмашилиш, ионлар ҳаракати ва ҳоказо физик усуллар ёрдамида биофизика фанида ўрганилади.

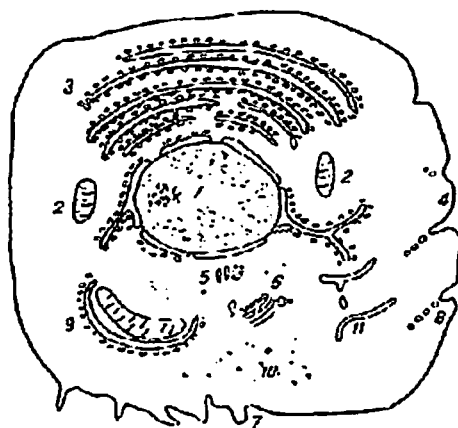
Ҳаёт фаолиятининг молекуляр асосларини текшириш, масалан, оксил ва нуклеин кислоталар қоричмаларидан айрим моддаларни ажратиш учун ўта сезгир ва осон автоматлаштирилдиган усулларга ўтиш керак. Энг аввал бу ёруғлик ютилишига асосланган спектроферометр усули, шунингдек радиоактив изотопларни кўллашдир. Тирик организмлар ҳаёти ва уларнинг муртақдан ўсиб вояга етиши асосида ётадиган нозик кимёвий жараёнларни ўрганиш учун микромасштабдан ультрамасштабга, яъни граммнинг миллиондан бир қисми - микрограммни ўрганишга тўғри келади.

Ҳозирги молекуляр биология микроанализ учун асосан радио изотоплардан фойдаланади. Инглиз олими Сэнджер ва бошқалар фосфор радиоактив изотопи ёрдамида ўнлаб транспорт РНК рибонуклеин кислоталар структурасини аниқладилар. Швед олимлари Хидем ва Эдестрем 60-йилларда асаб хужайраларидаги нуклеин кислоталар таркибини ўргандилар.

Собик иттифоқ ФА Сибир бўлими цитология ва генетика илмгоҳида бу усуллар такомиллаштирилиб, янги нозик асбоблар ясалди. Хромотограф, электрофорез, ультрацентрофугалаш аввал микрограмм, кейин нонаграмм даражасига ўтказилди. Ҳозир баъзи бир хужайрали сув ўсимликларидан ажратиб олинган нуклеин кислоталар таркиби ўрганилмоқда. Битта хлореллада яшил сув ўсимлиги куёш энергиясини кимёвий энергияга айланиши жараёнида ўтадиган ферментатив реакция қайд қилинди.

Хужайра қисмлари компонентларини бир-биридан ажратиш ва уларнинг фаолиятини асослашда кимёвий ва физик усуллар ёрдамида текширишлар жуда катта имкониятлар яратди. Хужайранинг шакли, унинг ичида нималар борлиги ҳамда хужайрада қандай ҳодисалар рўй бериб туриши сўзсиз ҳаммамизни қизиқтиради. Мана шу муаммолар устида бироз тўхталиб ўтайлик.

Хужайраларнинг шакли, жумладан, йирик ёки майдалиги эволюциянинг узоқ йўлини босиб ўтган кўп хужайрали мураккаб организмда уларнинг бажарадиган функцияларига боғлиқ (1.1-расмга қаранг).



1.1-расм. Хужайра тузилишининг соддалаштирилган кўриниши:
 1- ядро, 2 - митохондрия, 3 - эндоплазматик тўр, 4 - хужайра
 қобиғи, 5 - хужайра маркази, 6 - Гольджи комплекси,
 7-микроворсинкалар, 8 - пиноцетоз томчилари, 9 - митохондрия
 билан боғланган эндоплазматик тўр қисми, 10 - боғланмаган
 рибосомалар, 11 - силлик эндоплазматик тўр.

Ҳар қандай хужайра, ҳоҳ у бир хужайрали ҳоҳ кўп хужайрали организмларда бўлмасин, бир-бири билан чамбарчас боғланган иккита энг муҳим қисм: цитоплазма ва ядродан иборат. Булар бир бутун тирик система ҳосил қиладилар. Хужайранинг ўзи ҳамда цитоплазма қисмлари ҳар хил мембраналар билан чегараланган.

Хужайра қисмлари компонентлари ва цитоплазмага ўрнашган элементлар – органоидларни тасаввур қилиш учун эътиборингизни куйида тузилган жадвалга қаратамиз (1.1-жадвал).

1.1-жадвал

Номи	Қайси организмларда учрайди	Миқдори	Шакли	Тузилиши	Таркиби	Вазифаси
1	2	3	4	5	6	7
Ташқи мембрана-наси(эт парда.	Ўсимлик, ҳайвонлар, бир хужайрали бакте-	Битта (қон, жигар) бир қанча (нерв		1) Қалинлиги 75 ⁰ А ли парда,	1)Ўсимликда клетчатка	Ташқи муҳит билан модда

кобик)	рияларда	хужайралар ва содда организмлар)		2) уч каватдан иборат (ташки корамтир кават, рангсиз кават, ички корамтир кават)	ички ва ташки кавати оксил, ўрта кавати ёғ	алмаштириш: а) тешинкчалар оркали ионлар ва сув модда молекулалари б) фагоцитоз (макро-моддалар) пиноцитоз (сув)
Цитоплазма	хамма хужайраларда			1) майда доналардан тузилган 2) кўп хужайраларда эпителий таянч структура хосил қилади	Сув, оксил	Барча органоидларни ядро билан боғлайди ва уларнинг ўзаро таъсир қилишини таъминлайди
Митохондрия (митосли, хандрин дона, гранула)	хамма хужайраларда	2-3 дан 1000 гача, сут эмизувчилар жигарида 2500 гача	юмалоқ, чўзинчок, таёксимон, таначалар 0,2 дан 5 микгача	ташки қорбиги уч каватли, ички бурмали кристалл мембранадан иборат. Кристаллар ораси ярим суюқ модда билан тўлдирилган	Мембрана Оксил ва ёғлар, АТФ синтезловчи ферментлар	АТФ парчалаб, энергия хосил қилиш. «Энергия станцияси» вазифасини ўтайди
Пластидлар а) яшил	Ўсимлик хужайралари		Диск шаклида			1) хлорофил қўш

хлорофилл барг ва яшил қисмларда; б) қизил зарғалдок ва бошқа рангларда хромопластлар (баргларда); в) лейкопластидлар поя. илдиз, туганак хужайраларида бири-бирига айланиб туради	да		4-6 мк			энергияси ҳисобига анорганик моддалардан органик моддаларни ҳосил қилади, яъни фотосинтез қилади; 2) хромопластлар баргларни ҳар хил бўёқларга бўяйди
Лизосома (лизис озик моддаларнинг ферментлар таъсирида парчаланиши)	ҳайвонлар, ўсимликлар	ўнлаб	кичик, юмалоқ таёқчалар (диаметри 1 мк).		Ферментлар	Хужайрага киргач, озик моддаларни парчалайди (ҳазм қилиш системаси)
Эндоплазматик тўр	ҳайвонлар, ўсимликлар		бутун цитоплазма-ни тешиб ўтган каналлар, бўш-		оқсил ва РНК	оқсил синтезлаш (йигиш конвейери)

			ликлар мураккаб системаси (500 А гача).			
Рибосомалар (эндоплазматик тўрда цитоплазма ва ядрода жойлашган)	хайвонлар, ўсимлик, бир хужайраликлар		Юмалок таёқчалар (диаметри 150 200 ⁰ А)		оксил ва РНК	оксил синтезлаш (йигиш конвейери)
Гольжи комплекси (К.Гольжи 1898 йилда кашф қилинган)	Ўсимлик, хайвонлар		ядро атрофида мураккаб тўр шаклида; ўсимлик ва содда организмларда ўрок ёки таёқча шаклидаги танача	1) гурух-гурух бўлиб (5-8 тадан) жойлашган йирик бўшликлар; 2) бўшликлардан бошлаган найчаларнинг мураккаб системаси; 3) найчалар учларида жойлашган йирик ва майда пуфакчалар		хужайраларда синтезланган оксиллар оксилсимон секретлар, тухум хужайралар стилаётганда ҳосил бўладиган сариклик моддаси, полисахаридлар ва ёгларни йигиб сўнгра томчи ёки дончалар шаклида цитоплазма-

хужайра маркази		иккита	ядро якини- да жойлаш- ган ци- линдр шакли- даги майда танача- лар (1км)			хужайра булиниши
Махсус вазифани бажа- радиган органойд- лар						1) содда орга- низмларда харакат функция- си: 2) нафас олиш йўллари- нинг эпителий хужайрала- ридаги киприклар организм- ларга кир- ган чанг зарра- ларини чиқариб ташлайди: 3) мускул хужайра- ларидаги миофиб- риллар мускулни
						Қискар- тиради
Ядро	ўсимлик, хайвонлар, содда	биттадан бир нечта гача	хужайра а шакли-			

Toshkent Axborot Texnologiyalari Universiteti

374298

Axborot Resurs Markazi

	организм-лар, бир хужайрали сув ўтлари		да юма-лок, чўзиқ ва Х.К.			
Ядро кобиғи	ҳамма хужайраларда	иккита ташки ва ички			Уч кават (300-500 тешикли)	ядрони цитоплазмадан ажратиб туради
Плевра ёки кареоплазма хроматин	ҳамма хужайраларда; ядронинг ҳамма бўшлиғини тўлдириб туради		айрим дурдона ёки ипсимон		ДНК ирсий манбан оксил	Ядро бўлинаётганда хромосомалар ҳосил килиш
Ядроча		кўпинча 1-2 та, айрим ҳолда 5-7 та	зич, юмалок таначалар		РНК оксил	Рибосомалар шаклланади ва цитоплазмага ўтади

Хужайра шунчалик мураккаб тузилганки, табиатнинг бундай мўъжизасини кўриб ҳайратда қоласан киши. Бу ерда модда алмашилишини таъминловчи мембраналар айниқса муҳим вазифани бажаради.

Хужайранинг ташқи мембранаси жуда майда тешиклари орқали муҳитдан ионлар, сув ва хужайра атрофида мавжуд бўлган бошқа кўп моддалар молекулаларини хужайра ичига киритишга имкон яртади. Хужайрадан эса ташқи муҳитга турли-туман моддалар ўша тешиклар орқали чиқиб кетади. Лекин теварак атрофдаги муҳитдан бир неча микрон келадиган озуқа заррларини ёки оксилларнинг йирик молекулаларини хужайранинг ичига киритиш керак бўлса, бу фагоцитоз йўли билан амалга оширилади (юнонча «фагос» - ютиш, қамраш, «цитос» - хужайра демакдир).

Инфузориялар, амёба каби бир хужайрали ҳайвонларда ва одамда фагоцитоз функциясини фақатгина ихтисослашган хужайралар, масалан, оқ қон таначалари ўтайдилар. Улар организмга кирган бактерия, чанг ва бошқа катта зарраларни

ютадилар, ҳамда касаллик туғдирадиган патоген бактериядан тозалайдилар. Демак фагоцитоз бу ҳужайра мембранасининг энг муҳим функцияларидан биридир. Ҳар хил моддаларнинг эриган суюқлик томчиларини ташқи мембрана орқали ҳужайрага кириш пиноцитоз деб аталади. Юнонча «пино» - ичаман, «цитоз» - ҳужайра демакдир. Ҳужайрадаги пиноцитоз жараёни фагоцитоз жараёнига ўхшайди: яъни суюқлик томчиси аввал ҳужайранинг ташқи мембранасига яқинлашади, натижада мембрананинг шу жойида бир талай майда бурмалар ҳосил бўлади. Кейин мембрананинг суюқлик томчиси тушган жойи ичкари томонга ботиб, бу ботиб кирган жой секин-аста чуқурлашади ва ниҳоят суюқлик томчиси мембрана юзасидан бутунлай ажралиб ҳужайра цито-плазмасининг ичида қолади. Пиноцитоз жараёни ҳужайра ташқи мембранасининг яна бир муҳим функцияси бўлиб, бу функция ҳамма ўсимлик ва ҳайвонлар ҳужайраларига хосдир.

Кўп ҳужайрали ҳайвонларнинг аксари ҳужайраларида, масалан, қон, жигар, буйрак ва бошқа органларнинг эпителий ҳужайраларида фақат битта ташқи мембрана бор, бу мембрана ҳужайраларнинг ягона ташқи қобиғи ҳисобланади. Бошқа ҳужайраларда, масалан нерв ҳужайраларининг ўсиқларида ҳамда кўпгина энг содда организмларда ташқи ёпғич бир-бирига тақалиб турган бир неча мембранадан иборат. Булар ҳужайранинг мустақкам қобиғини ташкил қилади. Ўсимлик ҳужайрасининг қалин қобиғи клетчатка ва пептин деган махсус органик моддадан иборат. Ана шу қобик ташқи цитоплазматик мембрана устида жойлашган бўлиб, мембрананинг актив фаолияти натижасида вужудга келади ҳамда ўсимлик ҳужайраларининг пишиқ ташқи ёпқичи бўлиб хизмат қилади.

Ҳозирги кунда мембраналарнинг ажойиб хусусиятларини ўрганиш биология фани олдида турган муҳим вазифалардан биридир.

Цитоплазма органоидлари қисмлари орасида «меҳнат» жуда ажойиб бўлган. Митохондрияларда ферментлар таъсири остида аденозинтрифосфат (АТФ) доим органик моддаларга парчаланиб туради ва бунинг ҳисобига энергия ҳосил бўлади. Бундан кўринадики митохондрияларни ҳужайранинг «куч» ёки «энергия станциялари» деб аташ мумкин.

Ўсимлик ҳужайраларида учрайдиган органоид - пластидалар уч турга бўлинади: хлорофилл номли яшил пигменти бўлган

хлоропластлар, кизил, зарғалдоқ ва бошқа рангларга бўялган хромопласт пластидалар ва рангсиз пластидалар - лейкопластлар. Шу билан бирга улар ҳамма тирик мавжудот ҳаётида асосий рол ўйнайди, чунки ўсимликларнинг яшил хлорофил барглари қуёш ёруғлик энергиясидан фойдаланиб, анорганик моддалардан органик моддаларни синтез қилади ва шу билан фотосинтез жараёни майдонга келади. Бу жараён фақат хлорофиллик хлоропластларида рўй бергани учун шу органоидларсиз ўсимлик бўлмайди, демак ўсимлик билан озикланувчи ҳайвонлар ҳам йўқ бўлиб кетади.

Пластидаларнинг юқорида кўрсатилган бу уччала хилидан бири иккинчисига айлана олади. Масалан, мева пишиб етилгач, кузда баргларининг ранги ўзгаради, яъни хлоропластлар хромопластларга айланади.

Пластидаларнинг бундай нозик тузилиши электрон микроскопда ўрганилган.

Хужайрада озуқа моддаларини парчалаш «вазифаси» лизосома номли органоидга топширилган. Лизосомалар хужайранинг ҳазм қилиш системаси бўлиб, озиқ моддаларини ўзидаги ферментлар таъсирида парчалайди.

Цитоплазмада оқсил, ёғ ва полисахарид каби организм учун зарур бўлган кимёвий моддалар оқадиган, ташиладиган, тармоқланиб кетган мураккаб каналлар, бўшлиқлар системаси ҳам борки, булар «махсус транспорт артериялари» ролини ўйнайди ва эндоплазматик тўр деб аталади. Бу каналларнинг деворларига ҳар хил моддалар ишлаб чиқарадиган органоидлар «қўйилган». Эндоплазматик тўрнинг ғадир-будур ҳамда силлиқ мембранали каналлари бор. Биринчи тўр мембраналарда бир талай майда, юмалоқ таначалар - рибосомалар жойлашган бўлиб, булар оқсилларни синтез қилишда актив қатнашади. Силлиқ эндоплазматик тўр мембраналарида эса ёғлар билан полисахаридлар синтез қилинади. Бу синтез маҳсулотлари канал ва бўшлиқларда йиғилиб, хужайранинг турли органоидларига истемол учун етказиб берилади.

Эндоплазматик тўр каналлари ва бўшлиқларига атроф муҳитдан доим моддалар кириб туради ва хужайранинг турли қисмларига ташилади. Хужайрадан чиқадиган моддалар ҳам эндоплазматик тўр системаси орқали чиқарилади. Демак, эндоплазматик тўрда оқсиллар, полисахаридлар, ёғлар синтез қилинади ҳамда турли моддалар ташилади ва ғамланади.

Гольджи комплекси деб аталмиш органоидни Италия олими К.Гольджи нерв хужайраларининг цитоплазмада биринчи марта кўрган. Ҳозирги кунда бу органоидни барча ўсимлик ва ҳайвон организмларининг хужайраларида борлиги аниқланган. Гольджи комплексининг шакли ва катталиги турли-туман бўлиб, аксари хужайраларда, масалан, нерв хужайраларида бу органоид ядро атрофида мураккаб тўр шаклида бўлади (1-жадвал). Ўсимликларнинг содда организмларидаги хужайраларида Гольджи комплекси ўроксимон ёки таёқча шаклидаги айрим таначалардан иборат бўлади. Ўсимлик ва ҳайвон организмлари хужайраларидаги Гольджи комплексининг шакли ҳар хил бўлгани билан уларнинг нозик тузилиши бир хил. Гольджи комплексида синтез қилинадиган оксиллар, секретлар, тухум хужайраларининг етилаётганида ҳосил бўладиган сариқлик моддаси, полисахаридлар ва ёғлар тўпланади, сўнгра томчи ёки доначалар шаклида цитоплазмага ўтиб, хужайранинг ўзида фойдаланилади ёки хужайрадан ташқи муҳитга чиқариб юборилади.

Бундан ташқари, хужайрада ҳаракат функцияларини амалга оширадиган ҳамда нафас олиш йўллари орқали кирган чангларни тутиб қоладиган махсус органоидлар ҳам мавжуд.

Кўриниб турибдики, узоқ эволюция натижасида табиат томонидан, ҳаёт бирлиги бўлмиш хужайраларда ҳар хил функцияларни бажарадиган қисмлар органоидлар жорий қилинганки, бу ўсимлик, ҳашарот, ҳайвонот ва ҳатто одам организмларида яшайди.

Ядро хужайралардаги ирсий хусусиятларни ўзида сақловчи ҳамда хужайра фаолиятини «бошқариб» турувчи муҳим қисм ҳисобланади. Ядро ўзини цитоплазмадан ажратиб турадиган қобиг билан ўралган бўлиб, унинг қобиғи ташқи ва ички мембранадан иборат. Булар, ўз навбатида, ҳар бир хужайра мембранаси ҳамда бошқа органоидларнинг ташқи цитоплазматик мембранаси каби уч қаватдан иборат.

Ядро қобиғида ҳам кўпгина майда тешиқлар борки, бу тешиқлар орқали цитоплазма билан ядро ўртасида модда алмашуви амалга ошади. Ядро қобиғининг мембранаси эндоплазматик тўрға чамбарчас боғлиқ бўлади.

Ядронинг бутун бўшлиғи ярим суюқ модда - ядро шираси ўз навбатида ядрочалар, хроматин ва оксилларни синтез қилувчи хромосомаларни ўзида мужассам-лаштирган.

Хроматин структураларида дезоксирибонуклеин кислота (ДНК) ва оксил жойлашган. Ядро ўртасидаги ядроча рибонуклеин кислота (РНК) ва оксиллардан тузилган бўлиб, ядрочада рибосома шаклланиб цитоплазмага ўтади ва шу билан биргаликда у цитоплазмада доимий бўлиб турадиган кимёвий реакцияларнинг маълум тартибда ўтишини таъминлайди.

Шуни таъкидлаб ўтиш керакки, бундай мураккаб системада ядро билан цитоплазма бир-бири билан чамбарчас боғлангандир. Агар хужайрани ядросидан маҳрум қилинса, ядро бир дақиқа ҳам яшай олмайди, хужайра муқаррар равишда нобуд бўлади. Хужайра яшаши учун ядро, цитоплазма ва хужайранинг барча органоллари ягона, бир бутун комплексни ташкил қилган ҳолатда бўлиши керак. Агар бирор органол зарарланса, хужайра нобуд бўлади, демак хужайра элементлари яхлит ва бир-бири билан боғланган тирик системадир.

Хужайрада бир вақтнинг ўзида бир йўла минглаб кимёвий реакциялар рўй бериб туради. Ташқи муҳитдан хужайра ичига турли моддалар тўхтовсиз кириб туради, ҳаёт фаолияти маҳсулотлари эса хужайрадан теварак атрофга узлуксиз чиқиб туради. Хужайранинг баъзи қисмларида қуйи молекулалар оддий моддалардан юқори молекулалар мураккаб бирикмалар ҳосил бўлса, бошқа қисмларда эса бунинг акси рўй беради.

Шундай экан, хужайранинг кимёвий таркиби бизни қизиқтирмай қолмайди.

Юқорида биз турли хужайраларнинг тузилиши бир-бирига ўхшаш эканлигини кўрсатиб ўтган эдик. Қизиғи шундаки, уларнинг кимёвий таркибида ҳам ўхшашлик бор экан. Буни 1.2 жадвалдан кўрса бўлади (% ҳисобида):

Хужайранинг кимёвий таркиби (% ҳисобида)

1.2-жадвал

Кислород	65 – 75	Олтингургурт	0,15 - 0,2
Углерод	15 – 18	Фосфор	0,20 – 1,00
Водород	8 - 10	Хлор	0,05 - 0,10
Азот	1,5 - 3,0	Магний	0,02 - 0,03
Калий	0,15 - 0,4	Мис	0,0002
Темир	0,01 - 0,015	Йод	0,0001
Рух	0,0000 - 0,0003	Фтор	0,0001

Ҳозирги кунда Д.И.Менделеев даврий системасида 110 та элемент бор бўлса, бундан қарийб 60 таси хужайраларда топилган. Жонсиз табиат жисмлари қандай элементдан тузилган бўлса, тирик хужайра ҳам ўша элементлардан ташкил топганлиги кишини ҳайратда қолдиради. Бу эса тирик ва жонсиз табиатнинг бир-бири билан боғлиқлиги ҳамда бир бутунлигини кўрсатади.

Хужайра таркибига кирадиган элементларни уч гуруҳга ажратиш қулай. Биринчи гуруҳга 4 элемент: кислород, углерод, водород ва азот киради. Хужайрада бу элементлар ҳаммадан кўпроқ бўлиб, унинг 98 процентни ташкил қилади. Микдори фоизнинг ўндан ва юздан бирича келадиган элементлар иккинчи гуруҳни ҳосил қилади. Бундай элементлар 8 та: калий, олтингугурт, фосфор, хлор, магний, натрий, кальций ва темир. Улар ҳаммаси бўлиб 1,9 процентни ташкил этади. Қолган ҳамма элементлар учинчи гуруҳга киради. Улар хужайрада 0,01 процентдан кам. Шунинг учун улар микроэлементлар деб аталади.

Атом даражасига назар ташласак, органик ва аорганик оламнинг кимёвий таркиби ўртасида фарқ йўқлигини сезамиз. Тузилишнинг юқориноқ босқичи бўлган молекула даражасида эса фарқ сезилади. Организмларнинг ҳаёт фаолиятидан ҳосил бўладиган маҳсулотларда организмлар учун характерли бўлган углеродли органик бирикмалар кўп. Хужайраларда топилган асосий кимёвий бирикмаларнинг микдори 1.3-жадвалда кўрсатилган (% ҳисобида).

Хужайралардаги кимёвий бирикмалар

1.3-жадвал

Сув	70-35	Нуклеин кислоталар	1-2
Оксиллар	10-20	АТФ ва қуйи молекулали бошқа	
Ёғлар	1 - 5	Органик моддалар	0,1 - 0,5
Углеводлар	0,2 - 20	Аорганик моддалар	1,0-1,5

Хужайрада сув катта аҳамиятга эгадир. Жумладан, хужайраларнинг кўпгина физик хоссалари, яъни ҳажми, эластиклиги сувга боғлиқ. Хужайрада сув эритувчи сифатида, сувли эритмалар эса кўпгина кимёвий реакциялар учун зарур муҳит сифатида керак бўлади. Бундан ташқари сув, оксиллар, ёғлар, углеводлар ва бошқа моддаларнинг парчаланиши билан боғлиқ бўлган кўпгина кимёвий реакцияларда бевосита қатнашади

Тузлар, ҳар хил органик моддалар, оксиллар, углеводлар сувда яхши эрийди ва булар гидрофил моддалар деб аталади. Юнонча «гидро»-сув, «филио» - севаман, яхши кўраман демакдир. Хужайра мембраналари таркибидаги сувда эримайдиган липоидлар сувнинг ташқи муҳитидан хужайра ичига ва аксинча, хужайрадан ташқи муҳитга ўтишини, шунингдек, хужайранинг бир қисмидан иккинчи қисмига ўтишини ҳам чеклаб туради.

Хужайра фаолиятида ҳархил ионларнинг ҳам роли жуда катта. Агар хужайранинг ўзида ва атроф муҳитда ионлар бўлмаса, хужайрада модда ҳаракати бузилиб, хужайра ҳалок бўлади. Хужайралар таркибий қисмига кирадиган кимёвий элементлардан бир қисми органик бирикмалар тузилишида қатнашади, иккинчи қисми эса аорганик моддалар шаклида бўлади.

Ҳозиргача фақат хужайра тузилиши ҳақидагина ҳикоя қилиб, кибернетика тўғрисида бир оғиз ҳам гап очмадик. Чунки хужайра кибернетикаси хужайраларда рўй берадиган кимёвий ва энергетик жараёнлар ҳамда бу жараёнларни бошқариш билан боғлиқ. Албатта, хужайра тузилишини билмай туриб бу жараёнларни тушуниб бўлмас ва шунинг билан биргаликда хужайра кибернетикаси ҳам бўлиши мумкин эмас эди. Хужайрадаги қатъий бир тартибда ва муайян жойларда бўлиб турадиган кимёвий реакцияларга диққат билан назар ташласак, хужайра аниқ дастур асосида ишлайдиган мураккаб механизмга ўхшайди.

Хужайрадаги кимёвий реакциялар асосан икки турга бўлинади. Булардан биринчиси синтез, тўғрироғи биосинтез реакциялари бўлиб, бунда оддий моддалар кўйи молекулали бирикмаларга, улардан юқори молекулали бирикмалар, яъни оксиллар, мураккаб углеводлар, ёғлар, нуклеин кислоталарга айланади. Синтезланган моддалар асосида эскирган ёки шикастланиб емирилган молекулалар ўрнига янгилари қад кўтаради; хужайра органоидлари, секретлари, ферментлари, запас моддалари тикланади.

Хужайрадаги иккинчи кимёвий реакциялар хужайрани ҳаракат, секреция, биосинтез ва шу каби бошқа фаолиятлари учун зарур бўлган энергия билан таъминлаш учун зарурдир. Бу реакциялар парчаланиш йули билан амалга ошади. Бунда юқори молекулали бирикмалар кўйи молекулали бирикмаларга ажралади, масалан, оксиллар аминокислоталарга, крахмал глюкозага айланади. Парчаланиш энергияга камбағал бўлган жуда ҳам оддий моддалар

CO_2 ва H_2O вужудга келгунча давом этади. Парчаланиш реакциялари натижасида энергия ажралиб чиқади.

Биосинтез реакциялари ассимиляция, парчаланиш реакцияларини эса диссимиляция дейилади. Демак, хужайрада ҳамма вақт бир-бирига қарама-қарши, лекин бир-бирига чамбарчас боғланган ассимиляция, диссимиляция жараёнлари бўлиб туради. Биосинтез реакциялари юзага чиқиши учун энергия сарф қилиш керак, бу энергия эса парчаланиш реакцияларидан олинади.

Модда ва энергия алмашинувини ташкил этувчи реакцияларнинг мураккаб системалари хужайра ичидагина эмас, балки ташқи муҳит билан ҳам чамбарчас боғланган. Ташқи муҳитдан хужайрага модда алмашинув реакциялари учун материал бўлувчи озик моддалар, шу моддалардан хужайранинг ҳаёт фаолияти учун зарур бўлган энергия юзага чиқади. Хужайра фойдалана олмайдиган моддалар эса ташқи муҳитга чиқариб ташланади.

Юқорида тасвирланган ҳамма кимёвий реакциялар ферментлар ёрдамида ўтади, ферментлар эса ўз навбатида катализатор вазифасини бажаради. Ҳозирга қадар хужайрада тахминан минггача фермент топилган. Энг мураккаб ва турли-туман кимёвий фаолият шу қудратли каталитик аппарат ёрдамида юзага чиқади.

Фермент молекулалари хужайранинг ички структураларида митохондриялар ва эндоплазматик тўр мембраналарида бир қатламда жойлашган бўлиб, уларни деворга ёпиштирилган кафель каби қоплайди. Бунда ферментлар реакциялар тартибига қараб муайян бир тартибда жойлашади. Ферментлар молекулалари билан қопланган хужайра мембраналари ўзига хос «каталитик конвейер» бўлиб, унда кимёвий реакциялар ғоят аниқ юзага чиқади.

Ферментлар, яъни биокатализаторлар - оксиллардир. Бу оксилларнинг реакцияларни тезлаштириш қобилиятини кўрсатиш учун мисол келтирамиз. Катализ ферменти водород пероксиди парчаланиш реакциясини 10^4 баробар тезлатади.

Юқорида ҳикоя қилинган кимёвий реакциялар аниқ тартибда ўтиши учун хужайра фаолиятини бошқариш керак. Шундай қилиб бир механизм борки, бу модда ва энергия алмашиш жараёнларида доимо ўзгармас тартиб сақлаб туради.

Албатта, бундай тартиб наслдан-наслга ўтиши ва хужайранинг бирор жойида қандайдир ибтидоий ахборот шаклида «ёзиб» қўйилган бўлиши керак. Шундай қилиб, хужайра назариясида

кибернетиканинг яна бир асосий термини бўлган ахборот пайдо бўлади (юқорирокда бошқариш системасини киритган эдик).

Хужайрадаги бошқариш муаммолари ва ахборот алоқаларини чуқур ўрганиш учун биз гапни хужайрадаги органик моддалар таркиби, демак, органик кимё асосий тушунчаларидан бошлашимиз керак.

1.2-§. ОРГАНИК КИМЁ ХАЗИНАСИ ҲАҚИДА

Хужайрада модда ва энергия алмашиши органик моддалар орасидаги мураккаб реакциялар натижасидир. Хужайрадаги органик моддалар таркибини билмай, кимёвий реакциялар моҳиятини тушунмай туриб хужайра кибернетикасини билиб бўлмайди.

Демак, хужайра кибернетикаси томонга биринчи кадам - органик кимё фани орқали қўйилади, чунки хужайра таркибидаги моддалар шу фанда ўрганилади. Шунинг учун ҳам биз органик кимё номли ажойиб бир хазинани «томошабин» сифатида айланиб чиқишга қарор қилдик. Қуйидаги саҳифаларни ўқиган китобхон шунча формуланинг нима кераги бор экан деб ўйлаши мумкин. Лекин нақл қилинган хазинадаги ажойибот-ларнинг энг қимматбаҳолари органик моддаларнинг структура формулалари бўлганидан бизда бошқа илож йўқ эди.

Гапни тарихдан бошлайлик. Органик кимё XIX асрнинг биринчи ярмида вужудга келди. 1807 йили швед олими Берцелиус ҳамма тирик организмлардан олинадиган моддаларни органик моддалар деб атади. Лекин у аорганик моддалардан органик моддалар олиб бўлмайди, бунинг учун бирор илоҳий куч керак деган фикрда эди. Бу идеалистик фикрни бартараф қилиш учун бирор органик моддани лаборатория шароитида синтез қилиш керак эди. Бу ишни Берцелиус шогирди, немис олими Вёлер бажарди. У бошқа органик моддadan мочеви́на синтез қилган эди.

Бу воқеадан сўнг дунёнинг шу соҳадаги кўзга кўринган кўпчилик олимлари изланишларга қатъий киришдилар, жумладан германиялик Колбе 1845 йили сут кислотасини, 1954 йили Бергло эса ёғларни синтезлади. Лекин органик моддалар тузилиши жуда ҳам мураккаб бўлганлигидан очилган айрим кашфиётлар масала моҳиятини тушунтира олмас, олимлар боши берк кўчага кириб қолгандек эдилар. Ҳатто машхур Вёлер ҳам 1835 йили Берцелиусга

ёзган хатида: «Органик кимё ҳозирги кунда ҳар қандай кишини ҳам ақлдан оздириши мумкин. У менинг назаримда ҳайратда қоладиган нарсалардан бой бўлиб, киши чувиллаб турган ўрмонга киришга журъат эта олмай ва кириб қолган тақдирда эса чиқа олмайдиган чексиз чангалзорга ўхшайди» деган эди.

Бу мушкул аҳволни улуғ рус олими, Қозон ва Петербург университетларининг профессори, академик А.М.Бутлеров (1828-1886) бартараф қилди. Ҳозирги замон органик моддалар тузилиш назариясини А.М.Бутлеров яратди. Бундан ташқари академик 1861 йили шакар моддасини синтезлади ва кўпгина органик моддалар хоссасини олдиндан айтиб берди.

А.М. Бутлеров назарияси қуйидагича таърифланади:

1. Органик моддалар молекуласидаги ҳамма атомлар бир-бири билан маълум изчилликда боғланган, бунда уларнинг бир-бири билан бирикиши учун кимёвий мойилликнинг муайян қисми сарфланади.

2. Моддаларнинг кимёвий хоссалари улар молекуласининг таркибига ва кимёвий тузилишига боғлиқ. Кимёвий тузилишнинг бу қондаси изомерия ҳодисасини тушунтириб беради.

3. Реакцияларда молекуланинг ҳамма қисми эмас, балки маълум қисми ўзгарганлиги туфайли, модданинг кимёвий ўзгаришини ўрганиш йўли билан унинг кимёвий тузилишини аниқлаш мумкин.

4. Мазкур модданинг хоссасини ўрганиб, молекуласининг тузилишини аниқлаш ва унинг тузилишини ва хоссасини ҳам акс эттирадиган маълум бир формула билан ифодалаш мумкин.

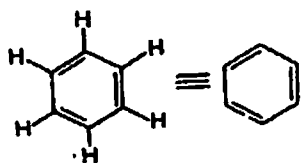
5. Молекула таркибига кирган функционал гуруҳнинг хоссаси ўзгармас бўлмасдан, балки шу гуруҳ бириккан атом ёки атомлар гуруҳининг таъсири ўзгаради.

Бундай ёзилган формулалар структура формула ёки тузилиш формуласи деб аталади.

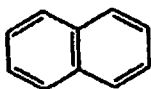
Ҳозирги вақтда кимёгарлар ёзадиган органик модда формулаларини кўрсангиз, булар тушуниб бўлмайдиган иероглифга ўхшайди. Органик моддаларнинг номларини айтмайсизми? Уларни эслаб қолиш ҳам мушкул бўлиб кўринади. Лекин А.М.Бутлеров қонунларига амал қилинса бу мураккаб структураларни чиройли бир системага тушириш мумкин.

Органик дунё сизга маълум углеводород деб аталмиш, икки ҳил элемент – углерод (С) ва водород (Н)дан ташкил топган моддалардан бошланади.

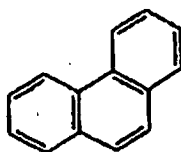
Аренлар:



Бензол



Нафталин



Фенантрен

в) гетероциклик занжир:



Этиленоксид



Пирролидин



Тиофен

Гетероциклик занжирларда бирорта углерод ўрнига бошқа элемент атомлари (гетероатомлар) ўрнашган бўлади. Одатда гетероатом ролини азот, олтингугурт ва кислород бажаради.

Занжирлардаги боғлар оддий (C-C) ёки каррали (C=C, C≡C) бўлиши мумкин.

Углеводороддаги водород ўрнига ҳар хил номдаги, масалан гидроксил (ОН), карбонил >C=O жойлашиши билан кислородли органик моддалар, аммиак радикали (—NH₂) жойлашиши билан азотли органик моддалар ҳосил бўлади. Бу гуруҳлар функционал гуруҳлар деб аталади. Гуруҳларнинг таркибига қараб органик бирикмалар синфларга бўлинади.

Битта функционал гуруҳ тутган бирикмалар монофункционал, кўп сонли бир хил функционал гуруҳлар тутган бирикмалар — полифункционал, кўп сонли ҳар хил функционал гуруҳлар тутган бирикмалар — гетерофункционал бирикмалар дейилади.

Шундай қилиб, углерод атомлари сони, оддий занжирлар структураси, функционал гуруҳлар турига қараб жуда ҳам кўп органик моддаларни ҳосил қилиш мумкин.

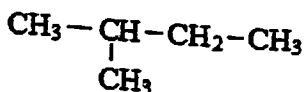
Кўрамизки, углеродлар ўзаро ҳар хил шаклда бирлашиб, шу билан турли хил номли углеводородлар ҳосил қилиши мумкин.

Биз ҳозир шу структуралар ташкил бўлиши масаласига батафсил тўхтаймиз. Кимёвий хоссалари жиҳатидан ўхшаш бўлиб, молекулаларнинг таркиби жиҳатидан бир-биридан бир ёки бир

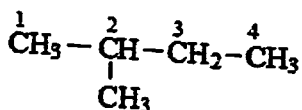
нечта - CH_2 - гуруҳ билан фарқланувчи бирикмалар қатори *гомологик қатор* дейилади.

Агар модда структура формуласида углеродлар фақат горизонтал чизик бўйлабгина эмас, балки вертикал чизиклар бўйлаб ҳам жойлашган бўлсачи?

Масалан:

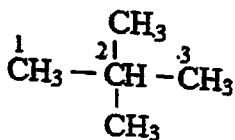


шаклдаги моддани қандай аташ керак? Бу ерда бешта углерод бўлса-да бу моддани бутан деб атаймиз (4-жадвалга қаранг). Шунга ўхшаш шохобчали скелетлар билан аниқланувчи моддалар изомерлар қаторига киради. Буларни аташ учун олдин горизонтал қатор рақамлаб олинади:



ва 2-метилбутан деб аталади. «2» сони шохобча иккинчи углерод атомидан бошланганлигини кўрсатади. «Метил» сўзи метил радикали, яъни - CH_3 осилганидан далолат беради. «Бутан» сўзи эса горизонтал қаторда тўртта углерод борлигини кўрсатади (1.4-жадвал). Умумий ҳолда формула $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ кўринишида бўлади.

Шунга ўхшаш:



шаклни, 2,2-диметил пропан деб айтиш керак («ди»- иккита метил уланган деган сўздир). Шундай қилиб, Тўйинган углевододлар (алканлар) қатори изомерларнинг номи асосий қатордаги номлар комбинациясидир.

Тўйинган углеводородлар қатори

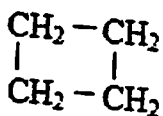
1.4-жадвал

Номлари	Форму- ласи	Радикал форму- ласи	Номла- ри	Эриш темпера- тураси	Қайнаш темпера- тураси
Метан	CH_4	$-\text{CH}_3$	Метил	- 182,5	- 161,5
Этан	C_2H_6	$-\text{C}_2\text{H}_5$	Этил	- 172	- 88,6
Пропан	C_3H_8	$-\text{C}_3\text{H}_7$	Пропил	- 187, 6	- 42, 2
Бутан	C_4H_{10}	$-\text{C}_4\text{H}_9$	Бутил	- 138,3	- 0,5
Пентан	C_5H_{12}	$-\text{C}_5\text{H}_{11}$	Пентил	- 129, 7	+ 36, 1
Гексан	C_6H_{14}	$-\text{C}_6\text{H}_{13}$	Гексил	- 95, 3	+ 68, 8
Гептан	C_7H_{16}	$-\text{C}_7\text{H}_{15}$	Гептил	- 90, 6	+ 98,4
Октан	C_8H_{18}	$-\text{C}_8\text{H}_{17}$	Октил	- 57	+ 126
Нонан	C_9H_{20}	$-\text{C}_9\text{H}_{19}$	Нонил	- 54	+151
Декан	$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$	$-\text{C}_{10}\text{H}_{21}$	Децил	- 30	+174

Алканлар кимёвий кам актив моддалар. Уларга кислота ва ишқорлар таъсир қилмайди. Шунинг учун ҳам уларга парафин (лотинча *parum affinis* - алоқадан махрум) номи берилган. Парафинлардаги C – C ва C – H боғларни парчалаш учун катта

энергия сарф қилиш, яъни уларни қиздириш ёки ультрабинафша нурлари билан таъсир қилиш керак.





Шу жойга келганда органик моддалар номи қандай расмийлашишига эътиборни жалб қилмоқчимиз. Алкан стандарт ном. Парафин модда хусусиятига тааллуқли. Бундан ташқари алканларда водород атомлари бошқа углеводларга нисбатан энг кўп бўлганидан (C_nH_{2n+2} формулага эътибор қилинган), улар тўйинган углеводородлар ҳам деб аталади. Шундай қилиб органик кимёда битта модда бир қанча номли бўлиб қолади. Масалан:



Бундай моддалар циклоалканлар (циклопарафинлар) қаторини беради (1.5-жадвал).

Кўпгина органик моддалар шу очик ва циклик алканлар асосида пайдо бўлади. Бунинг учун бирор водород атоми ўрнига бошқа элементлар атоми ёки функционал гуруҳлар ўрнашиб олиши керак.

Циклоалканлар (циклопарафинлар) қатори

Номи	Формуласи	Схемаси	Эриш харорати	Қайнаш харорати
Циклопропан	C_3H_6		- 127, 4	- 33, 3
Циклобутан	C_4H_8		- 90, 2	+ 12, 9
Циклопентан	C_5H_{10}		- 93, 8	+ 49, 3
Циклогексан	C_6H_{12}		+ 6, 5	+ 80, 7

Умумий холда	C_nH_{2n}			
-----------------	-------------	--	--	--

Лекин ҳали углеводородлар ҳақида гап тамом бўлгани йўқ. Биз углеводород ўзаро бир валентли билангина боғланган моддаларни кўрдик. Агар улар икки ҳаттоки уч валентли бўлиб боғлансаларчи?

Масалан:



Бундай моддалар тўйинмаган углеводларнинг этилен гомологик қаторини ташкил қилади (1.6-жадвал). Кўпинча булар *алкенлар* деб ҳам аталади.

Алкенлар қатори

1.6-жадвал

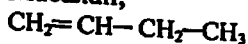
Этилен этан	C_2H_4	$CH_2=CH_2$
Пропилен пропан	C_3H_6	$CH_2=CH-CH_3$
Бутилен бутан	C_4H_8	$CH_2=CH-CH_2-CH_3$
Амилен пентан	C_5H_{10}	$CH_2=CH-CH_2-CH_2-CH_3$
Гексилен гексан	C_6H_{12}	$CH_2=CH-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
Умумий ҳол	C_nH_{2n}	

Жадвалдан кўриниб турибдики, этиленлар гуруҳи формулалари ҳам, уларнинг номлари ҳам (охирда «ен» ёзилиши) алкан

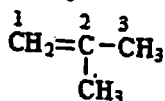
гуруҳидаги ёзилишдан фарк қилмайди ва бу ерда шундай муайян қонда борки, формулаларни кетма-кет ёзиб ташлайвериш мумкин.

Агар кўшбоғ силжиб қолса ёки вертикал чизиклар бўйлаб С атомлари пайдо бўлса яна изомерлар пайдо бўлади (этилен қатори изомерлари) ва яна рақамлашга ўтишимиз керак.

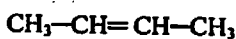
Масалан,



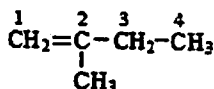
Бутен-1



2-метилпропен-1

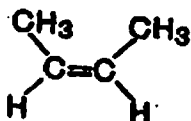


Бутен-2

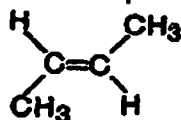


2-метилбутен-1

Этибор беринг, кўшбоғ олдидаги рақам модда номи кетига ёзилган. Ном олдидаги рақам олдингидек метил «осилган» жойни кўрсатмоқда. Этиленлар қаторида цис (бир томонлама) ва транс (икки томонлама) изомерлар ҳам учраб туради. Буларга мисол:

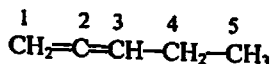


цис-бутен-2

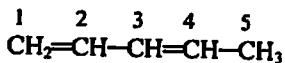


транс-бутен-2

Кўрдикки агар структура формуласида битта кўшбоғ (=) бўлса, «ен» кўшимчаси, иккита бўлса «иен» кўшимчаси қўшилади, яъни



пентадиен-1,2

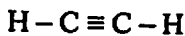


пентадиен-1,3

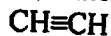
Этиленлар техникада қанчалик катта аҳамиятга эга эканлиги ҳақида тушунча ҳосил қилиш учун 1-схемани келтирамиз.

Алкенлар қатори

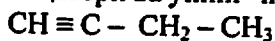
Агар углеродлар уч валенти билан ўзаро бирлашсалар алкенлар ёки ацетилен қатори пайдо бўлади. Ацетилен структура формуласи:



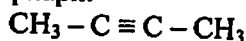
Ацетилен гомологик қатори ва унинг изомерлари.



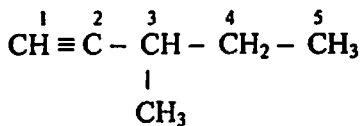
ацетилен



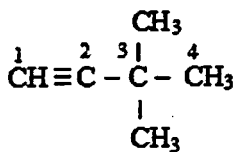
этил-ацетилен



диметилацетилен

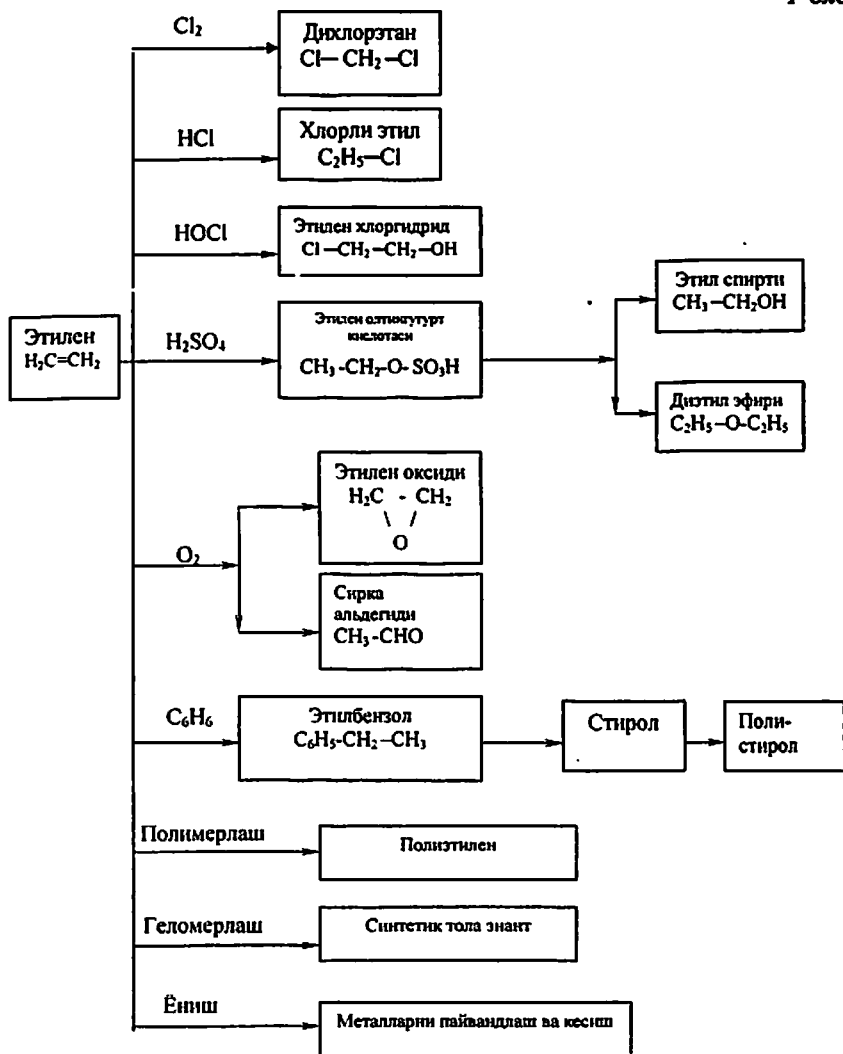


3-метилпентин-1



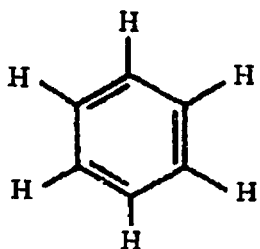
3,3-диметилбутин-1

1-схема

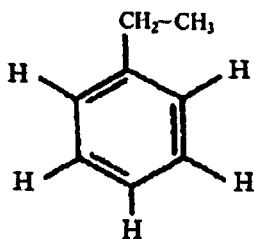
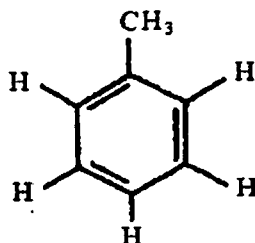


Аренлар

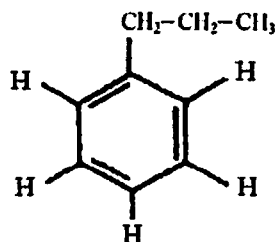
XIX асрда табиатдаги ҳидли моддалар - ўсимлик мумлари, бальзам, эфир ёғларидан олинган углеводородлар ароматик углеводородлар деб аталади. Ароматик углеводородларга структура формуласи циклик бўлган ҳамма углеводородлар киритилади. Буларнинг энг оддий вакили бензолдир. Бензол биринчи марта 1825 йили Фарадей томонидан ёритувчи газдан олинган. Унинг формуласи:



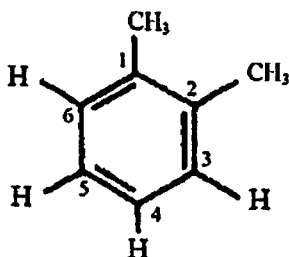
бензол
метилбензол



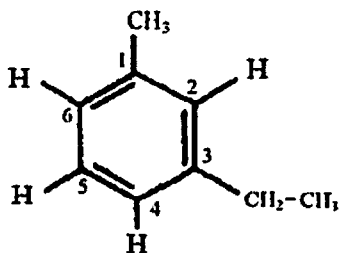
этилбензол



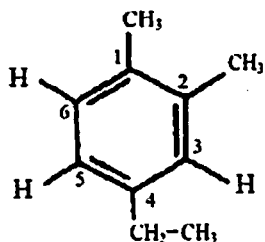
пропилбензол



1,2-диметилбензол



1-метил-3-этилбензол

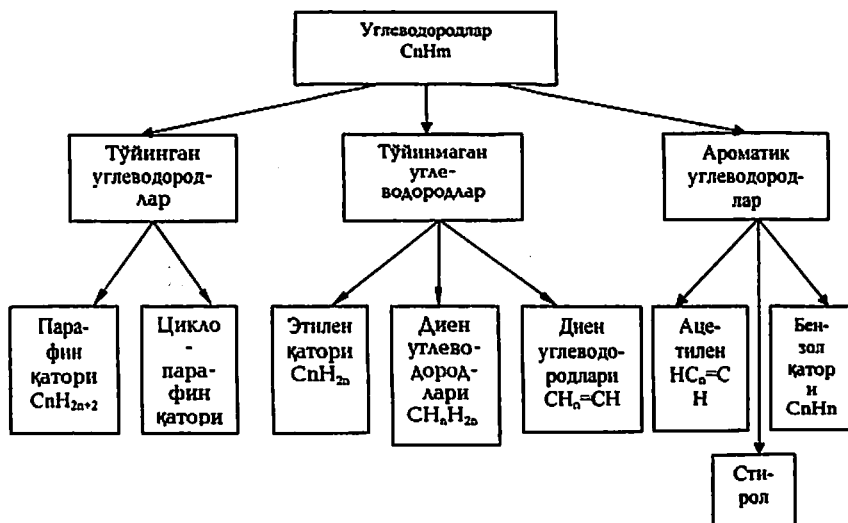


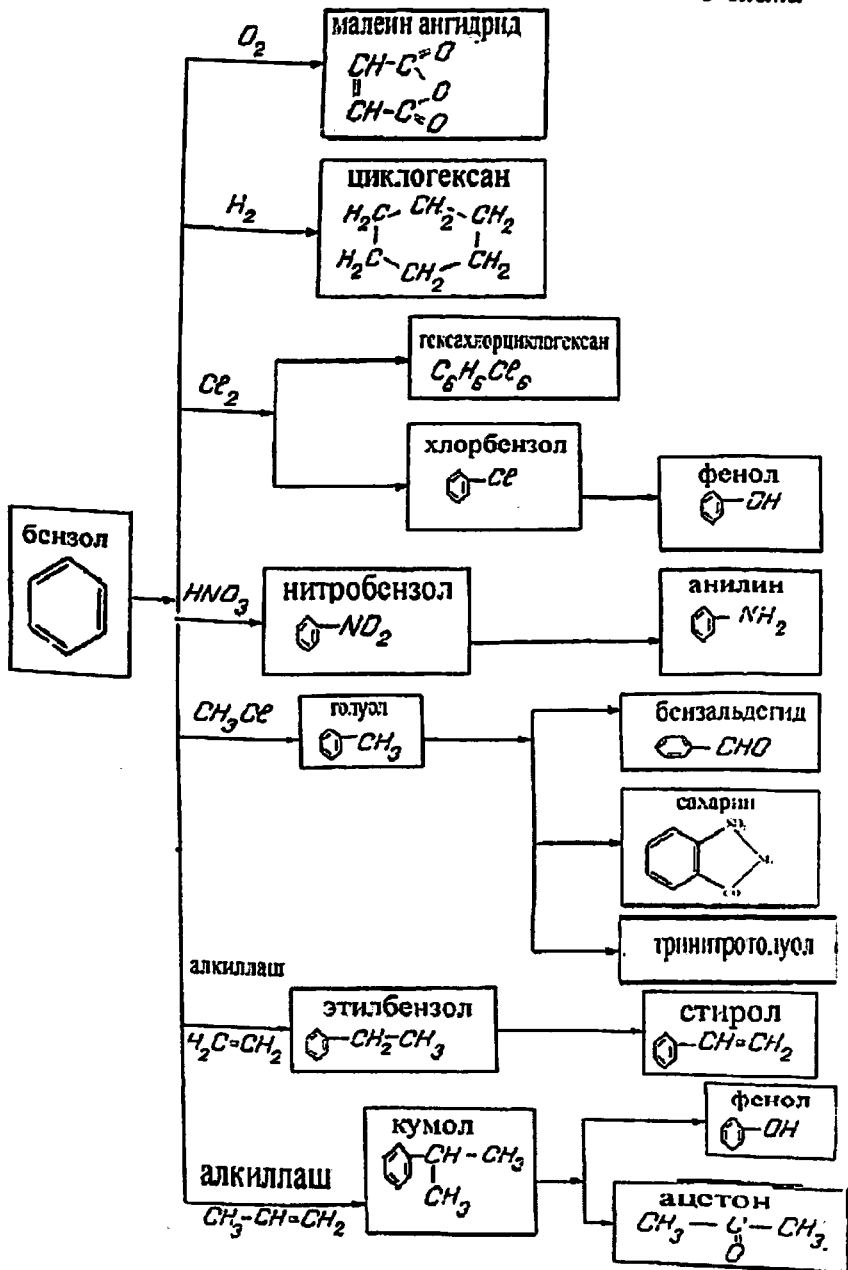
1,2-диметил-4-диметилбензол

Бензол ҳаётда қанчалик катта аҳамиятга эга эканлигини тасаввур қилиш учун қуйидаги 3-схемани келтиришни лозим топдик.

Шу ерда углеводородлар структураси ҳақидаги гапларни тамом қилмоқчимиз. Юқорида айтилган ҳамма гапларни қуйидаги 2-схема шаклида яқунлаш мумкин.

2-схема





Юқорида ўқувчилар эътибори фақат структура формулаларига жалб қилинди. Модда хоссалари, реакциялари ўтиш тартиби, углеводородлар олинадиган манбалар, нефт маҳсулотлари ҳақидаги бир оғиз ҳам тушунча берилмади. Чунки углеводород бизни хужайрада учрайдиган органик моддалар учун асос сифатида қизиқтириши мумкин. Буни углеводородлар структурасини билмасдан туриб тушунтириб бўлмайди. Юқорида келтирилган бир жинсли бирикмаларнинг углерод занжиридаги водород атомлари ўрнига ҳар хил функционал гуруҳлар бирикса, органик моддаларнинг янги-янги синфларини олиш мумкинлиги ҳақида бир неча марта гапирган эдик. Бу тўғрида маълумотларни 1.7- жадвалдан олиш мумкин.

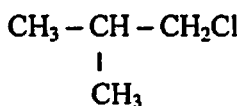
Органик бирикмаларнинг функционал гуруҳлари ва синфларга бўлиниши

1.7-жадвал

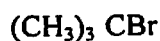
Функционал гуруҳлар	Бирикмалар Синфи	Синфнинг умумий формуласи
Галогенлар F, Cl, Br, I (Hal)	галогенли ҳосилалар	$\text{CH}_3 - \text{I}$
Гидроксил - OH	Спиртлар, феноллар	$\text{R} - \text{OH}$
Карбонил $>\text{C}=\text{O}$	Альдегидлар	$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{R} - \text{C} \\ \backslash \\ \text{H} \end{array}$
	Кетонлар	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_3 \\ \\ \text{O} \end{array}$
Карбоксил $\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ - \text{C} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array}$	Карбон кислоталари	$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{R} - \text{C} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array}$
Нитро -NO ₂	нитробирикмалар	$\text{R} - \text{NO}_2$

Амино NH_2	Аминлар	R-NH_2 $\text{R}_2\text{-NH}$ $\text{R}_3\text{-N}$
Тиол $-\text{SH}$	Тиоллар (тиоспиртлар, меркаптанлар)	R-SH
Сульфон $-\text{SO}_3\text{H}$	Сульфокислоталар	$\text{R-SO}_3\text{H}$

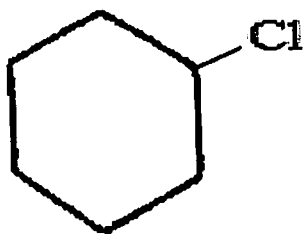
Галогенли ҳосилалар $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{X}$ формула асосида ҳосил бўлади. Бу ерда X ўрнига фтор F, хлор Cl, бром Br ёки йод I галогенларини қўйиш керак. Қуйидаги галогенли ҳосилалардан мисолларни келтирамиз:



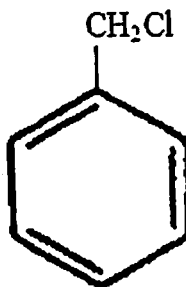
изобутилхлорид



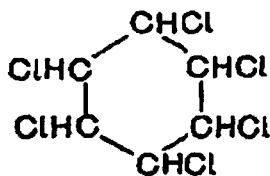
трет-бутил бромид



хлорциклогексан



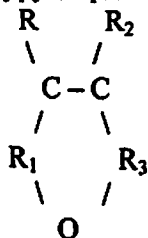
бензилхлорид



гексахлорциклогексан

Гидроксил бирикмалар R-OH да гидроксил гуруҳидаги водород Н ўрнига яна углеводород R¹ жойлашиши, натижада R-O-R¹ шаклидаги органик моддалар пайдо бўлиши мумкин. Бундай моддалар оддий эфир ва эпоксидлар деб аталади. Бу ерда радикаллар R ва R¹ бир хил ва ҳар хил бўлиши мумкин

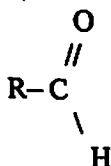
Гидроксил гуруҳлардан чиқадиган мураккаб эпоксидлар



шаклида қурилиши ҳам мумкин.

Булардан ташқари водород пероксиди HO-OH даги водород ўрнига ҳар хил радикаллар жойлашиши натижасида RO-OH гидроперикислар, RO-OR алкил перикислари келиб чиқади. Буларнинг ҳаммаси 1.9-жадвалда кўрсатилган.

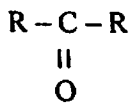
Энди



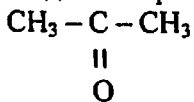
(R-углеводород занжир) шаклида ёзилувчи карбонил гуруҳга ўтайлик. Булар органик кимёда альдегид деб аталади. Мана буларнинг гомологик гуруҳи.

Альдегидлар номи	Формуласи	Қайнаш ҳарорати
Чумоли альдегиди Формальдегид	$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{H}-\text{C} \\ \backslash \\ \text{H} \end{array}$	- 190
Сирка альдегиди ацетальдегид	$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{CH}_3-\text{C} \\ \backslash \\ \text{H} \end{array}$	+ 210
Пропион альдегиди	$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C} \\ \backslash \\ \text{H} \end{array}$	+ 500
Мой альдегиди	$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C} \\ \backslash \\ \text{H} \end{array}$	+ 750
Валериан альдегиди	$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C} \\ \backslash \\ \text{H} \end{array}$	+ 120
Умумий ҳолда	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_n - \text{COH}$	

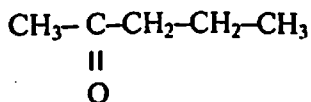
Бундан ташқари, кетонлар, яъни



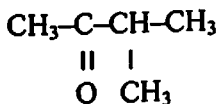
шаклида ёзиладиган карбонил гуруҳлар мавжуд. Масалан,



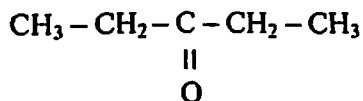
ацетон (диметилкетон, пропанон)



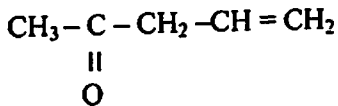
метил-пропилкетон
пептанон-2



метил-изопропилкетон
(3-метил-бутанон-2)

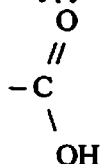


диэтилкетон (пентанон-3)

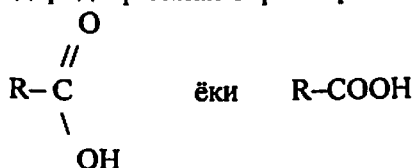


метилаллилкетон (пентен-4-он-2)

Ниҳоят карбоксил гуруҳи



Углеводородлар билан бирга карбон кислоталар, яъни



ҳосил қилади. Бу ерда карбонил (C=O) ва гидроксил (OH) гуруҳлар мавжуд. Кислоталар таркибидаги карбоксил гуруҳ COOH сонига қараб улар бир асосли, икки асосли (дикарбон), кўп асосли (поликкарбон) деб аталадилар. Радикал R ўрнига эса тўйинган, тўйинмаган ва циклик углеводородлар туриши мумкин.

Бир асосли кислоталар қатори $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}$ ёки $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$ формуласи асосида пайдо бўлади. Бир асосли алкил ёки алкинил радикалли кислоталар ҳар хил ёғлар таркибига кирганидан улар ёғ кислоталари деб аталади. Мана уларнинг гомологик қатори.

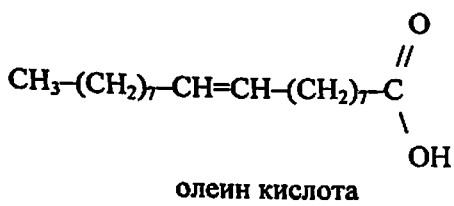
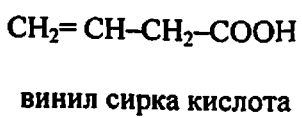
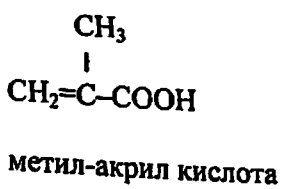
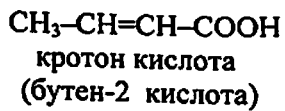
Бир асосли тўйинган карбон кислоталар гомологик қатори

1.10-жадвал

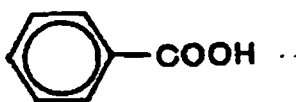
Кислота номи	Формуласи	Қайнаш ҳарорати
Чумоли	H-COOH	102 ⁰
Сирка	CH ₃ -COOH	118 ⁰
Пропион	CH ₃ -CH ₂ -COOH	141 ⁰
Мой	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -COOH	163 ⁰
Валериан	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -COOH	187 ⁰
Капрон	CH ₃ -(CH ₂) ₄ -COOH	205,8 ⁰
Энант	CH ₃ -(CH ₂) ₅ -COOH	223 ⁰
Пальмитин	CH ₃ -(CH ₂) ₁₄ -COOH	қаттиқ модда
Маргарин	CH ₃ -(CH ₂) ₁₅ -COOH	қаттиқ модда
Стеарин	CH ₃ -(CH ₂) ₁₆ -COOH	қаттиқ модда
Умумий ҳол	CH ₃ -(CH ₂) _n -COOH	

Чумоли кислотаси XVII асрда ўрмондаги қизил чумолилардан ажратиб олинган.

Тўйинмаган бир асосли кислоталар C_nH_{2n-1}COOH шаклида қурилади:



Бензол қатори асосида ароматик кислоталар олинади:



бензол кислота

Икки асосли кислоталар (дикарбон кислоталар) таркибига иккита карбоксил гурухлар киради.

HOOC-COOH
шавел кислота

HOOC-CH₂-COOH
малон кислота

HOOC-(CH₂)₂-COOH
қахрабо кислота

HOOC-(CH₂)₃-COOH
глутар кислота

HOOC-(CH₂)₄-COOH
аденин кислота

HOOC-(CH₂)₅-COOH
бимелин кислота

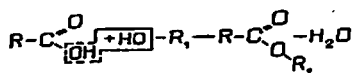
HOOC-CH=CH-COOH
малеин кислота



терефтал кислота

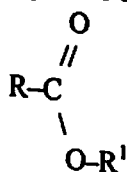
Карбон кислоталар таркибидаги функционал гурух ўрнига ҳар хил модда қолдиклари жойлашиши натижасида карбон кислота ҳосилалари пайдо бўлади.

Юқоридаги жадвалга баъзи бир изоҳлар бериб ўтмоқчимиз. Мураккаб эфир, спирт ва кислота реакцияга жиришса мураккаб эфир ҳосил бўлади.

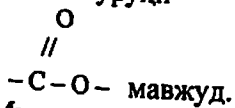


кислота спирт мураккаб эфир

Мураккаб эфир формуласида



ацилат гуруҳи

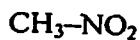


Мураккаб эфирлар табиатда жуда кўп тарқалган. Гул, меваларнинг хушбўй хидлари шу эфирлар борлигидадир. Шунинг учун ҳам бу эфирлар озуқа саноатида эссенция сифатида ишлатилади.

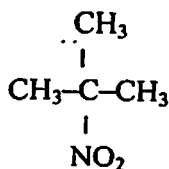
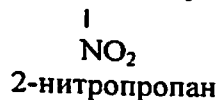
Мураккаб эфирларнинг қайнаш ҳарорати тегишли кислоталарникидан паст. Масалан:

сирка кислотаси	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{CH}_3-\text{C} \\ \\ \text{OH} \end{array}$	118°
метил ацетат	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{CH}_3-\text{C} \\ \\ \text{OCH}_3 \end{array}$	57°
этил ацетат	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{CH}_3-\text{C} \\ \\ \text{OC}_2\text{H}_5 \end{array}$	78°
пропил ацетат	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{CH}_3-\text{C} \\ \\ \text{OC}_3\text{H}_7 \end{array}$	102°

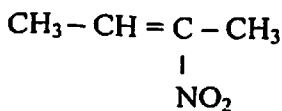
1.7-жадвалдаги нитробирикмалар $R-NO_2$ углеводород занжиридаги углерод атоми билан нитрогурух $-NO_2$ нинг бевосита қўшилиши оркали ҳосил бўлади:



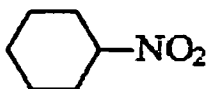
нитрометан



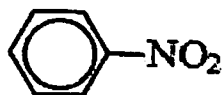
2-нитро-2-метилпропан



2-нитробутин-2



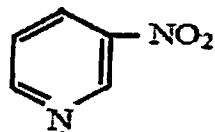
нитроциклогексан



нитробензол



2,7-динитронафталин



2-нитропиридин

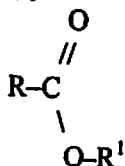
Углеводород молекуласидаги водород атоми бирор $-NH_2$ гурухи билан алмашса, аминлар ҳосил бўлади (1.12-жадвал). Бунда бир, икки, уч атом водород алмашиши мумкин.

Диазо бирикмалар $Ar-N_2X$ кўринишга эга. Бу ерда Ar -ароматик радикал, $-X$ аорганик қолдиқдир. Масалан, $Ar-N_2-Cl$. 1.7-жадвалда олтингугурт катнашадиган меркапто ва сульфогурухлар қайд қилинган.

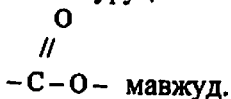
1.12-жадвал

Биринчи тартибли аминлар	Иккинчи тартибли аминлар	Учинчи тартибли аминлар
$CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-NH_2$ Аминобутан (н-бутиламин)	$CH_3-CH_2-CH_2-NH-CH_3$ 1-метиламинопропан (пропиламин)	CH_3 $CH_3-CH_2-N-CH_3$
$CH_3-CH_2-CH-CH_3$ 	$CH_3-CH-NH-CH_3$ 	диметиламиноэтан (диметилэтиламин)

Мураккаб эфир формуласида



ацилат гурухи

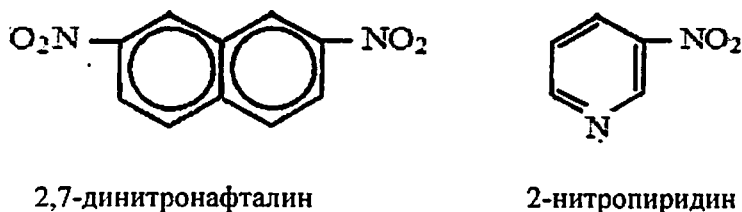
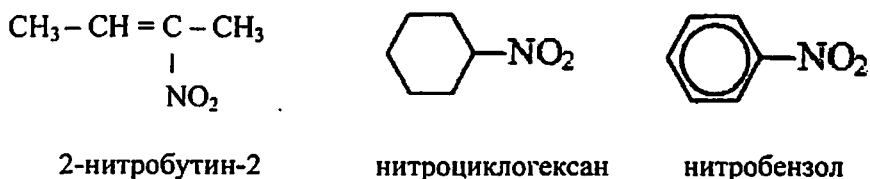
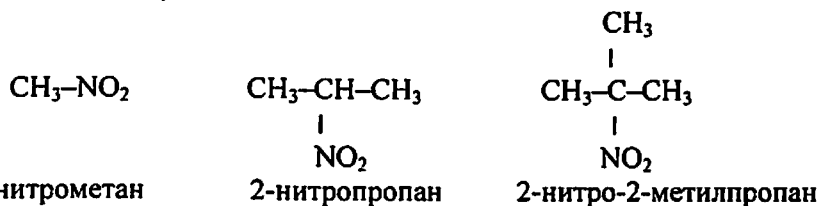


Мураккаб эфирлар табиатда жуда кўп тарқалган. Гул, меваларнинг хушбўй хидлари шу эфирлар борлигидадир. Шунинг учун ҳам бу эфирлар озуқа саноатида эссенция сифатида ишлатилади.

Мураккаб эфирларнинг қайнаш ҳарорати тегишли кислоталар-никидан паст. Масалан:

сирка кислотаси	$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{CH}_3-\text{C} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array}$	118°
метил ацетат	$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{CH}_3-\text{C} \\ \backslash \\ \text{OCH}_3 \end{array}$	57°
этил ацетат	$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{CH}_3-\text{C} \\ \backslash \\ \text{OC}_2\text{H}_5 \end{array}$	78°
пропил ацетат	$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{CH}_3-\text{C} \\ \backslash \\ \text{OC}_3\text{H}_7 \end{array}$	102°

1.7-жадвалдаги нитробирикмалар $R-NO_2$ углеводород занжиридаги углерод атоми билан нитрогурух $-NO_2$ нинг бевосита қўшилиши орқали ҳосил бўлади:



Углеводород молекуласидаги водород атоми бирор $-NH_2$ гурухи билан алмашса, аминлар ҳосил бўлади (1.12-жадвал). Бунда бир, икки, уч атом водород алмашиши мумкин.

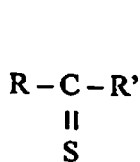
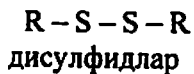
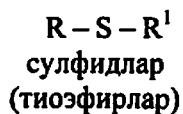
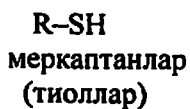
Диазо бирикмалар $Ar-N_2X$ кўринишга эга. Бу ерда Ar -ароматик радикал, $-X$ аорганик қолдиқдир. Масалан, $Ar-N_2-Cl$. 1.7-жадвалда олтингурут катнашадиган меркапто ва сульфо гурухлар қайд қилинган.

1.12-жадвал

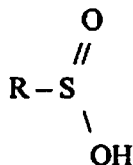
Биринчи тартибли аминлар	Иккинчи тартибли аминлар	Учинчи тартибли аминлар
$CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-NH_2$ Аминобутан (н-бутиламин)	$CH_3-CH_2-CH_2-NH-CH_3$ 1-метиламинопропан (пропиламин)	CH_3 $CH_3-CH_2-N-CH_3$
$CH_3-CH_2-CH-CH_3$ 	$CH_3-CH-NH-CH_3$ 	диметиламиноэтан (диметилэтиламин)

$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{2-аминобутан} \\ \text{(втор-бутиламин)} \\ \\ \text{CH}_3\text{-CH-CH}_2\text{-NH}_2 \\ \\ \text{CH}_3 \\ \text{1-амино-2-метилпропан} \\ \text{(изобутиламин)} \\ \\ \text{NH}_2 \\ \\ \text{CH}_3\text{-C-NH}_2 \\ \\ \text{CH}_3 \\ \text{2-амино-2-метилпропан} \\ \text{(трет-бутиламин)} \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \text{ NH}_2 \\ \text{анилин} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{2-метиламинопропан} \\ \text{Метил (пропиламин)} \\ \\ \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-NH-CH}_2\text{-CH}_3 \\ \text{этиламиноэтан} \\ \text{(диэтиламин)} \end{array}$	
---	---	--

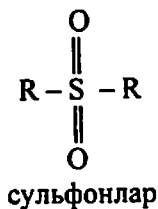
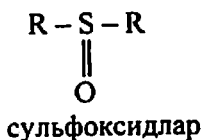
Менделеевнинг даврий системасида олтингугурт (S) ва кислород (O) битта гуруҳга оид бўлгани учун ўхшаш органик моддалар ҳосил қилади. Фақат бирикмаларга ҳар хил валентлар билан киради.



тиокетонлар



сульфит кислоталар



Ниҳоят, 1.7-жадвалдаги элементорганик моддалар ҳақида. Элемент углерод боғлари бўлган бирикмалар элементорганик бирикмалар ҳосил қилади (бунга «органоген» элементлар С, Н, О, N, S, Cl, Br, I, S, P кирмайди) (1.13-жадвал).

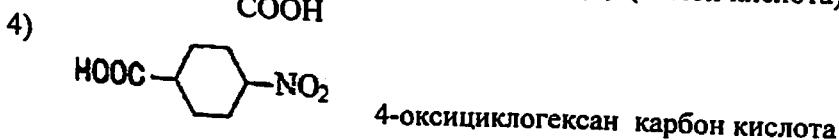
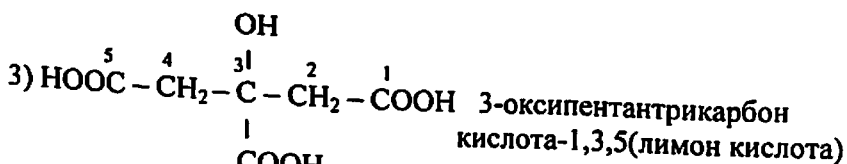
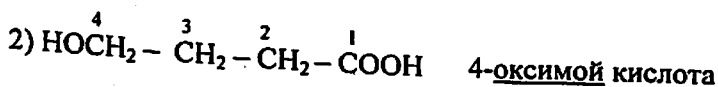
Углерод занжиридаги водородлар ўрнига ҳар хил функционал гуруҳлар қўшилса, гетерофункционал бирикмалар ҳосил бўлади. Галлоид жойлашган кислоталар, оксикислота ва юқори кислоталар, углеводлар, аминосирка ва аминокислоталар гетерофункционал бирикмалардир. Бундай бирикмалар номи асосий радикал олди ва кетига қўшилган асосий функционал гуруҳлар таркибига қараб, перефикс ва суффикслар қўшиш йўли билан олинади.

Бундан ташқари, углеводородлар қаторида рақамлардан фойдаланилади.

1.13-жадвал

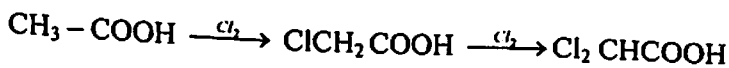
Тўла элементорганик бирикмалар	Аралаш элементорганик бирикмалар
$\text{C}_4\text{H}_9\text{Li}$ бутиллитий	CH_3MgI метил магний йодид
$(\text{CH}_3)_2\text{Zn}$ диметилрух	$\text{CH}_3\text{P}(\text{OH})_2$ \parallel O метилфосфат кислота
$(\text{CH}_3)_3\text{P}$ триметилфосфат	CH_3AsCl_2 метилдихлорарсин
$(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{P}$ пентофенил фосфоран	

Масалан:



COOH функционал гуруҳдаги C атомлари биринчи формулада атомлар умумий ҳисобига кирган бўлса, учинчи формуладаги битта карбоксил гуруҳнинг углероди эса бундай қилинмаган.

Таркибида галлоид атоми ва карбоксил гуруҳ бўлган моддалар галлоидли кислоталардир. Масалан

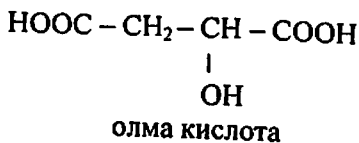
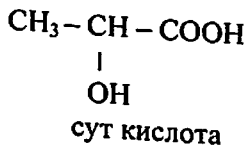


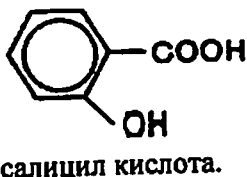
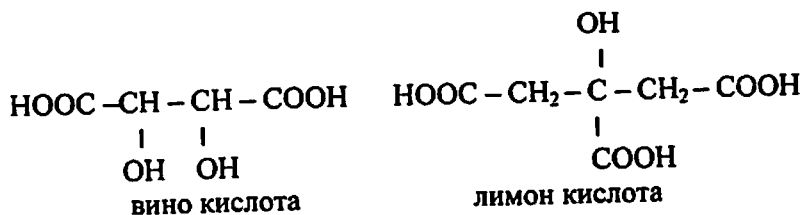
сирка кислота

монохлор
сирка кислота

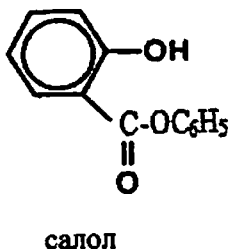
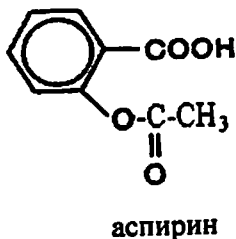
дихлор сирка кислота

Окси кислоталар орасида табиатда учрайдиган сут, олма, вино ва лимон кислоталар каби моддалар кўп. Бу моддаларда гидроксид ва карбоксил функционал гуруҳлар мавжуд.

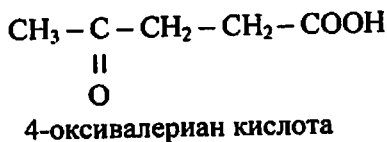
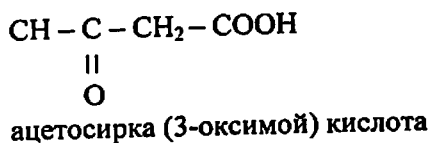
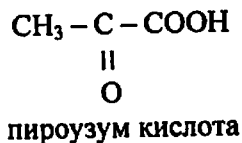
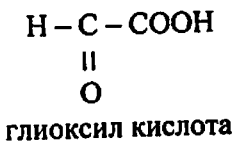




Шу кислоталардан баъзи дорилар олинади:



Альдегид ва кетон кислоталар молекулалари таркибига оксо ва карбоксил гурухлар киради:



Ҳаёт учун энг зарур бўлган яна бир гетерофункционал органик модда углеводлардир. Биринчи марта углерод (C) ва сув (H₂O) бирикмасидан иборат бўлган C_n(H₂O)_m структур углеводлар

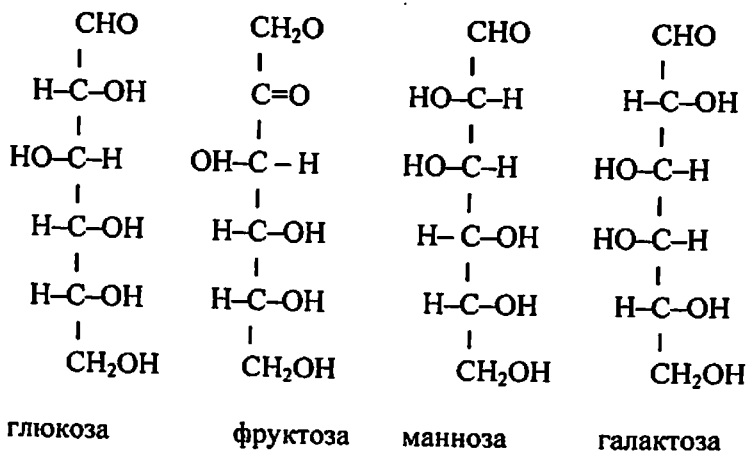
топилган эди. Ҳозир бу формулага тушмайдиган углеводлар ҳам кўп. Ўсимлик ва ҳайвонларда энергия манбаи ҳисобланган глюкоза, сахароза ва крахмал шу моддалар тоифасидандир.

Энг аввал углеводлар оксикетон ва оксиальдегид гуруҳларидан тузилган моносахарид молекулаларидан иборат моддалардир. Углерод атомларининг сонига қараб, бу молекулалар «триоза», «гетероза» ва шунга ўхшаш номлар билан юритилади.

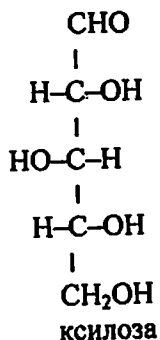
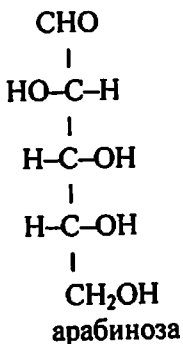
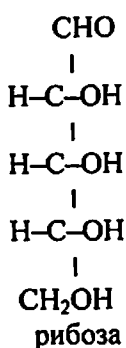
Моносахаридларда тетрозага ($C_4H_8O_4$)-эритроза, триоза; пентозага ($C_5H_{10}O_5$) - арабиноза, ксилоза, рибоза; гексозага ($C_6H_{12}O_6$)-глюкоза, манноза, галактоза, фруктозалар киради. Моносахаридларнинг ҳаммаси рангсиз, сувда яхши эрийдиган моддалар, уларнинг деярли ҳаммаси хушбўй, ширин бўлади. Глюкоза билан фруктоза кўпгина моддалар эркин ҳолатда бўлади, мева ҳамда асалда десоксирибоза муҳим бўлиб, улар нуклеин кислоталар ва АТФ таркибига киради.

«Глюкоза» номи эса шу моносахариднинг ширинлигини (грекча «гликос» - ширин демақдир), «фруктоза» шу моносахариднинг мевада бўлишини (лотинча «фруктоз» - мева демақдир) кўрсатади, қуйида баъзи бир муҳим моносахаридлар формулалари келтирилган.

Альдокетогексозалар:



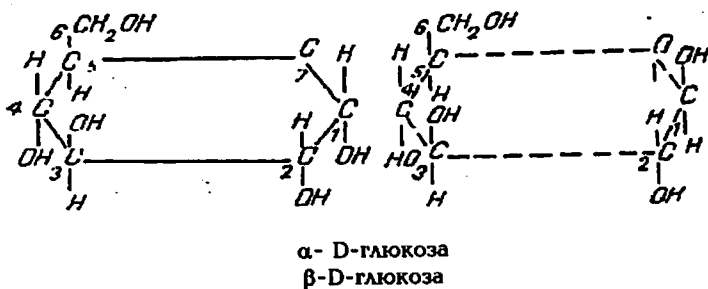
Альдопентозалар



Бу формулалардан кўриниб турибдики кўп хил моддалар функционал гурухларнинг углерод скелетига нисбатан жойлашишга қараб бир-биридан фарк қилади.

Моносахаридларнинг баъзи бир хусусиятларини яхшироқ акс эттириш учун улар халқа шаклидаги циклик формулалар ёрдамида ифодаланади.

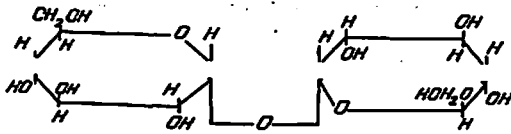
Масалан:



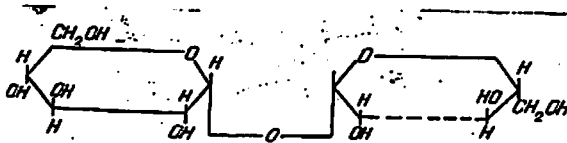
Бу ердаги йўғон чизиклар янги белгилар эмас, балки «молекулага ёнидан қараш» деган маънони ифодалайдиган бир ишора. Агар шундай қилинса баъзи бир атомлар халқа юқорисида, баъзилари эса пастда бўлиб қолади ва шундай қилиб молекулалардаги атомларнинг фазодаги жойлашиш тартиби ҳақида таассурот пайдо бўлади. Атомларнинг фазодаги ҳолатига қараб ҳам глюкозалар бир-биридан фарк қилади.

Ҳар хил моносахаридлар кўшиб катализаторларда қиздирилса, уларнинг конденсаторларида кўп молекулали сахаридлар, яъни ди-,

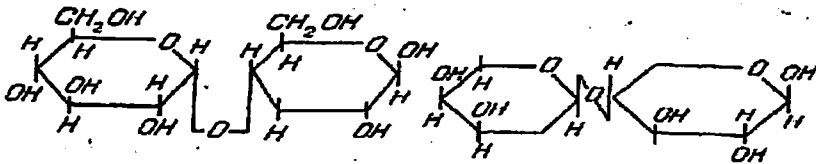
три- ва полисахаридлар ҳосил бўлади. Олдин дисахаридларга мисол келтираимиз.



α -D – глюкоза қолдиғи α -D – глюкоза α -D – глюкоза қолдиғи



α -глюкоза қолдиғи сахароза β -фруктоза қолдиғи

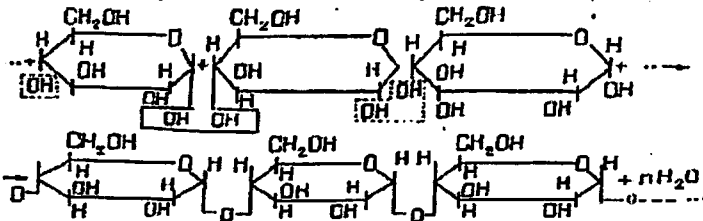


мальтоза

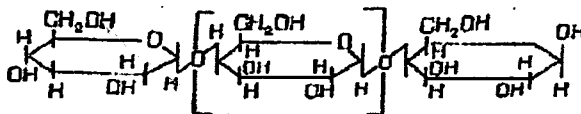
лактоза

Мураккаб полисахарид моддалар - крахмал ва целлюлоза куйидагича қурилади: $(C_6H_{10}O_5)_n + H_2O \rightleftharpoons n C_6H_{12}O_6$.

Крахмал α -глюкозалар асосида:



Целлюлоза эса β -глюкозалар асосида пайда бўлади



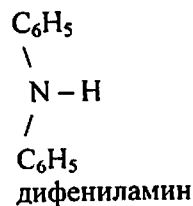
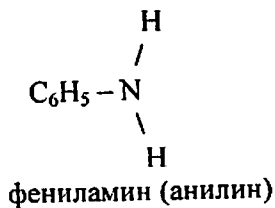
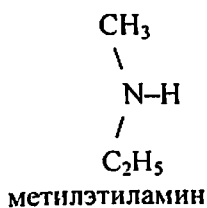
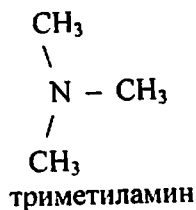
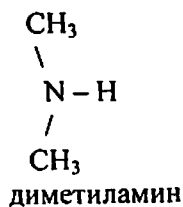
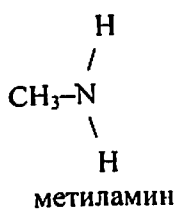
Шундай қилиб, моносахаридлардан иккитаси қўшилса дисахарид (масалан, қамиш, лавлаги шақари ёки сахароза), учтаси қўшилса трисахарид, ундан кўпи қўшилса полисахарид (масалан, крахмал) ҳосил бўлади. Дисахаридлар билан трисахаридлар ҳам сувда эрийди, ширин бўлади. Лекин мономерлар сони кўпайиши билан полисахаридлар сувда камроқ эрийди, мазасини йўқота бошлайди.

Табиатда энг кўп тарқалган углевод - клетчатка (целлюлоза) дир. Бир молекула целлюлоза тахминан 150-200 молекула глюкозадан тузилган. Агар ёғоч деярли соф целлюлозадан иборат эканлигини эсга олсак, углеводлар ҳақидаги тасаввур янада тўла бўлади.

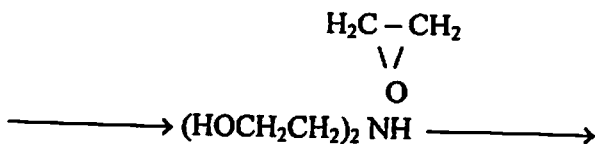
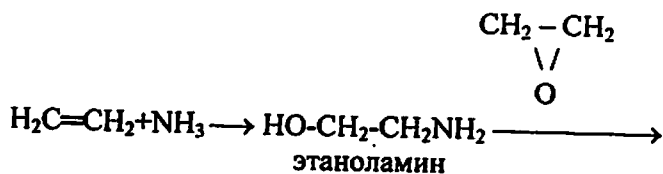
Хужайрадаги ҳаёт учун зарур яна бир органик модда азотли органик моддалар - аминлар, аминспиртлар ва аминокислоталардир.

Аминлар ҳақида юқорида гапириб ўтган эдик.

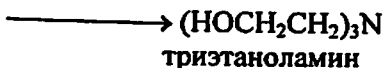
Аминлар аммиак (NH_3) молекулаларидаги водород атомларининг углеводород радикаллари билан алмашишидан ҳосил бўлади. Масалан:



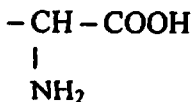
Аминспиртлар молекулаларида амин ва гидроксил функциялари бўлади:



диэтаноламин



Бу схема аминлар номи қандай ҳосил бўлганини ҳам кўрсатиб турибди. Аминокислоталар аминогуруҳ (NH_2) ва карбоксил (COOH) гуруҳдан ташкил топган, яъни ҳамма аминокислоталарда

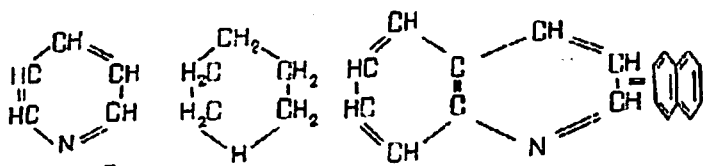


Гуруҳ бор. Аминокислоталар мураккаб оқсил молекулалар мономерларидир.

Аминогуруҳлар ўртасидаги ўхшашлик аминогуруҳ ва карбоксил гуруҳи мавжудлиги билан белгиланади. Аминокислота молекулаларининг бошқа қисми радикал деб аталади ва ҳар хил аминокислоталарда турличадир (формулада R ҳарфи билан белгиланади). Радикаллар баъзи аминокислоталарда углеводород занжирлари, бошқа аминокислоталарда бензол ҳалқалари сифатида намоён бўлади.

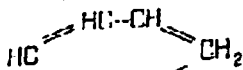
Гетероциклик бирикмалар углерод ҳалқасидаги углероднинг циклик скелетида бир ёки бир қанча углерод (C) ўрнига N, O, S ва бошқа элементлар ўрнашишидан ҳосил бўлади. Бирикмалар гетероатомлар, ҳалқалар сони ва бошқа белгилари билан бир-бирдан фарқ қилади. Гетероциклик ядролар қуйида келтирилган.

Бир гетероатомли бирикмалар:

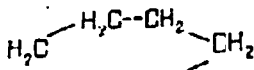


пиридин

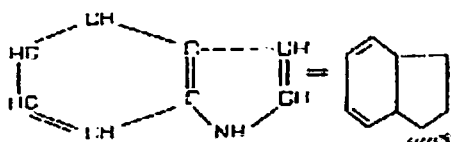
хинолин



пиррол



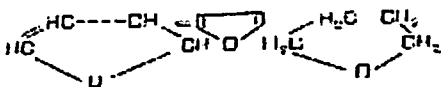
пирролидин



индол

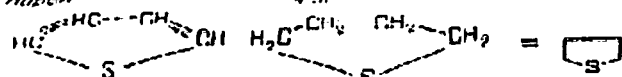


фуран



тиофол

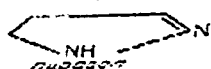
тетрагидротииофол



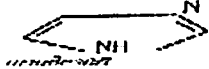
тиазол

тетрагидротиазол

булар гетероатомли бирикмалар:



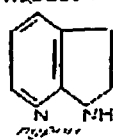
имидазол



пирозол



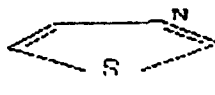
бензимидазол



индазол



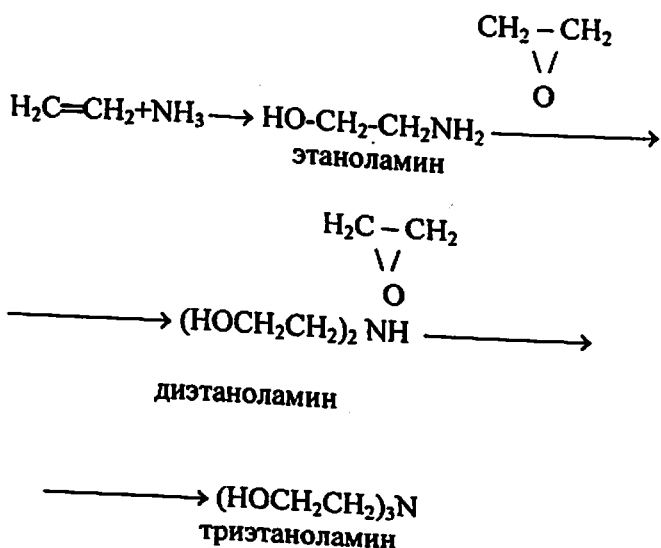
оксадиазол



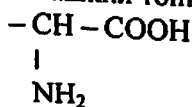
тиазол

Бу ерда асосий формулалар билан бирга уларнинг схематик ифодаси ҳам келтирилган. Схемалар ёзишни қискартириш учун ишлатилади.

Углевод каби гетероциклик бирикмалар ҳам функционал гуруҳлар алмашиши йўли билан альдегид ва кетонлар, карбон ва сулфокислоталар, нитробирикмалар ва аминлар ҳосил қилади.



Бу схема аминлар номи қандай ҳосил бўлганини ҳам кўрсатиб турибди. Аминокислоталар аминогурӯх (NH_2) ва карбоксил (COOH) гуруҳдан ташкил топган, яъни ҳамма аминокислоталарда

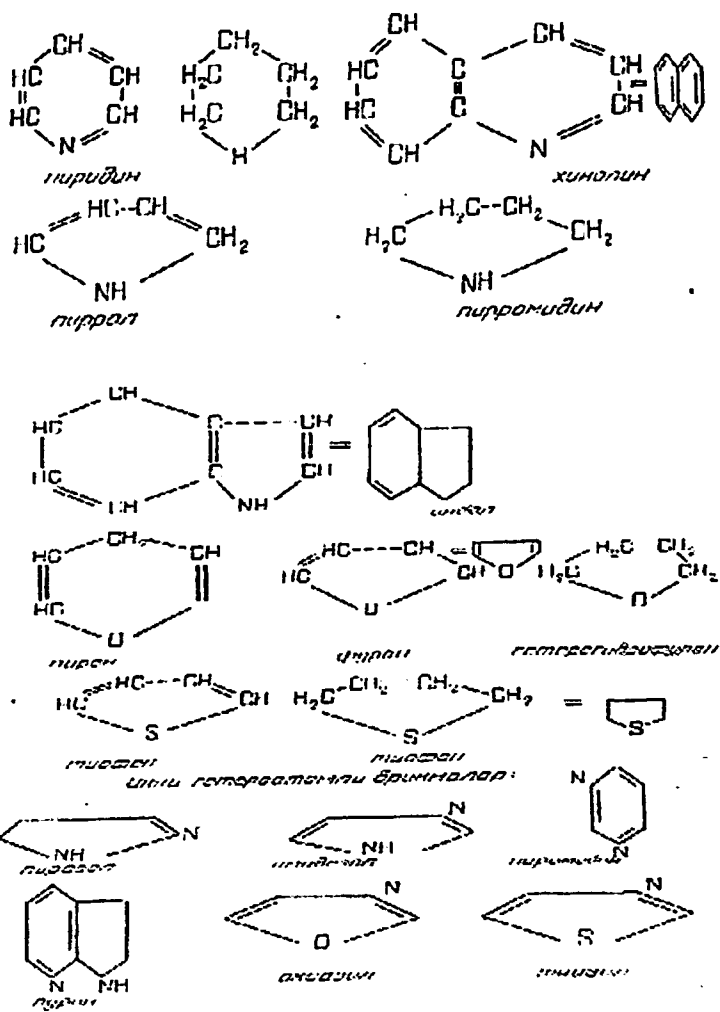


гурӯх бор. Аминокислоталар мураккаб оксил молекулалар мономерларидир.

Аминогурӯхлар ўртасидаги ўхшашлик аминогурӯх ва карбоксил гуруҳи мавжудлиги билан белгиланади. Аминокислота молекулаларининг бошқа қисми радикал деб аталади ва ҳар хил аминокислоталарда турличадир (формулада R ҳарфи билан белгиланади). Радикаллар баъзи аминокислоталарда углеводород занжирлари, бошқа аминокислоталарда бензол ҳалқалари сифатида намоён бўлади.

Гетероциклик бирикмалар углерод ҳалқасидаги углероднинг циклик скелетида бир ёки бир қанча углерод (C) ўрнига N, O, S ва бошқа элементлар ўрнашишидан ҳосил бўлади. Бирикмалар гетероатомлар, ҳалқалар сони ва бошқа белгилари билан бири-бирдан фарқ қилади. Гетероциклик ядролар қуйида келтирилган.

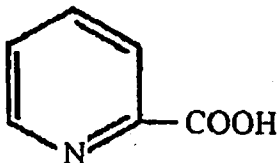
Бир гетероатомли бирикмалар:



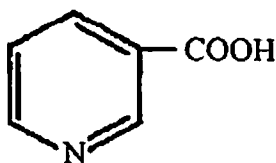
Бу ерда асосий формулалар билан бирга уларнинг схематик нфодаси ҳам келтирилган. Схемалар ёзишни қисқартириш учун ишлатилади.

Углевод каби гетероциклик бирикмалар ҳам функционал гуруҳлар алмашиши йўли билан альдегид ва кетонлар, карбон ва сулфокислоталар, нитробирикмалар ва аминлар ҳосил қилади.

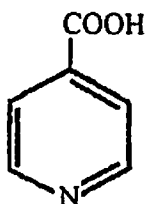
Масалан:



α -пиридин карбон кислота
(никотинли)



β -пиридин карбон кислота
(никотинли)

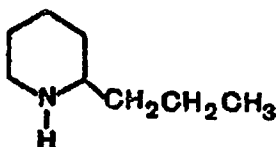


γ -пиридин карбон кислота (изоникотинли)

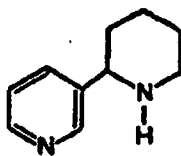
Бу ерда α , β ва γ (-COOH) нинг азотга нисбатан жойлашиш схемасини кўрсатади. Шу билан бирга бирикма хусусиятларига ядрогаги гетероциклик атомлар катта таъсир кўрсатади.

Кейинги вақтда ўсимликлардан ажратиб олинган дорилар, бўёқлар гетероциклик моддалар эканлиги аниқланди. Шунинг учун бу моддаларга қизиқиш ортди.

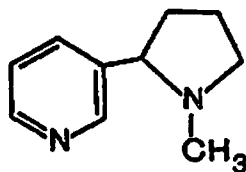
Баъзи бир алкалоидлар:



Кониин



Анабазин

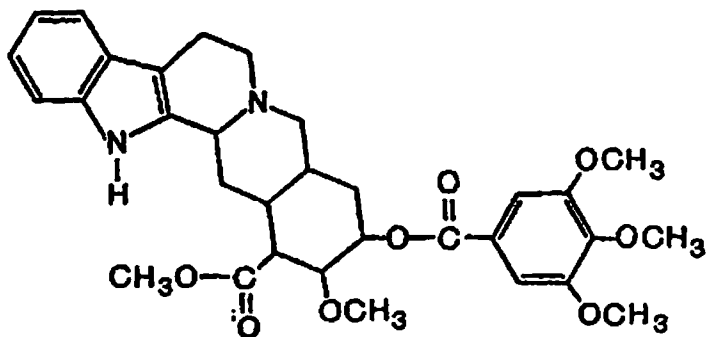


никотин

Ўсимликлардаги органик асослар алкалоид деб аталади, улар асосан азотли гетероциклик бирикмалардир. Кўпгина алкалоидлар фосфор, молибден, танин, пикрин кислотасида тинади.

Анабазин 1928 йилда А.П. Орехов томонидан ANABASIS APYHELA ўсимлигидан олинган.

Мураккаб алкалоидларга резерпин ва стрихнин мисол бўла олади.



Резерпин

Ҳозир 1000 дан ортиқ алкалоидлар маълум, лекин ҳозиргача алкалоидларнинг ўсимликлардаги роли ҳақида бир фикрга келингани йўқ.

Мураккаб молекулалар тузилиши ҳақидаги фанни барпо қилган, мураккаб молекулаларни синтезлаган олимларни фахр билан эсга олмай бўлмайди.

В.В. Марковников (1838-1904) - Москва университети профессори, Боку нефтларини чуқур ўрганиб циклопарафинлар қаторини очган ва органик моддалар структураси ҳақидаги кўпгина янги қонунларни асослаган.

С.В. Лебедев (1874-1934) - Ленинград ҳарбий медицина академияси профессори, этил спиртдан бутадиен (дивинил) олиш ва бу бутадиенни натрий метали иштирокида полимерлаб каучук олиш усулларини ишлаб чиққан.

Марселен Пьер Эжен Бертло (1827-1907)- машҳур француз олими, метан, ацетилен, бензол спирти, чумоли кислотаси, ёғлар ва бошқа моддаларни синтезлаган. Термохимия, аэрохимия ва кимё тарихи соҳасида кўп ишлар қилган.

Академик Н. Д. Зелинский (1861-1953) бир хил углеводлардан иккинчи хилига ўтиш системасини тузган ва исботлаган.

Ҳозирги вақтда юқорида номи тилга олинган олимлар қаторида ўсимликлардан мураккаб органик моддалар олиш йўлида катта кашфиётлар қилган ўзбекистонлик академиклар Собир Юнусович Юнусов, Обид Содикович Содиков, Ҳамдам Усмонович Усмонов каби олимларни ҳам айтиб ўтиш керак.

Органик кимё фани олимлари табиатнинг энг теран сирларини очиш мақсадида биологлар кўлига мужассам калит тутқаздилар. Шундай қилиб, биохимия фани қад кўтарди ва кибернетикага оид хужайра регуляцияси масалалари ойдинлаша бошлади.

Ўйлаймизки, агар ҳисоблаш машиналари хотираларига органик моддалар структура формуласи ва хоссаларини, улар орасида бўлиши мумкин бўлган реакцияларни махсус тартибда ёзиб информацион банк ташкил қилинса, органик кимёдан минглаб моддалар устида иш олиб бораётган мутахассислар кўлига «жонли» китоб берилган бўлади. Бу кибернетика фани олдига кўйилган муҳим муаммодир.

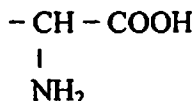
1.3-§. ҲУЖАЙРАДАГИ ОРГАНИК МОДДАЛАР

Хужайрадаги мураккаб ҳаётий жараёнлар ва бир-бирига тутшиб кетадиган узлуксиз реакцияларда оксиллар, шу жумладан, ферментлар ҳамда кислоталар қатнашади. Асосий энергия манбаи АТФ аденозин трифосфат ҳамма вақт синтезланиб ва сарфланиб туради. Булар ҳаммаси биоорганик моддалардир.

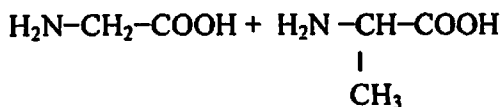
Биоорганик моддалар ичида энг мураккабларидан бири оксиллардир. Оксиллар - хужайрани ташқи дунё билан боғловчи сигнал функциясини ўтайди, катализаторлик қилади ва ҳаракат функциясини бажаради. Улар хужайранинг ташқи қобиғи мембраналар тузилишида ҳам қатнашади. Қон оксиллари - гемоглобинлар кислородни бириктириб олиб, бутун тана бўйлаб тарқатади. Товуқ тухуми оксили, пайлар, скелет қисмлари, тери, соч - буларнинг ҳаммаси оксилларнинг ҳар хил турларидир. Шундай қилиб, оксилларнинг хужайра фаолиятидаги аҳамияти жуда катта.

Оксиллар юқорида кўрганимиздек, аминокислоталар оддий молекулалар, яъни мономерлардан махсус тартибда тузилади, мономерлардан тузилган шундай молекулалар полимерлар деб аталади. Полимерлар бир-биридан мономер, яъни аминокислоталарнинг тури ва миқдори билан фарқ қилади. Аминокислоталар

иккита -амино гуруҳ (-NH₂) ва карбоксил гуруҳи (-COOH) гетеро функционал бирикмадан ташкил топади:

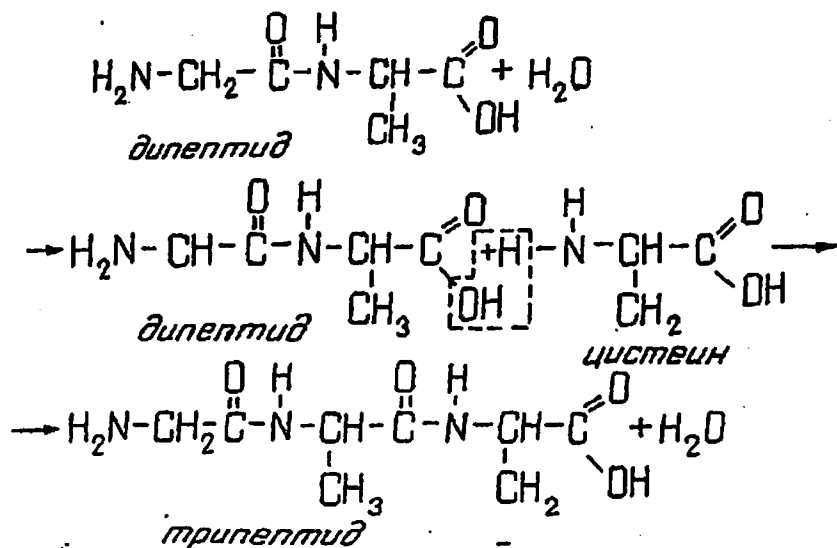


Аминокислоталар бир-бирига уланиб оксил полимери ҳосил бўлиш схемаси қуйида кўрсатилган:



глицин

аланин



яъни, иккита молекула бирлашганда бир аминокислотанинг карбоксилдан бир молекула сув ажралиб чиқади. Аминокислоталар қолдиғи эса бўшаб валентликлар ҳисобига бир-бири билан бирикади. Схемадан кўриниб турибдики, ўзаро бириккан аминокислоталар ўртасида NH-CO боғи вужудга келади ва бу пептид боғи деб аталади. Иккита аминокислотадан дипеп-

тиддимер, учтасидан тример, кўп аминокислоталардан эса полипептид полимер вужудга келади. Демак, оксил ҳам полипептид, яъни у бир неча ўн ёки бир неча юз аминокислота занжиридан иборат. Оксиллар ўз мономерлари –аминокислоталарнинг таркиби ва шу аминокислоталар занжирининг тузилиши миқдори ва тартиби билан фарқ қилади.

Агар оксил молекулалари мураккаб занжиридан бир аминокислота ўрнига бошқаси қолса, «молекуляр касалликларга» олиб келади.

Гидролиз қилинганда фақат аминокислоталар берадиган оксиллар - протеин, масалан, альбуминлар, глобулинлар, протаминлар, глутеминлар деб, мураккаб занжирда оксил бўлмаган моддалар эса протеидлар деб аталади. Масалан, фосфопротеидлар, ликопротеидлар ва ҳоказо. Ферментлар протеид материалларидир.

Аминокислоталар оксилларнинг полипептид занжири эканлигини XX аср бошида немис олими Э. Фишер топган ва оксил занжирларини синтезлаган эди.

Ҳозирги вақтда топилган кўпгина оксилларнинг бирламчи структураси 124 та аминокислота қолдигидан тузилган. Полипептид Н гуруҳдан бошланади ва карбоксил гуруҳни сақлаб қолган мономерда тамом бўлади. Масалан, рибонуклеазанинг биринчи аминокислотаси лизин, иккинчи аминокислотаси глутамин кислота ва ҳоказо. Занжирдаги бир аминокислота чиқариб ташланиши ёки алмаштирилиши билан рибонуклеаза ўрнига бошқа ҳоссали иккинчи оксил вужудга келади.

Маълумки, оксил ташкил бўлишида ҳаммаси бўлиб 20 хил аминокислота қатнашади. Ҳар бир аминокислотани битта ҳарф билан белгиласак, 100, 200, 300 ҳарфли сўзлар тузиш мумкин. Баъзи бир оксилларда аминокислоталар сони юз мингдан ҳам ошиб кетади.

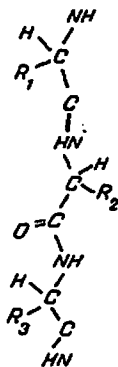
Ҳар бир шундай жумла бирор оксилга мос келади. Бир ҳарфнинг жойини ўзгартириш билан жумланинг маъноси бузилади, янги жумла келиб чиқади ва шунга яраша оксилнинг янги изомери вужудга келади. Шу йўл билан жуда кўп оксил вариантларини олиш мумкин. Дарҳақиқат, ҳайвон ва ўсимлик ҳужайраларида турли оксиллар сони ниҳоятда кўп. Масалан, 20та маълум аминокислоталардан қанча ҳар хил декапептид олиш мумкин?

$m=20$, $n=10$ деб олсак, $A_n = m(m-1)(m-2)...[m-(n-1)] = 600$ миллиардга тенг бўлади.

Ҳарфлар ва сўзлар - кибернетиканинг автоматлар назариясида қурилган нарсалардир. Демак, шу ҳарфлар жойланиб машинага ёзилса ва ҳисоблаш машинасида ишлаб чиқилса, оқсиллар хусусиятлари қурилишини ўрганишда кибернетик усулни қўллаб бўлар эди. Ҳозир бу соҳада анча ишлар қилинмоқда. Яқинда москвалик бир дўстимиз шу йўл билан ҳисоблаш машинасида олинган баъзи бир оқсилларнинг фазовий тузилишини намоён қилдики, бу бизда чуқур таассурот қолдирди.

Биз оқсиллар молекулаларининг таркиби ҳақида ҳикоя қилдик. Лекин бу молекулалар ҳужайраларда қандай жойлашган? Бу соҳада яна бир табиат мўжизаси йўқмикан? Ҳар бир аминокислота полипептид полимер занжирида 3Å жойни олади. Бир неча юз аминокислотадан тузилган занжир ипсимон, узунасига жойлашганда, эҳтимол улар ҳужайрага сиғмай қолиши мумкин эди.

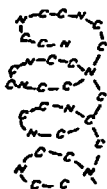
Табиат бу соҳада ҳам «ўйлаб» иш қилган. Табиий, яъни, натив (лотинча «нативус» - табиий) оқсиллар чапга бурилган спирал кўринишда тахланган. Шундай қилиб, олдин бирламчи структура - полипептид ипи, яъни мустаҳкам пептид боғлари билан ўзаро чокланган аминокислоталар занжири пайдо бўлади (1.3-расм).



1.3-расм.

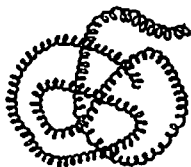
Кейин бу спиралсимон буралади ва спирал чўлғамлари жипс жойлашиб, кўшни чўлғамлардан атомлар ва аминокислота радикаллари бир-бири билан боғланиб, тортилиб туради. Жумладан, кўшни чулғамлардаги пептид боғлари, яъни NH ва CO гуруҳлар ўртасида водород боғлари вужудга келади. Бир талай

водород боғлари билан «чекланган» полипептид спирали етарлича барқарор структураларга айланади (1.4-расм).



1.4-расм.

Охирги иккиламчи спирал структура янада буралади ва ҳар бир оксилда полипептид спирали жуда ажойиб, тамомила муайян ва ўзига хос тарзда тахланади. Учламчи структурада ҳам молекулалар бир-бири билан боғланиб, кўйлак тикаётганда ҳосил бўладиган мустаҳкам чоклар каби бир-бири билан маҳкам «чокланганлар» (1.5-расм).



1.5-расм.

Юқорида келтирилган 1.3-1.4-1.5-расмлар – оксил молекула-сининг ҳосил бўлиш жараёнидаги турли хил кўринишлар ҳисобланади.

Оқсил қанчалик юқори даражада тузилган бўлса, уни ушлаб турувчи боғлар шунчалик бўш бўлади. Оқсилларда юқори ҳарорат, нур энергияси ва кимёвий моддаларнинг физик ва кимёвий таъсирлари деформацияланади, емирилади ва бунинг натижасида уларнинг хоссалари ўзгаради. Бу жараён оқсил денатурацияси деб аталади. Масалан, тухум оқсили 60-70°да, мускулларнинг қисқарувчи оқсили эса қарийб 45° да денатурацияланади. Кўпгина оқсиллар кимёвий моддаларнинг озгина концентрацияси таъсирида,

баъзи оксиллар эса ҳатто озгина механик таъсир билан денатурацияланадилар.

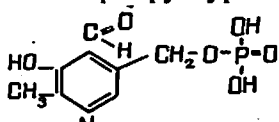
Оқсил ферментларининг каталитик роли ҳақида айтиб ўтилган эди. Бу хосса фермент молекулаларининг катталигига боғлиқдир. Оқсилларнинг молекуляр оғирлиги одатдаги органик моддалар молекуляр оғирлигидан анча катта. Масалан, этил спиртининг молекуляр оғирлиги 46, сирка кислотасиники 60, бензолники 78 ва ҳоказо. Тухум оқсилларидан бирининг молекуляр оғирлиги эса 36000, мускул оқсилларидан бирининг молекуляр оғирлиги 1500000га етади. Бундай молекулалар макромолекулалар деб аталади, юнонча «макрос» катта демақдир. Каталаза ферментининг молекуляр оғирлиги қарийб 100000, лекин у оғирлиги атиги 34га тенг бўлган водород пероксидининг парчаланишида катализа-торлик ролини ўйнайди ва парчаланишни тезлаштиради.

Фермент ва унинг субстрати, яъни фермент таъсирига учрайдиган модда катталиги орасидаги бундай фарқ катализ жараёнида ферментларнинг ҳамма молекуласи эмас, балки бирор кичик қисмигина қатнашади деган фикрга олиб келади. Ферментнинг шу қисми унинг актив маркази деб аталади. Фермент денатурацияланганда бундай марказ ишдан чиқади, каталитик активлиги йўқолади ва марказ ташкил қилувчи полипептид занжирларининг махсус структураси бузилади. Бу ҳодисадан тажрибада кенг фойдаланадилар.

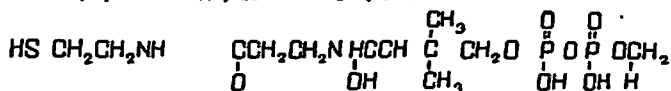
Кибернетикани тадбиқ қилганда ҳам актив марказлар структураси, уларнинг пайдо бўлиб, йўқолиб кетиш ҳодисаларига зўр эътибор билан қарашга тўғри келади. Чунки ҳужайрадаги ҳар бир кимёвий реакцияда ўзига хос фермент - катализатор қатнашадики, бунда актив марказ структураси билан субстрат структураси орасида қандайдир мослик бўлади. Шунинг учун ҳам фермент ва субстрат бир-бирига жуда яқинлашадилар ва актив марказ билан субстрат ўртасида реакция боради. Бундай ажойиб жараёнлар кибернетикларни қизиқтирмай қолмайди, албатта. Бу ҳақда кейинроқ батафсил сўз юритмоқчимиз.

Биз ферментларни протеид модда деган эдик. Ферментдаги оқсил бўлмаган компонент кофермент деб аталади. Кофермент кучсиз каталитик хусусиятга эга. Демак, ферментнинг каталитик хусусиятлари кофермент ва молекулада оқсил гуруҳи комбинациясига боғлиқ. Бу механизм ҳали охиригача аниқланмаган.

Фермент хужайрада қатъий ташкилий система ҳосил қиладики, бу реакциялар кимёвий реакциялар занжирини ўтишида конвейерга ўхшаб кетади. Нафас олиш, овқат ҳазм қилиш, организмга керак бўлган оксилларни қуриш шундай конвейерда ўтади. Қуйида баъзи бир ферментлар структураси келтирилган:



нофермент *ниридансил 5-фосфат*



мерганто этиламин пантоген кислотаси аденозин фосфат
қолдиғи

А-фермент 60 реакцияга катализаторлик қилади.

Ёғлар ва булар каби сувда эримайдиган гидрофоб моддалар - липоидлар (грекча «липос» - ёғ, «эйдос» - тур, кўриниш демақдир), масалан, тухум сариғида, мия тўқимасининг хужайраларида учрайдиган фосфатидлар фақат хужайраларда топилган.

Ёғлар, биринчидан, энергия манбаидир. Бир грамм ёғ оддий моддалар СО билан Н₂Огача парчаланса, 93 ккал энергия ажралиб чикади. Сут эмизувчилар янги туғилган боласини биргина сут билан боқади. Сутдаги калорияларни ёғ ҳосил қилади. Ҳайвонлар ва ўсимликлар ёғни ғамлаб, кейин керагича сарфлайдилар. Шу йўл билан айиқлар киши билан ухлаши, туя эса овқат емай узоқ йўл босиб ўтиши мумкин. Янги ўтказилган дарахт илдизи мустаҳкамланиб олгунча зарур энергияни уруғдаги ёғдан олиб туради.

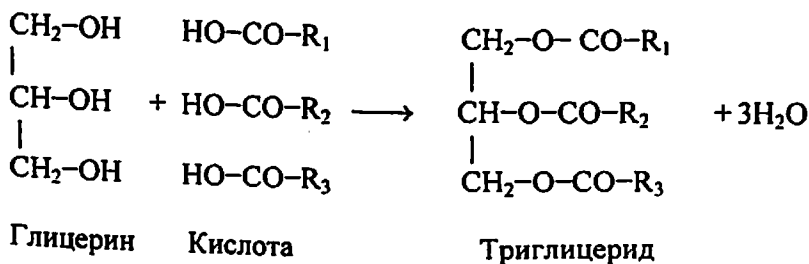
Бундан ташқари ёғ ва липондлар хужайра мембраналари таркибига киради ва хужайрадаги моддаларнинг теварак атрофдаги муҳитга аралашиб кетишига йўл қўймайди. Ниҳоят, ёғ иссиқни ёмон ўтказида. Шунинг учун тюлен, кит каби ҳайвонларнинг териси остида 1 смгача қалинликда ёғ қатлами пайдо бўлади. Ёғ моддалар тери ости ва чарвидаги махсус ёғ тўқималарида 90 фоизни ташкил этади. Сут эмизувчи ҳайвонлар сутида 40 фоизгача (масалан, дельфиннинг урғочисида) ёғ бор. Бир қанча ўсимлик-

ларнинг уруғ, меваларида, масалан, кунгабоқар, ёнғокда ҳам талайгина ёғ бор.

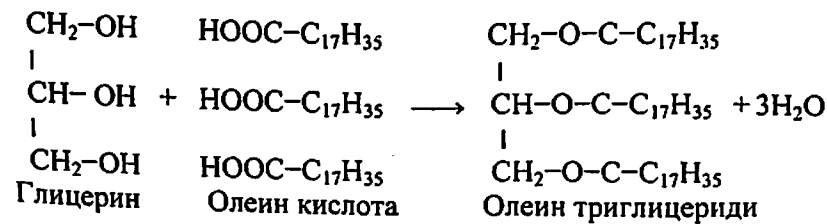
Ёғ бензин, эфир, ацетонда эрийди, сувга нисбатан у кескин гидрофоб модда.

Кўрдикки, кимёвий жиҳатдан ёғлар уч атомли спирт - глицерин билан юқори молекуляр органик кислоталар бирикмаларидир.

Ёғлар эса уч атомли спирт - глицерин билан карбонил кислота реакциясида ҳосил бўлади:



1854 йилда Бертло биринчи марта ёғ синтезлаганда қуйидаги реакция ҳосил бўлган эди:

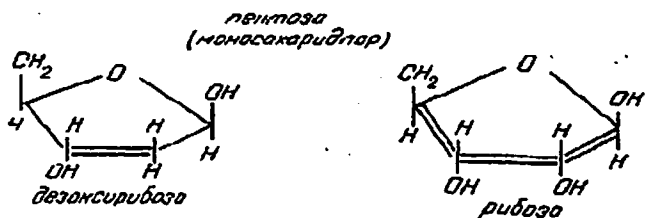


Ҳамма ёғларда спирт қолдиғи, глицерин қолдиғи бир хил, демак ёғлар орасидаги фарқ кислота қолдиғига боғлиқ. Ёғларда энг кўп олеин, пальмитин ва стеарин кислоталари учрайди, улар тўйинган кислоталар. Писта ёғида 36 фоиз, зайтун ёғида эса 80 фоиз кислота бор. Одам ёғида 70 фоиз олеин ва 25 фоиз пальмитин кислотаси мавжуд. Сут ёғида 40 фоиз олеин кислота, 25 фоизгача пальмитин кислотаси бор.

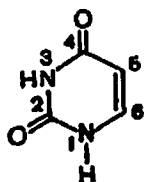
XIX асрадەқ хужайра ядросида азотли гетероциклик асос, углевод ва фосфат кислотадан тузилган мураккаб молекулалар борлиги маълум эди. Бу моддалар нуклеин кислоталар номини олди.

Нуклеин кислота юқори молекулали модда, унинг молекуляр оғирлиги 200 мингдан бир қанча миллионгача этади.

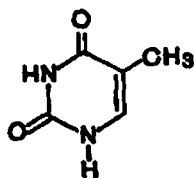
Тўла гидролиз қилинганда нуклеин кислота пиримидинли ва пуринли асослар, пентоза ва фосфат кислотасидан иборат аралашмага айланади.



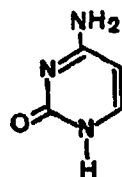
Пиримидин асослари



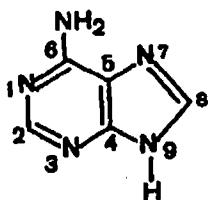
Урацил



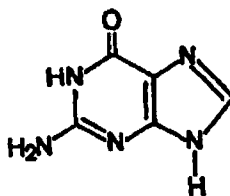
Тимин



Цитозин

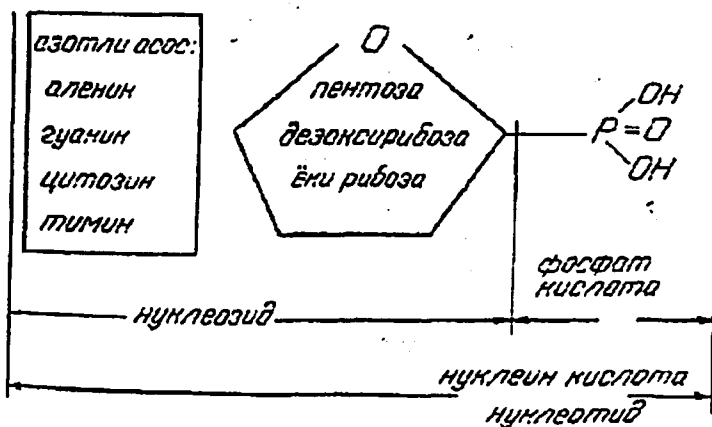


Аденин



Гуанин

Чала гидролиз қилинганда нуклеотидлар ҳосил бўлади. Булар таркибига пентоза ва фосфат кислотаси молекулалари ҳамда пиримидинли ёки пуринли асос киради. Нуклеотиддан фосфат кислота ажратиб олинса нуклеозид ҳосил бўлади (1.6-расм).



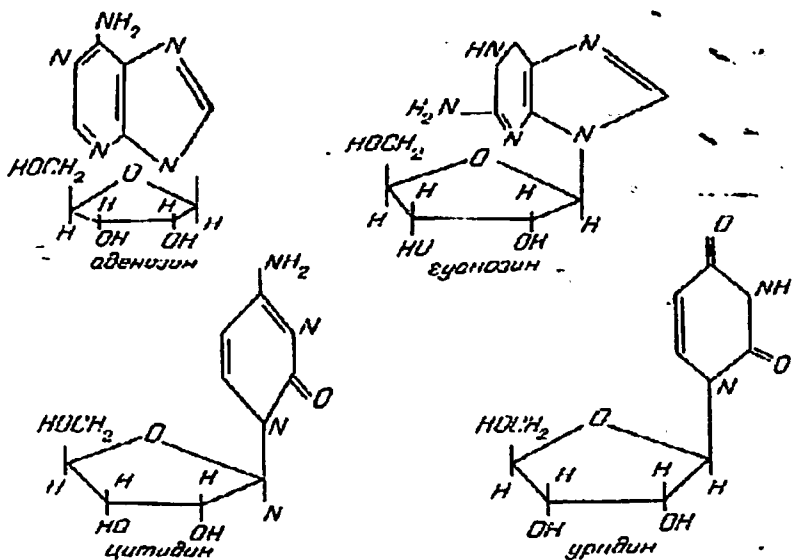
1.6-расм. Нуклеотид ҳосил бўлиши.

Нуклеотид - нуклеин кислоталарининг мономер бирлигидир. Нуклеотид таркибига кирган пентоза таркибига қараб бу моддалар (дезоксирибонуклеотид таркибида дезоксирибоза, рибонуклеотидлар таркибида рибоза бор) бўлинади. Биринчисидан ҳосил бўлган полимерлар дезоксирибонуклеин кислоталар ДНК, иккинчисидан ҳосил бўлган полимерлар эса рибонуклеин кислоталар РНК деб аталади.

ДНКнинг биологик аҳамияти 1940 йилларда очилди. Бир хил бактерия ДНКси иккинчисига киритилганда у биринчи бактерияга ўхшаш насл берган. Демак, ДНК-да «ирсий ахборот» ёзилган. Бу нуклеотидларнинг жойлашиш тартибига боғлиқ.

Оқсил синтезида РНК-нинг роли 1960 йилда Ниренберг ва Матен томонидан топилди. Echerihia coli бактерияси хужайралари тамоман нобуд қилингандан кейин хужайрасиз модда олдилар. Бунда хужайра синтезига керакли ҳамма моддалар бор эди. Агар бунга РНК қўшилса, оқсил синтези тикланади.

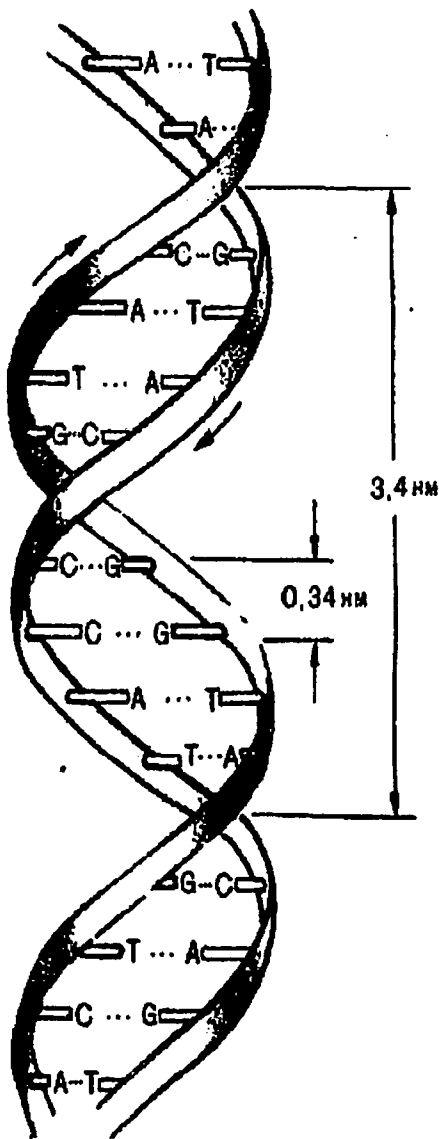
ДНК таркибига қуйидаги нуклеозидлар қиради.



Структура жихатдан фақат тирик хужайраларгагина хос бирикма ДНК молекуласи махсус нуклеотидларнинг иккита занжиридан иборат бўлиб, улар бир-бири атрофида қўш спирал шаклида буралган (1.7-расм). Бу спиралнинг бўйи бир неча ўн ва юз микронга етади, эни атиги 20 Å га тенг. Молекуляр оғирлиги эса ўн миллионлар ва ҳатто юз миллиондан ошиб кетади. Бу рақамлар ДНК молекуласининг қанчалик катта структурага эга эканлигини кўрсатиб туради.

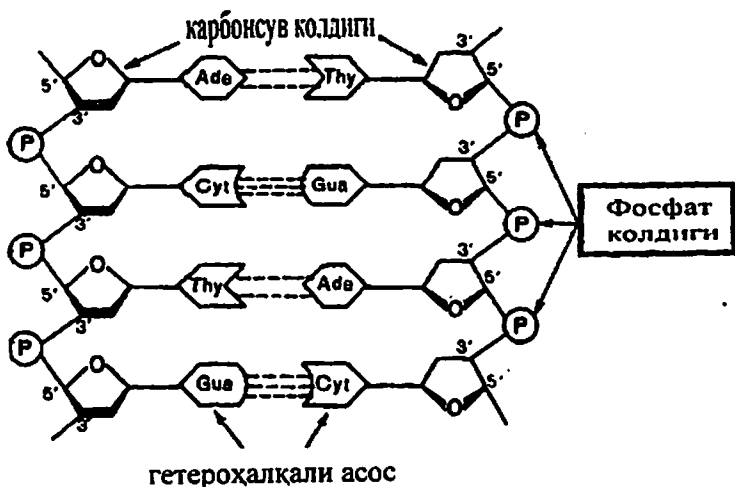
ДНК занжири тўртта-аденинли (А), гуанинли (Г), тиминли (Т), цитозинли (Ц) нуклеотиддан тузилган. Бу нуклеотиддаги азотли асослар формулалари юқорида ёзиб кўрсатилган. ДНК нуклеотидлари таркибидаги углеводлар бир хил, дезоксирибоза деб аталади.

Нуклеотидлар ДНК занжирида бир-бирига бирикканча бир нуклеотид кислотаси ва қўшни нуклеотид дезоксирибозанинг гидроксيلي ҳисобига бир молекула сув ажралиб чиқади. Демак, ДНК занжири нуклеотидларнинг фосфат кислоталари ва дезоксирибозалари орқали бўлади (1.7-расм).



Нуклеотид қолдиклари мустақкам ковалент боғ ҳосил қилади (1.8-расм). ДНК узун занжирида нуклеотидлар муайян ва ҳар бир хужайра учун доимий тартибда кетма-кет жойлашади. Бирор нуклеотид ўрни алмашиб қолса, янги хоссали структура ҳосил бўлади. ДНК битта занжирда ўрта ҳисоб билан 30000 нуклеотид бор деб ҳисобласак, шу нуклеотидлар жойлашиш тартибига қараб қанчалик кўп хил ДНК олиш мумкинлигини тасаввур қилиш қийин эмас.

1.7-расм. Спирал шаклида ўралган иккита полинуклеотид занжиридан тузилган ДНК молекуласи занжири.



1.8-расм. Нуклеотидларнинг полинуклеотид занжирига бирикиши.

Ҳозиргача ДНК битта занжири конструкцияси ҳақида гап борган эди. ДНК қўш спирали ҳам муайян тартибда қурилган. Қўш спирал занжиридаги молекулалар бир-бирига нисбатан рўпарама-рўпара жойлашган. Нуклеотидларнинг қарама-қарши жойлашишида ҳам ҳеч қандай тасодиф йўқ. Бир занжирдаги А қаршисида ҳамини иккинчи занжирдаги Т, Г қаршисида Ц жойлашади. Бошқа ҳеч қандай варианти бўлиши мумкин эмас.

ДНК қўш спираларида ҳосил бўлган А-Т ва Г-Ц жуфтларда бир занжирдаги нуклеотид иккинчисидagini тўлдириб туради, шунинг учун Г ни Цга, Ани Тга комплиментар нуклеотид деб атайдилар. Комплиментарлик хоссаси асосида бир занжирдаги нуклеотидларнинг кетма-кет келиш тартибини аниқлаш мумкин.

ДНК асосан хужайра ядросида бўлади ва хужайра регуляциясида асосий рол ўйнайди. Ядролардаги ДНК миқдори ўзгармас бўлади. Одамнинг жинсий хужайралар (тухум хужайралар, сперматозоидлар) ядросида $3,3 \times 10^{-12}$ грамм, бошқа хужайраларда $6,6 \times 10^{-12}$ граммгача ДНК бор.

Ҳар қандай хужайранинг хоссалари асосан оксиллар миқдори ва таркибига боғлиқ. Оксиллар структураси ва таркиби ҳақидаги маълумот наслдан-наслга ўзгармай ўтиши керак, бўлмаса организмлар турғунлиги бузилади. Бундай ирсий маълумот (код) ДНК молекулаларида сақланади. Демак, ДНК ирсийет посбонидир.

Хужайрада оксил синтези жараёнида аминокислоталарни оксил синтезланадиган жойга ташиб берувчи транспорт вазифасини транспорт РНК (т-РНК) бажаради. Бундан ташқари информатсион РНК (и-РНК) деб аталадиган РНКларнинг иккинчи тури синтезланадиган оксил структураси ҳақидаги ахборотни ДНКдан цитоплазмага етказиб беради. Демак, РНКлар хужайрада «алоқа воситаси» ҳамда «ишчи кучи» сифатида хизмат қилади.

РНК структурасида ДНКга ўхшаш кўш спирал йўқ, у бир занжирли, нисбатан калта молекула (молекула оғирлиги 100 мингдан миллионгача). РНК нуклеотидлари ва ДНК нуклеотидларисидаги дезоксирибоза ўрнига рибоза номли углевод ва аденин, гуанин, цитозин каби азотли асослар киради. ДНКдаги тўртинчи асос тимин ўрнига тузилиш жиҳатидан унга жуда яқин турадиган урацил киради.

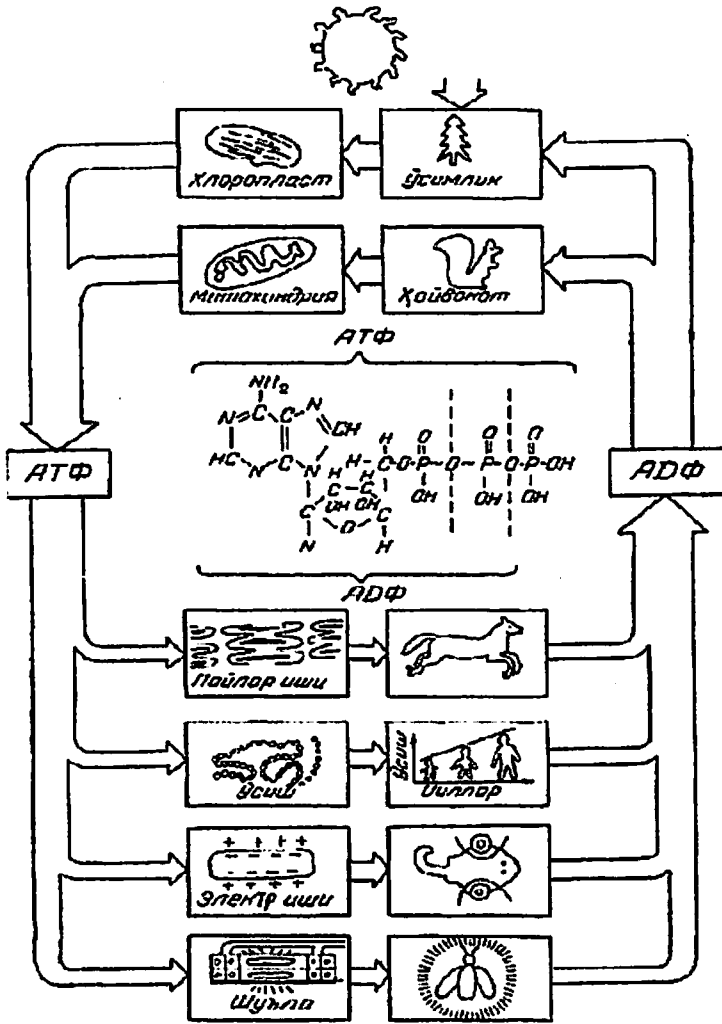
Демак, ДНКга ўхшаш РНК ҳам нуклеотидлар занжиридан иборат. Бироқ, РНК нуклеотидларида углевод асоси бошқа, азотли асослардан учтаси бир хил бўлиб, фақат биттаси фарқ қилади. Фосфорли асос эса фарқ қилмайди. Хужайрадаги РНК миқдори оксил синтези суратига боғлиқ. Хужайраларда оксил кўплаб синтезланса РНК ҳам жуда кўпайиб кетади.

1.4-§. МЕТАБОЛИЗМ ЙЎЛЛАРИ

Куйидаги расмга (1.9-расм) яхшилаб бир қарангга, унда тирик системалар, ўсимликлар, ҳайвонот, одамзодда энергия алмашиш йўли кўрсатилган. Расмнинг юқори қисмида энергия пайдо бўлиш схемаси, пастки қисмида эса у нималарга сарфланиши ифодаланган. Расмдаги чопиб кетаётган отга эътибор беринг-а. Ҳар қандай ҳаракат мускул тўқималари ва пайларнинг қисқариб-чўзилиб туриши билан амалга ошади. Бу ишга шунча кўп энергия сарфланадигани, от терга ботиб, ҳатто кўпириб ҳам кетади.

Ҳаёт давом этмоқда, одам ўсмоқда, демак хужайраларда доимо мураккаб кимёвий реакциялар бормоқда, хужайралар бўлинмоқда. Бу ишларнинг ҳаммаси энергиясиз ўтмайди.

Ҳайвон аъзоларида потенциаллар ҳосил қилиш, шу билан мембраналар орқали модда алмашишни, нерв хужайраларининг нейтронлар электр сезгирликни таъминлаши учун ҳам энергия керак.



1.9-расм. Тирик системалар энергетикаси.

Кечаси ўрмонга кириб борсангиз қандайдир шуълалар кўрасиз. Бу ҳар хил ҳашаротларнинг электр лампочкалар каби нур чиқарганлиги натижасидир. Бу нурлар манбаи учун ҳам энергия талаб қилинади.

Шундай қилиб, тирик жон учун энергия ва яна энергия керак. Энергиясиз ҳаёт йўқ. Шундай экан, тирик системалар энергияни

қаердан олади?- деган саволга олимлар биринчи бўлиб жавоб кидирганлар.

Қизиги шундаки, ҳаёт энергиясининг ибтидоий манбаи куёш (куёш нури) ва ердир (ердаги минерал моддалар). Куёш энергияси ёрдамида ердаги минерал моддалардан ҳаёт энергиясини барпо қилувчилар, яъни ерда ҳаёт бошловчилар - ўсимликлардир.

Ўсимлик хужайрасидаги яшил хлорофиллар шу машаққатли, лекин олийжаноб «вазифани» ҳормай-толмай ойлаб, йиллаб амалга оширадilar. Бу ҳақда 1848 йилдаёқ машхур немис олими Мейер бундай деган эди: «Ўсимликлар куч (яъни ёруғлик) ютадилар ва куч (яъни кимёвий потенциал) барпо қиладилар».

Сиз дарахт олдига келиб, унинг яшил баргларини томоша қилганингизда ҳамма вақт хлорофиллар ҳақида ўйланг. Ўшанда эҳтимол дарахт шохини бекорга синдириб, унинг баргларини сўлдириб, оёқ ости қилиб кетмасиз. Чунки шу шох ва барглар ҳаёт, жумладан сизнинг ҳаётингиз манбаидир.

Оламдаги бошқа мавжудотлар, жумладан ҳашаротлар, ҳайвонлар бир-бирини еб яшайдилар. Бунда хужайралардаги митохондриялар энергия ташиб юради. Митохондриялар «нозик табиатли» органоид бўлиб, минерал моддаларни «ҳазм» қилмайди. Митохондриялар энергия синтезлаши учун тайёр моддалар етказиб туриш керак.

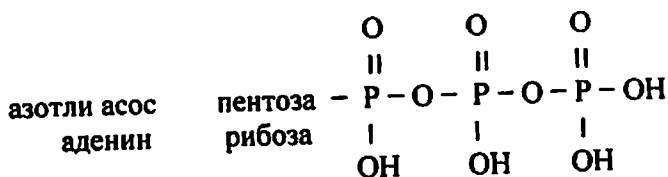
Шундай қилиб, табиат энергия ҳосил қилиш йўлида икки хил, яъни автотроф ва гетеротроф хужайралар яратган.

Органик бирикмаларни (глюкоза, аминокислоталар, оксиллар ва бошқалар) аорганик моддалардан (сув, туз ва бошқалардан) куёш нури таъсири остида синтезлай оладиган хужайралар автотроф хужайралар ёки *автотрофлар* деб аталади. Автотрофлар яшил ўсимлик ва микроорганизмларнинг кичик бир гуруҳида бўлади.

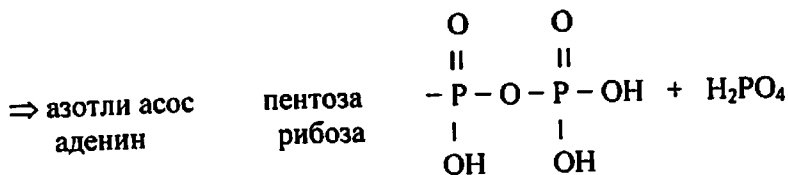
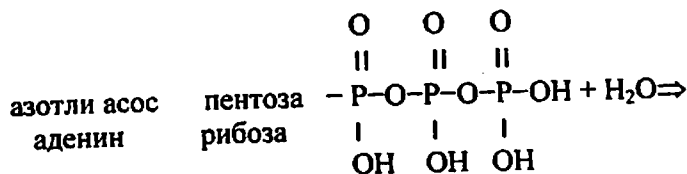
Иккинчи гуруҳ гетеротроф хужайралар тайёр органик бирикмалар углевод, ёғ, оксилларни истеъмол қилиб юқори тартибли молекулаларни синтезлайдилар, кейин шу молекулалар парчаланиши натижасида энергия ҳосил бўлади ва ҳаёт фаолияти учун фойдаланади. Бу гетеротроф хужайраларга ташқаридан тайёр органик моддалар етказиб бериш керак. Барча ҳайвонлар, одам хужайралари, аксари микроорганизмлар, шунингдек баъзи ўсимлик хужайралари гетеротроф ҳисобланади.

Кимёгарлар тирик организмлардаги ҳамма энергетик жараёнлар аденозин трифосфат кислотаси (АТФ) билан боғлиқ эканини

кўрсатганлар. Энергия тирик системаларда айланиши учун ҳамма вақт АТФ синтезланиб туриши, шу билан бир вақтда у парчаланиб бориши керак. Бўлмаса организмда энергетик мувозанат бузилиб қолади. Хайвонлар ва ўсимликлар хужайраларида АТФ миқдори доимо ўзгариб туради ёки бўлмаса ўрта ҳисоб билан хужайра массасининг 0,02-0,05 фоизини АТФ ташкил этади. АТФ нуклеотид ҳисобланади ва унинг молекуласи азотли асос (аденин), пентоза (рибоза) ва фосфат кислотадан тузилган:



Лекин АТФ молекуласининг фосфат кислота қисмида (бунда уч молекула фосфат кислота бор) P - O боғи фермент таъсирида осонгина узилади ва бўшаб чиққан боғлар сув молекулалари билан бирикади, айти вақтда фосфат кислота молекулалари ажралиб чиқади. АТФдан бир молекула сув ажралиб чиқса, у аденозиндифосфат кислотага (АДФ) айланади.



Агар икки молекула фосфат кислотадан ажралиб кетса, АТФ аденозин монофосфат кислотага, яъни АМФ-га айланади. Гап шундаки, АТФ-дан бир грамм молекула фосфат кислота ажралиб чиқса, деярли 10000 калория иссиқлик чиқади. Бу жуда катта миқдор. АТФдаги фосфор-кислород боғи энергия манбаи бўлиб

қолганидан бу боғ макроэргик боғ деб аталади. Юқоридаги формулаларда бу боғлар белгиси билан кўрсатилган. АТФда иккита макроэргик боғ бор.

Биз юқоридаги мулоҳазаларни хужайрада энергетик ўзгаришлар вақтида АТФнинг асосий рол ўйнашини кўрсатиш учун келтирдик.

Яна 1.9-расмга қайтайлик. Расмнинг чап томонида АТФ пайдо бўлиш жараёни, ўнг томонда эса парчаланиш натижаси тасвирланган ва шу билан биологик системаларда энергетик жараён иккита бир-бирига қарама-қарши жараён мужассамлигида рўёбга чиқиши яққол кўрсатилган.

Энергетик жараёнда асосий рол ўйновчи АТФ немис олими Лопшом томонидан глюкозадан олма кислотасини олиш жараёни, яъни гликолиз жараёнини ўрганиш пайтида очилган.

Энергия тўплаш, яъни АТФ синтезлаш механизмини чуқур ўрганиш мақсадида гапни фотосинтездан, яъни куёш ёруғлик энергиясини кимёвий энергияга айлантириш механизмидан бошлашимиз керак.

Фотосинтез ҳодисасининг рўй бериши учун бир томонда куёш нуруни (ёруғлик фотонларини) қабул қилиб олиб электронлар ажратувчи, иккинчи томонда эса водород ва гидроксил ионларига парчаланган (H^+ ва OH^-) сув бўлиши керак.

Биз юқорида ўсимлик хужайраларида хлоропластлар бор ва уларда хлорофилл молекулалари жойлашган деб айтган эдик. Хлорофиллнинг тузилиши ядро ёки ҳалқа ва узун углерод занжиридан иборат. Яшил барглarda куруқ вазннинг тахминан 1 фоизини хлорофилл ташкил қилади. Хлорофилл молекулалари қавати хлоропластнинг юпқа оқсил мембранаси остида жойлашган. Хлорофилл молекулаларнинг гидроксил ядроси оқсилга гидрофоб, углеводород занжири эса липоидларнинг молекулалар қаватига қараган бўлади.

Хўш, ўсимлик япроғига куёш нури таъсир қилди дейлик. Унда қандай ҳодиса рўй беради?

Ёруғлик фотони хлорофилл молекуласига келиб «урилганда» унинг энергиясининг бир қисми таъсирида молекула атомлари таркибидаги электрон «уйғонган» ҳолатга ўтиб қолади.

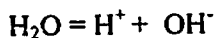
Энергиянинг 25 фоизи иссиқликка айланади ва қолган қисми эса хужайрадаги бирикмаларнинг ўзгаришига сабаб бўлади. Демак, фотосинтез ҳодисаси потенциаллар фарқида боғлиқдир.

Хужайрадаги хлорофилл молекулалари хлоропласт структурасида фермент, липоид ва бошқа моддалар молекулалари билан чамбарчас алоқада бўлганидан ютган ёруғлик фотонларини кимёвий боғлар энергиясига айлантиради. Бу ҳам жонли организмларга хос ҳодисадир.

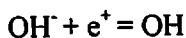
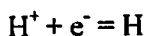
Хлорофилл молекулаларидаги нур энергиясини ютиб уйғонган электронлар олдинги ҳолатларига ўтганида энергия ажралади ва бу учта жараённинг (сув фотолизи ва молекуляр кислород ҳосил бўлиши: НАДФнинг қайтарилиши ва НАДФ=Н₂ ҳосил бўлиши: АТФ синтези) вужудга келишига сабаб бўлади.

Фотосинтезнинг бу босқичидаги реакциялар фақат ёруғда рўй берганидан бу босқич фотосинтезнинг ёруғлик фазаси деб аталади. Гапни фотосинтезнинг ёруғлик фазасида ўтадиган реакциялардан бошлаймиз.

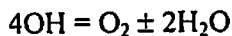
Ҳамиша хужайра сув молекулаларидан бир қисми диссоциланган, яъни



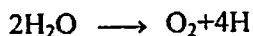
ҳолатда бўлишини таъкидлаб ўтган эдик. Водород ва гидроксил ионлари хлорофилдан ажралиб чиққан мусбат ва манфий электронлар e^+ ва e^- билан бирикиб, эркин водород ва ОН радикалларини ҳосил қилади;



Эркин гидроксил радикалларидан атмосферага ажралиб чиқадиган молекуляр кислород ва сув ҳосил бўлади:



Юқоридаги тўртта реакция натижасида



ҳосил бўлади.

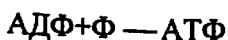
Сувнинг бундай парчаланиши, яъни фотолиз жараёни натижасида молекуляр кислород ҳосил бўлади. Бу фотосинтез ёруғлик босқичининг биринчи фотосинтез ўтадиган реакциясидир.

Кимёвий жиҳатдан ғоят актив бўлган эркин водород атомлари хужайрада доим мавжуд бўлган никотинамиддинуклеотидфосфат қисқача НАДФ номли органик модда билан бирикиб қайтарилган шаклга ўтади:



Бу иккинчи реакция.

Электронлар энергиясининг учинчи қисми таъсирида хужайрада доим бўладиган АДФ ва анорганик фосфат Фдан АТФ синтезланди:



Бу хлорофилл нур энергиясини ютиши натижасида бевосита юзага чиқадиган учинчи реакция.

Демак, фотосинтез ердаги эркин кислороднинг бирдан бир манбаидир.

Энди фотосинтезнинг «қоронгулик» фазасида кетма-кет келувчи бир қанча ферментатив реакцияларга ўтайлик. Бунда атмосферадан диффузия йўли билан баргга ўтган карбонат ангидрид CO_2 билан ёруғлик фазасида синтезланган АТФ ва $\text{НАДФ} = \text{Н}_2$ реакцияга киришиб аввал моносахаридлар, кейин дисахаридлар ва полисахаридлар ҳосил бўлади.

Кўриниб турибдики, фотосинтез жараёни яшил ўсимликларда органик моддалар ҳосил қилувчи асосий механизмдир. Ўсимликнинг ҳар қандай қисми - мевалари, уруғлари, илдизи, ёғочи ва шу кабилар ўсимлик хужайраларининг фотосинтез активлиги натижасида вужудга келган моддалардан ҳосил бўлади.

Шуни айтиш кифояки, фотосинтез натижасида 1 соатда 1 кв.м. барг сатҳида тахминан 1 г органик модда ҳосил бўлади.

Шунинг учун ҳам атоқли рус олими К.А. Темиряев «Оқибат натижада планетамиздаги ҳамма ҳаёт кўринишлари шу жараёнга боғлиқ» деган эди.

Маълумки, ҳар қандай нафас олиш жараёнида кислород ютилиб CO_2 ташқарига чиқарилади, ўсимликда ҳам. Кундузи хужайралар хлорофилл механизми ёрдамида нафас олиш билан бир қаторда ёруғлик энергиясини кимёвий энергияга айлантирадилар ва органик моддаларни синтезлайдилар. Бундай реакцияларнинг қўшимча маҳсулоти сифатида молекуляр кислород ажралиб чиқади. Бу нафас

олиш жараёнида ютилган кислород миқдорига қараганда 20-30 баравар ортиқ. Модомики шундай экан, кундузи ўсимликлар ҳам нафас олиб, ҳам фотосинтез жараёни бораётган бир вақтда ҳавони кислород билан бойитиши, тунда фотосинтез тўхтаган вақтда ўсимликларнинг фақат нафас олиши, яъни кислород ютиб, карбонат ангидрид чиқариши тушунарли.

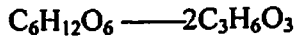
Биз юқорида яшил ўсимлик хужайраларидан ташқари, баъзи бактериялар ҳам автотроф йўл билан озикланади деб айтган эдик. Бу автотрофларни рус микробиолог олими С.Н. Виноградский кашф этган. Бу микро-организмларда аорганик моддалар оксидланиш реакцияси энергиясини органик бирикмалар кимёвий энергияга айлантирадиган махсус ферментатив аппарат бор. Бу жараён *хемосинтез* деб аталади.

Бактериялардан бир гуруҳи аммиакнинг оксидланиб нитрат кислотага айланиш реакциясида чиқадиган энергиядан, иккинчи гуруҳи эса нитрит кислотанинг оксидланиб, нитрат кислотага айланиш реакциясидан, «темир бактериялар» икки валентли темирнинг оксидланиб уч валентли темирга айланишдан ажралиб чиқадиган энергиядан фойдаланадилар.

Биз юқорида озми-кўпми фотосинтез масалаларига тўхтаб ўтдик. Энди ҳайвон хужайралари митохондрияларида содир бўладиган энергетик жамғармаларга ўтмоқчимиз. Бунга оид реакциялар кетма-кет келадиган уч босқичда содир бўлади.

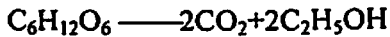
Биринчи - тайёргарлик босқичида углерод, ёғ, оксиллар, нуклеин кислоталарининг йирик молекулалари кичикроқ молекулаларга парчаланеди: крахмалдан глюкоза, ёғлардан глицерин ва ёғ кислоталари, оксиллардан аминокислоталар, нуклеин кислоталардан нуклеотидлар ҳосил бўлади. Бу босқичда моддалар парчаланишидан чиқадиган оз энергия иссиқликка айланиб тарқалиб кетади.

Энергия алмашинувининг иккинчи чала парчаланиш босқичи кислородсиз ўтади ва биринчи босқичда вужудга келган глюкоза, глицерин, органик кислоталар, аминокислоталар ва бошқа моддалар ферментлар ёрдамида яна парчаланеди. Масалан, глюкозанинг парчаланиш гликолиз жараёни ўндан ортиқ кетма-кет ферментатив реакциялар йиғиндисидир. Гликолизда 13та фермент қатнашади ва 12та оралиқ модда ҳосил бўлади. Натижада глюкозадан сут кислотаси ҳосил бўлади:



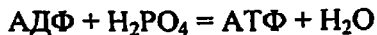
глюкоза сут кислотаси

Иккинчи босқичда ўтадиган яна бир бижғиш реакцияси натижасида спирт ҳосил бўлади:



глюкоза этил спирт

Гликолиз ва бижғиш жараёнларида кислород қатнашмаганидан иккала жараён ҳам *кислородсиз парчаланиш* жараёнлари деб аталади. Глюкоза кислородсиз парчаланадиган ҳамма реакцияларда энергия ажралади. Бир грамм молекула глюкоза 2 грамм молекула сут кислотага парчаланганда деярли 50 000 г.кал. энергия ажралиб чиқиш жараёни бир қанча оралиқ звеноларга бўлинмай, бирданига ўтганида хужайра қизиб, эриб кетиши мумкин эди. Глюкозанинг кислородсиз парчаланиш жараёнида ҳосил бўлган энергиянинг бир қисми АТФ синтезига сарф бўлади. АДФ билан фосфат кислотадан хужайрадаги АТФ синтезланади:



Демак, глюкозанинг кислородсиз парчаланиш жараёнида 40 фоиз энергия тежаб қолинади. Энди энергия алмашинувининг учинчи босқичига ўтмоқчимиз. Бу босқич кислородли нафас олиш босқичи деб аталади. Учинчи босқичда олдинги босқичда ҳосил бўлган сут кислота охиригача парчаланеди ва CO_2 билан H_2O га айланади. Бу жараённинг ўтиши учун теварак-атрофдаги муҳитда кислород бўлиши ва уни хужайра ютиши керак. Кислородли парчаланиш босқичи кетма-кет келувчи бир қанча ферментатив реакциялардан иборат бўлиб, митохондрия мембраналарида тартиб билан саф тортган ферментлар қаторидан ўтиб молекулалар ферментатив органик оксидланади. Оксидланиш жараёнининг охириги маҳсулотлари CO_2 билан H_2O га айланади. Кислородли парчаланиш натижасида кетма-кет реакциялар даврида 650 000 г.кал. энергия ажралиб чиқади. Бу энергиянинг бир қисмига АТФ синтезланади, яъни энергияга бой фосфат боғи ҳосил бўлади ва

гамланади. Хужайрадаги энергия балансига глюкозанинг парчаланishi жараёни 10 фоиз, кислородли парчаланishi боскичи эса 90 фоиз бўлади.

Бу куйидаги жадвалдан яққол кўринади.

1.14-жадвал

Алмаши- нув боскич- лари	Йиғинди реакция	Ажралиб чиқади- ган реакция г.кал.	Синтез- ланган АТФ молеку- лалари сони	АТФ синтезига кетадиган энергия г.кал.	Энер- гия- нинг те- жали- ши
кислород- сиз парча- ланиш	$C_6H_{12}O_6$ → $2C_3H_6O_3$	50 000	2	$2 \times 10\,000 =$ 20 000	40
кислородли парча- ланиш	$2C_3H_6O_3 +$ $6O_2 = 6CO_2 +$ $6H_2O$	650 000	36	$36 \times 10\,000 =$ 360 000	55
ЖАМИ	$C_6H_{12}O_6 +$ $6O_2 = 6CO_2 +$ $6H_2O$	700 000	38	$38 \times 10\,000 =$ 380 000	54

Бундай мўъжизалар хужайра авторегуляцияси натижасида рўй берадики, биз шу масалаларга куйида муфассал тўхтаб ўтмоқчимиз.

Ҳар бир хужайра ўзининг таркиби ва барча хоссаларини доимий даражада сақлаш хусусиятига эгадир. Масалан, хужайрада АТФ миқдори қарийб 0,04 фоизни ташкил этади, хужайранинг ҳаёт фаолияти жараёнида АТФ муттасил сарфланиб туришига қарамай, шу миқдор доимий сақланиб туради. Хужайранинг кимёвий таркибидан ташқари, унинг бошқа хоссалари ҳам ҳамиша бир зайлда сақланиб туради.

Хужайрада АТФ миқдори қандай қилиб доим бир хилда туришини кўриб чиқайлик. Хужайранинг ҳаёт фаолияти мобайнида АТФ сарфланишини биламиз. АТФ эса ўз навбатида глюкозанинг

кислородсиз ва кислородли парчаланиш жараёнлари натижасида синтезланади. Зеро шундай экан, АТФнинг сарфланиб ва синтезланиб туриши каби икки жараён мувозанатда бўлганлигидан АТФ миқдори доимо бир хилда бўлади. Ёки бошқача қилиб айтсак, хужайрадаги АТФ миқдори камайиши билан глюкозанинг кислородсиз ва кислородли парчаланиш жараёнлари бошланади, яъни шу жараёнлар натижасида АТФ синтезланади, АТФ миқдори маълум нормага етгач унинг синтезланиш реакцияси тўхтади.

Хужайранинг нормал ҳаёт фаолиятини таъминлайдиган жараёнлар автоматик равишда рўй берганлигидан бу жараён ўз-ўзидан бошқарилиши ёки бўлмаса авторегуляция деб аталади. Хужайра ҳаёт фаолиятини бошқариш асосида хужайранинг органидлари орасидаги информация (ахборот) алмашиш ётади. Масалан, хужайрада АТФнинг камайиши АТФнинг синтезланиши жараёнини бошлаб юборувчи ахборот бўлиб ҳисобланади. АТФ концентрациясининг нормага етиб келиши эса хужайрада АТФ синтезланиш жараёнини тўхтатувчи янги ахборот бўлиб хизмат қилади.

Хужайранинг ахборот системасини қандай ишлашига тўхталиб ўтадиган бўлсак, энг аввало, хужайрада ахборотни унинг ферментлари қабул қилиб олишига эътибор беришимиз керак.

Хужайрада синтезланадиган кимёвий моддалар одатда кетмакет келувчи бир нечта ферментатив реакциялар натижасида ҳосил бўлишини кўрамиз. Глюкозанинг кислородсиз ва кислородли жараёнини эслайлик. Шу жараёнлардан ҳар бири узундан-узун реакция қаторларидан иборат. Бундай кўп қаватли жараёнларни бошқариш учун ичидан бирон бир звено ишини тўхтатиш кифоя эканлиги тушунарли албатта. Лоақал битта реакцияни тўхтатиш бутун линия ишини тўхтатиб қўйишга олиб келади. Хужайранинг нормал ҳаёт фаолияти даврида ундаги АТФ миқдори қарийб 0,04 фоиз бўлишини айтиб ўтдик. Агар АТФ концентрацияси нормадан юқорига кўтарилиб кетса, у ҳолда глюкозанинг кислородсиз парчаланиши жараёнида қатнашадиган ферментлардан бири реакцияга киришади. Шу реакция натижасида мазкур ферментнинг ҳамма молекулалари активликдан маҳрум бўлади, кислородсиз ва кислородли парчаланиш жараёнларининг конвейер линиялари ишламай қўяди. Энди хужайранинг бирор фаолияти туфайли ундаги АТФ концентрацияси камайиб кетди дейлик. У ҳолда ферментнинг структураси ва функцияси тикланади, кислородсиз ва

кислородли жараёнлар ишга солинади. АТФ ҳосил бўлиб, унинг концентрацияси кўпаяди. АТФ концентрацияси нормал ҳолга (0,04 фоизга) етгач, кислородсиз ва кислородли жараёнларнинг конвейери автоматик равишда тўхтади.

Хужайрадаги АТФ миқдори бошқа моддаларнинг миқдори каби ўз-ўзидан бошқарилиб туради, яъни хужайрада доимо авторегуляция ҳодисаси ҳуқум суради.

Тирик хужайра бу материяни юксак даражада ташкил бўлган шаклидир-ки, бунда энергия организмни барпо қилиш учунгина эмас, уни сақлаш учун ҳам керак. Бу энергия организмда модда алмашиши - метаболизм натижасида, яъни хужайрада бошқарилиб турадиган жараёнлар натижасида олинади. Метаболик йўлларда модда кетма-кет ферментатив реакцияларга учраши натижасида хужайра қисмлар ҳосил қилиши учун керак материал - метаболит ва энергия ҳосил бўлади.

Метаболизм уч босқичда ўтади:

1. Парчаланиш ёки катаболизм, яъни овқат моддаларининг оддий аргументларга парчаланиши.

2. Оралиқ алмашиш ёки амфиболизм, яъни оддий аргументларнинг кислоталар ва фосфорли эфирларга айланиши.

3. Метаболизмнинг синтетик тармоғи ёки анаболизм.

Модда алмашув икки жараёндан иборат, яъни катаболизм ва анаболизм. Катаболизм - бу нисбатан йирик озиқ модда молекулаларидан углеводлар, ёғлар, оксилларнинг ферментатив парчаланишидир. Оксидланиш мобайнида йирик молекулалар майда молекулаларга, яъни сут кислотаси, сирка кислотаси, CO_2 , аммиак ва бошқаларга парчаланadi. Катаболизм жараёнида эркин энергия ажралади.

Йирик хужайра компонентлари, масалан, полисахаридлар, нуклеин кислоталар, оксиллар ва ёғлар ферментатив синтезига *анаболизм* дейилади. Синтез жараёни молекулалар ўлчами ва улар структура тузилишини мураккаблаштириши, уларнинг энтропиясини камайишига олиб келади. Чунки синтез жараёнида эркин энергия сарфланади. Катаболизм ва анаболизм хужайрада бир вақтнинг ўзида содир бўлади. Катаболизм ҳам, анаболизм ҳам ўз навбатида бир вақтнинг ўзида рўй берувчи, бир-бири билан боғлиқ бўлган икки жараёндан ташкил топади. Уларнинг ҳар бирига алоҳида-алоҳида масала сифатида қараш мумкин. Бундай жараёнда ҳосил бўлган оралиқ маҳсулотларга «метаболитлар» деб

ном берилган. Иккинчи жараён - бу энергиянинг алмашишидир, яъни ҳар бир оралиқ метаболизмнинг ферментатив реакциясини тўхтатмай амалга ошириладиган катаболизмнинг айрим босқичларида метаболитларнинг кимёвий энергияси жамланади ҳамда анаболизмнинг айрим босқичларида эса улар сарфланади. Метаболизмнинг бу томони «энергиянинг боғлиқлиги» деб юритилади. Оралиқ метаболизм ва энергиянинг боғлиқлиги ўзаро боғланган ва ўзаро қарам тушунчалардир. Шунинг учун метаболизмни ўрганар эканмиз биз қуйидагиларни анализ қилишимиз керак, яъни: 1) аввалги ковалент структуралар, реакциялар натижасида ўзгаради ва маҳсулот пайдо бўлади; 2) бу ўзгаришларни юзага келтирувчи энергия ўзгаришлари рўй беради.

Асосий озиқ моддалардан углевод, ёғ ва оксилларнинг ферментатив парчаланиши ҳужайрадаги бир неча кетма-кет рўй берувчи ферментатив реакциялар орқасида юзага чиқади. Асосий озуқа моддалар катаболизи уч босқичдан иборатдир. Биринчи босқичда озиқ моддаларнинг йирик молекулалари уларни ташкил қилувчи майда бўлакчаларга, яъни «қурилиш блоклари»га парчаланadi. Полисахаридлар, масалан, гексоза ёки пентозагача, липидлар - ёғ кислоталари, глицерин ва бошқа компонентларга, оксиллар 20 хил кўринишга эга бўлган аминокислоталарга парчаланadi. Иккинчи босқичда пайдо бўлган кўпгина маҳсулотларнинг бир қисми оддий молекулаларга айланади. Бундай оддий молекулаларнинг сони кўп бўлмайди. Масалан, гексозалар, пентозалар ва глицерин парчаланиш давомида аввал уч углеродли фосфорилли шакар-глицералдегид-3-фосфатга, ундан кейин эса ацетил гуруҳига парчаланadi. 20та ҳар хил аминокислоталарнинг ҳаммаси парчаланиш натижасида бир нечта йиғинди (охирги) маҳсулотларни, яъни ацетил-КOA, α -кетоглутарат, сукцинат, фумарат ва оксалоацетатларни ҳосил қилади. Иккинчи босқичда ҳосил бўлган маҳсулотлар учинчи босқичга ўтади. Учинчи босқич ҳамма маҳсулотлар учун умумий ҳисобланиб, у ерда шу ҳосил бўлган маҳсулотлар оксидлангунгача (CO_2) ва сув ҳосил бўлишигача боради.

Анаболизм жараёни ҳам ўз ичига уч босқични олади. Бирламчи маҳсулотлар ёки «қурилиш блоклари» катаболизмнинг учинчи босқичини таъминлайди. Демак, катаболизм жараёнининг учинчи босқичи анаболизм жараёнининг биринчи босқичи вазифасини ўтар экан. Масалан, бу босқичда оксил синтези α -кетокислоталардан

бошланади. Анаболизмнинг иккинчи босқичида α -кето-кислоталар донорларнинг аминогуруҳи билан биргаликда α -аминокислоталар ҳосил қилади. Учинчи, охириги босқичида эса аминокислоталар пептид боғларига туташадилар.

Оралиқ метаболизм биохимиянинг анча вақтдан бери чуқур илмий изланишлар олиб бораётган бўлимларидан бири бўлиб ҳисобланса ҳам охириги 10 йил ичида қўлга киритилган илмий натижалар шуни кўрсатдики, катаболизм ва анаболизм йўллари бирламчи ва охириги маҳсулотларнинг кўрсатиши бўйича бир-бирига мос тушмас экан. Масалан, гликогеннинг сут кислотасигача парчаланишида 12та фермент иштирок этади, уларнинг ҳар бири маълум босқичда катализаторлик вазифасини ўтайди. Лекин, гликогеннинг сут кислотасидан синтези вақтида ҳам юқоридаги 12та реакция рўй беради, фақат тескари йўналишда. Аммо 12та реакцияда синтезнинг 9та ферментатив босқичи катаболизмнинг босқичларига тўғри келади, қолган 3таси эса бутунлай бошқа ферментатив реакциялар билан алмашган. Оксил ва аминокислоталар ёки ёғ кислоталар, ацетил-КOA орасидаги катаболизм йўллари ҳам бир-бирига мос тушмайди. Энергия тушунчаси нуқтаи назаридан қараганимизда бундай параллел жараёнлар жуда ҳам зарурдир, жумладан катаболизм учун фойдаланилаётган йўлни анаболизм учун тасаввур қилишда мураккаб органик молекуланинг парчаланишини тоғдан пастга тушиш деб, унинг синтезини эса тоғга кўтарилиш деб фарз қилсак бўлади. Шу ўхшатишни давом эттирайлик. Агар тоғ тепасида турган бирор тошни пастга думалатиб юборсак, у тўғри чизикқа яқин чизик бўйлаб пастга қараб кетади. Лекин ўша тошни ҳаракат қилиб тушган чизиги бўйлаб яна ўз жойига қайтариш албатта мушкул ишдир, айрим вақтларда энг кучли трактор учун ҳам имкон бўлмайди. Биз ўша тошни яна ўз жойига қайтармоқчи бўлсак, (тракторда) биз уни айланма йўллар орқали олиб чиқамиз. Бунда тушиш ва чиқиш йўлларининг айрим қисмларигина бир-бирига мос тушади холос. Лекин йўлнинг бошидан охиригача мос тушиши мумкин эмас. Катаболизм ва анаболизм йўллари бир-биридан яна ўзининг локализацияси билан ҳам фарқ қилади (айниқса, эукариот хужайраларда). Масалан, ёғ кислоталарнинг ацетатгача оксидланиши митохондрияларда локализациялашган, ферментлар тўплами ёрдамида катализланади, шу вақтда ёғ кислоталарнинг ацетатдан

синтезланиши цитоплазмада локаллашган бошқа ферментлар тўплами ёрдамида амалга ошади.

Ана шундай ҳар хил локализация ҳисобига ҳужайрадаги катаболизм ва анаболизм жараёнлари бир вақтнинг ўзида бири-бирига боғланмаган ҳолда рўй бериши мумкин. Ва ниҳоят, катаболизм ва анаболизм йўлларининг бири-биридан учинчи фарқи, уларнинг генетик ва аллостерик регуляцияси механизмларга тааллуқлигидир.

Ҳақиқатдан ҳам, гликогенни сут кислотасигача парчаланиш жараёнини бошқариш сут кислотасини гликогенга айлантириш жараёнини бошқаришдан фарқ қилади.

Лекин катаболизм ва анаболизм йўллари бири-бирига мос тушмаса ҳам уларни умумий босқич бири-бири билан боғлаб туради. Бундай «марказий» ёки «амфиболизм» йўллари иккита вазифани бажаради (юнонча «амфи» - иккала). Амфиболизмдан катаболизм ёки анаболизм жараёнларида фойдаланиш мумкин.

Ҳамма метаболизм реакциялари бири-бири билан боғланган, чунки бирор ферментатив реакциянинг маҳсулоти, иккинчи реакция учун бирламчи маҳсулот вазифасини ўтайди ва келгуси жараён учун хизмат қилади.

1.5-§. ВИРУС ВА БАКТЕРИЯЛАР

Кўпчиликнинг ёстигини қуритган вабо, безгак сингари касалликлар ўзига хос бактерия ва вируслар тарқатадиган офатлардир. Олдинги вақтда шифокорлар рак касаллигини ҳам вируслар келтириб чиқаради деб тахмин қилиб, бу вирусга «Х» деб ном қўйганлар.

Бактерия ва вируслар сабаб бўлган офатлар ҳақида тарихда ривоятлар кўп.

Бу воқеа XII асрда - испанлар Пиреней ярим оролини қўлга киритиш учун араблар билан уруш қилаётган вақтда содир бўлган. Узоқ давом этган бу урушда испанларнинг қўли баланд келиб, араблар чекинишга мажбур бўлганлар. Испанлар Қўрдобани эгаллаганларидан кейин шаҳар ҳокими Ал-Мансур қолган қўшини билан орқага чекинган. Ал-Мансур испанлардан қасос олиш мақсадида денгиз бўйидаги бир шаҳарга келиб ўзига атайин ўлат касалини юқтирган ва душман қароргоҳига келиб таслим бўлган. Сўнгра христиан динини қабул қилган. Испанлар Ал-Мансур мард

деб билиб, уни ҳурмат билан қарши олганлар, испан қироли унга юқори мансаблардан бирини инъом қилган. Лекин кунлар ўтиб Ал-Мансур тоби қоча бошлаган, кимки унинг чодирига кириб бирга овқатланса ёхуд бемор билан суҳбатлашса, касаллик унга ҳам юқаверган. Тез орада бедаво дард бутун испанларнинг кўшинига ёйилган деярли ҳар бир касал оламдан ўтаверган. Ал-Мансур ҳам тирик қолмаган албатта. Лекин у ўлими олдидан бўлган воқеани айтиб кетган.

Сиз XVI асрда яшаган италиялик Баккаччонинг «Декамерон» асарини ўқигансиз. Бу вабодан қочиб бир жойга беркиниб олган италиялик бойваччалар зерикмаслиги учун айтган ҳикоялар «тўплами».

XIV асрда Флоренцияда содир бўлган вабо китобда шундай тасвирланган:

«Минг уч юз қирқ саккизинчи йили Италия шаҳарларининг энг кўрками бўлмиш шонли Флоренцияда ўлат тарқалди. Одамлар кеча-кундуз - баъзилари кўчада, айримлари ўз уйида ўлиб қолавердилар. Кўшнилар бир-бирларининг ўлимини мурдаларнинг сасишидан билардилар.

Мозорлар тўлиб кетиб, худди молларни той-той қилиб савдо кемасига тахлашгандай, ўликларни ҳам ана шу ўраларга юзталаб жойлардилар.

Юртга келган офат одамларни шу даражада кўрkitиб юборган эдики, ака укасини, тоға жиянини, сингил акасини ва эр-хотинлар бир-бирини ташлаб кетаверган».

Бу даҳшатли ҳикояга кўшимча даркор бўлмаса керак. Ҳақиқатдан ҳам вирус ва бактериялар одамзот бошига жуда кўп кулфатлар келтирган.

Чунончи, Византия империяси даврида ўлат 50 йил ичида 100 миллионга яқин кишига қиргин келтирган. «Қора ўлим» (ўлатни шундай атардилар) XV аср бошида Овруро аҳолисининг қарийб чорагини олиб кетди.

Биз ҳозиргача бактерия ва вируслар одамзод тарихида вабо тарқатиб даҳшат солганлиги ҳақида ҳикоя қилдик. Лекин шуни ҳам эсдан чиқармаслик керакки одамзод микробларни кўриш у ёқда турсин, ҳатто табиатда бор-йўқлигини билмаган замонлардаёқ уларнинг «хизмати»дан ҳам фойдаланиб келганлар. Ноннинг хамирини ошириш, пиво пишириш, бўза солиш ва бошқа шу каби

ишларни микроблар иштирокисиз амалга ошириш мумкин эмас эди, албатта.

Тарихга назар солсак одамлар зарарли ва фойдали бактерия, вируслар нима эканлигини билиб олгунларига қадар минг йиллар ўтиб кетди. Турли касалликларни қўзғатувчи майда ҳашаротлар ҳақида Абу Али ибн Сино асарларида гапирилган. Бу улуг олимнинг ўткир даҳоси эди.

XVI аср ўрталарида Баккаччонинг кичик замондоши Италия шифокори Жироломо Фиракастро юқумли касалликлар ўз-ўзидан тарқамайди, балки уларнинг ёйилишига тирик жонзот сабаб бўлади, деган фикрни Оврупода биринчи бўлиб айтган эди. Дунёда оддий кўз билан кўриш мумкин бўлган жонзотлардан ташқари, деб тушунтирган эди у, гоят майда ва бизнинг сезгимизга таъсир этмайдиган зарарлар ёки уруғлар бор. Бу уруғлардан худди шуларга ўхшаш бошқа уруғлар ҳосил бўлади ва тарқалади. Фиракстро касалликлар тарқатувчи уруғлар ҳақида асосан тўғри фикр айтган бўлсада, лекин уларга қарши курашиш кераклигини ўйламаган ҳам.

Биз бактериялар 1675 йили голландиялик олим А. Левенгук томонидан биринчи бўлиб топилгани ҳақида ёзган эдик. Бир йилдан сўнг Левенгук ўз ихтиросини Лондондаги қироллик академиясига йўллайди. Бундан беҳабар ҳолда 1677 йили англия олими Р. Гук ҳам микроскоп ёрдамида бактерияларни кузатади. Бу ихтиролар шу соҳада ишлаётган кўпчилик кишиларни ҳайратда қолдиради, чунки қолоқ техника воситалари ёрдамида микродунё сирларини ўрганиш ўз навбатида жуда катта қийинчиликлар туғдирган эди. Жумладан, XVIII асрда машҳур ботаниклардан Карл Линней тирик мавжудотлар системасини тузганда, микробларни шу гуруҳга киритган, яъни микроблар дунёсини ўрганиш имконияти йўқ деган хулосага келган. Лекин изланишлар давом этаверган, натижада бир қанча ютуқлар қўлга киритилган. 1838 йили Эренберг микробларнинг 22 та оиласини ўз китобида кўрсатиб ўтган. XVIII аср охирига келиб Страсбург университетида рус олими М.М. Переховский ўзининг микроорганизмларга бағишлаган докторлик диссертациясини ҳимоя қилган. Унинг изланишлари асосан микроорганизмларнинг кўпайиши, атроф-муҳитнинг микроорганизмларга таъсири ва бошқа бир қанча муҳим касалликларга бағишланган. М.М. Переховскийнинг диссертациясига ҳозирги

кунда ҳам микробиология соҳасидаги энг биринчи экспериментал изланишлардан бири сифатида қаралади.

Микроорганизмлар шунчалик кичик ўлчамга эга бўлишига қарамай инсон ва ҳайвонот ҳаётида ҳам табиатда рўй берадиган турли ҳодисаларда уларнинг муҳим роли борлигига узоқ вақтгача шубҳа билан қараб келинган. А. Левенгук издошлари микроорганизмларнинг фақат ташқи кўриниши: уларнинг тузилиши, кўпайиши билангина қизиққанлар, холос. Шунинг учун ҳам бу давр, яъни А. Левенгук ишларининг бошланишидан то XIX асрнинг ярмигача ёки машҳур француз олими Л. Пастернинг ихтироси очилгунга қадар бўлган давр (1822-1895) микробиологиянинг фан сифатида ривожланишида морфология даври деб номланган. Сатримизнинг шу ерига келганда ҳурматли ўқувчимиз диққатини микробиологияда физиология даврини ўзининг ўлмас ихтиролари билан бошлаб берган улуғ сиймо Л. Пастер ҳаёти билан қисқача таништириб ўтишга жазм қилдик.

Луи Пастер Юра департаментидаги Дол деган жойда 1822 йил 27 декабрда туғилди. У ўн уч яшар чоғида мусаввирликни ёқтириб қолди ва пастел бўёқ қалам билан анча дуруст расмлар чизди. Ўртоқлари ҳатто уни мусаввир деб чақирадиган бўлдилар. Пастернинг ота-онаси узоқ вақт иккилангач, 16 ёшга тўлган ёлғиз ўғлини нормал мактабга кирувчиларни тайёрлайдиган пансионатга ўқишга юборишга рози бўлдилар. Пастер талаба бўлиб олгач, фанга жуда берилиб кетди. Орадан кўп вақт ўтмай, у кимёвий бирикмаларнинг молекула тузилишини ўрганишга киришди ва ўз миясида нима учун бир хил кимёвий таркибга эга бўлган моддалар физик жиҳатдан бир-биридан кескин фарқ қилади деган масалани аниқлаш режасини тузиб чиқди.

Пастернинг янгилик кашф қилиш йўлидаги иштиёқи унинг ишларидан сезилиб турарди. У 24 ёшга кирганда физика фанлари доценти дипломини олди. У кимёвий таркиби бир хил бўлса ҳам, кристаллик шакли турлича бўлган вино кислотаси тузларини ўрганишга киришди. Айни вақтда бу тузлар кутбланган ёруғликка таъсир этиш жиҳатдан ҳам бир-биридан фарқланади. Оддий вино тузлари бу ёруғликни ўнг томонга оғдирса, паравино тузлари эса ҳеч қайқа оғдирмас экан. Пастер бу фарқ ҳар икки тузнинг кристаллик шаклига боғлиқ, вино тузлари кристаллари симметрик шаклга эга бўлса керак, деб тахмин қилади. Аммо бу масалани ҳал этиш мақсадида ўтказилган тажриба ҳақиқатда паравино тузи

кристаллари симметрик эмаслигини кўрсатди. Шундай қилиб, узок йиллар давомида ўткир ақл эгаларининг бошини қотириб келган паравино кислотасига оид жумбоқни Пастер жуда оддий йўл билан ҳал этди. Бу кислота тузлари кристалларнинг баравар миқдордаги аралашмасидан иборат экан.

Ёш олимнинг кашфиёти ҳақидаги хабар француз физиклари ўртасида кенг тарқалди ва бу кашфиёт олимларнинг илмий мавқеига мустаҳкам асос яратди ва унинг бундан кейинги фаолиятини белгилаб берди. Пастер ўзининг сеvimли кристаллари ҳақида тинмай фикр юритиб, кристалларни бошқарувчи қонунлар ҳақида схематик тасаввурга эга бўла олди. Симметрик бўлмаган кристалларнинг фақат ҳаёт маҳсулотлари бўлган органик моддалардагина учраши унинг етакчи ғояларидан бири эди. У молекулаларнинг симметрик ва тирик эмаслиги тирик жисмларни ўлик жисмлардан фарқ қилишга имкон берувчи бирдан-бир ишончли белгидир, деб ўйлади. У бу гипотезага асосланиб, табиатда ана шундай симметриясизлик намуналарида симметрик бўлмаган кристалларни ҳосил қилувчи жуда кўп моддалар учрашини аниқлагач, ачиш ҳодисаси ҳаёт билан жуда яқиндан боғланган бўлиши керак, деган фикр унинг миясида мустаҳкам ўрнашиб қолди. Пастер ўзининг бу изланиш ва уринишлари туфайли ачиш масаласини системали суратда ишлаб чиқди: бунинг биринчи самараси сут ачитқиси кашф этилди. Пастер зўр ғайрат билан ипак қурти касалликлари ҳақидаги икки жилдли монографиясини ёзиб тамомлашга ва винонинг анормал ачитқилари таъсири остида бузилиши ҳақидаги ғоялари асосида пиво ишлаб чиқаришни такомиллаштиришга аҳд қилди. Шунинг назарда тутиб, у ўзининг спиртнинг ачиши ҳақидаги аввалги тажрибаларини қайтадан кўриб чиқди. У лабораторияда ўзи ишлаб чиққан соф ачитқи олиш усулини пиво пиширишда ҳам муваффақият билан қўллаш мумкин деб ҳисоблади. Бундан ташқари у спирт ачишига оид биринчи даражали бир қанча муҳим масалаларни ҳам ҳал қилди. Спирт ачишига доир ишларнинг натижаси 1876 йилда Пастернинг пиво ҳақидаги катта асари босилиб чиқди. Бу асар ҳақли суратда фанда бутун бир даврни ташкил этади, деб эътироф қилинди.

Немис олими Роберт Кох микробларни лаборатория шаронтида ўстириш йўлини топди. Рус олими Илья Мечников организмнинг микробларга қарши курашиш хусусиятларини муфассал ўрганиб

чикди. Инглиз олими Александр Флеминг томонидан пенициллин кашф қилиниши натижасида микробиология фанида жаҳон-шумул муваффақиятлар қўлга киритилди. 1892 йили рус олими Д.И. Ивановский вирусларни очди.

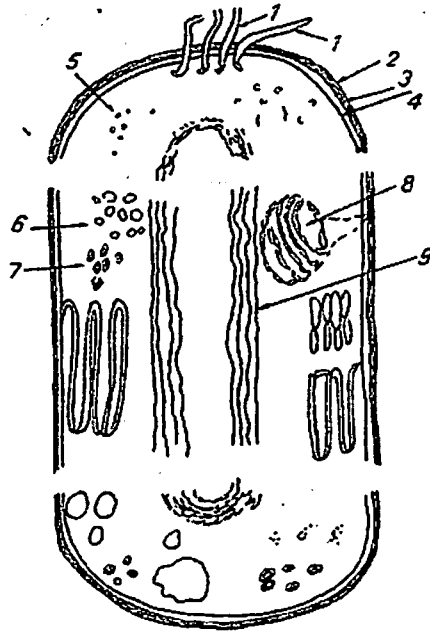
Ҳозир фанни микробиологиясиз тасаввур этиб бўлмаганидек, дунёни ҳам микробларсиз тасаввур қила олмаймиз. Микробларнинг, таъбир жоиз бўлса, «хонлиги ҳам бор, беқлиги ҳам», яъни зарари кўп, лекин фойдаси ундан зиёд.

Бактерия хужайраси - жуда мураккаб ички тузилишга эга бўлган бир бутун микродунёдир. Унинг таркиби бир неча морфологлар ва кимёгарлар томонидан асосланган бир қатор структуралардан ташкил топган бўлиб, бу структураларнинг ҳар бири ўзига мўлжалланган вазифани адо этади. Бактерия хужайраси маълум даражада мустақамликка ва эластикликка эга бўлган парда билан қопланган бўлиб, у ўзида цитоплазма, ядро аппарати, вакуола, мезосома, рибосома сингари бир неча моддаларни тутиб туради (1.10-расм).

Цитоплазманинг ташқи қатлами зич структурага эга бўлиб, *цитоплазматик мембрана* деб аталади. Цитоплазма, цитоплазматик мембрана, ядро аппарати ва бошқа структуралар протопласт деб аталади. Цитоплазма ва цитоплазматик мембрана хужайра пардаси билан ўралган бўлиб, кўпчилик ҳолатларда ҳар хил қалинликда шиллиқ қатлам капсула билан қопланган бўлади. Бактерия капсуласи ўзининг кимёвий таркибига кўра икки турга бўлинади. Биринчи тури полисахаридлардан, иккинчи тури эса полипептидлардан ташкил топади. Кўпчилик бактериялар капсуласида глютамин кислотасининг занжирли молекулаларидан ташкил топган пептидлар бўлади. Капсула хужайраларни атроф муҳитнинг салбий таъсиротларидан сақлашга имкон яратади. Бундан ташқари капсула моддалари запас озик-овқат сифатида ҳам хизмат қилиши мумкин.

Бактериялар бир хужайрали, жуда майда организмлардир. Улар цилиндр ёки шарсимон бўлиб, диаметри атиги 0,2 мк келади, ҳаракат органоидлари - хивчинлар.

Бактерия хужайралари кўп хужайрали организмларнинг хужайраларидан соддалиги билан фарқ қилади. Қобигли аниқ ядроси йўқ, ДНК бевосита цитоплазмада жойлашади ва тармоқли



1.10-расм. Бактериянинг умумий кўриниши.
 1-хивчинлар, 2 – қобик, 3-бактерия мембранаси,
 4 – цитоплазматик мембрана, 5 – рибосомалар,
 6 – бирикмалар, 7 – хроматофоралар, 8 – мезосома,
 9 – нуклеус ёки ядро.

бўлади. Бактерияларда эндоплазматик тўр, митохондриялар ҳам йўқ. Бактериялар ҳужайра тараққиёти босқичида турган содда организмлар бўлиб, улар турли шароитга мослашган ва мустақил яшаш қобилиятига эга.

Бактериялар одатда бўлиниш орқали кўпаяди. Бир ҳужайра бўлиниб иккита ҳужайра ҳосил қилади ва ҳар бир янги ҳужайраларнинг ўзи яна бўлиниб янги ҳужайралар пайдо бўлади ва ҳоказо. Атроф муҳит шароити талабга жавоб берарлик даражада бўлганда бу бўлиниш жараёни чексиз давом этиши мумкин.

Бўлиниш жараёнининг бошланғич қисмида икки қатламли цитоплазматик мембранадан ташкил топган нуклеотид бўлинади. Кейин бу икки қатлам орасида янги материал пайдо бўлиб, ўз навбатида икки қатламли ҳужайра пардаси ҳосил бўлади. Шундан

сўнг иккита янги ҳужайралар пардаси қатламларга бўлингач, ҳужайралар бўлинади.

Вируслар (лотинча «вирус» - захар демақдир) ҳужайрасиз организмлар бўлиб, бактериялардан ҳам майда бўлади. Масалан, грипп вирусининг катталиги 80 мкм. Вируслар мустақил яшай олмайди, ўсимлик, ҳайвон ва одам ҳужайраларидагина яшаб кўпая олади. Вируслар кўпгина юқумли касалликлар сабабчиси.

Кўпгина вируслар бактерия ҳужайралари ичига кириб, уларни батамом емиради. Бундай вируслар бактериофаглар ёки фаглар (грекча «фагос»- ютувчи, қамровчи демақдир) деб аталади. Улардан ич буруғи, ич терлама ва вабо каби бактериал касалликларни даволашда фойдаланса бўлади.

Тамаки мозаикасининг вирусини ичи ковак цилиндр кўринишидаги зарралардир. Цилиндр девори оқсил молекулаларидан тузилган бўлиб, оқсил парданинг остида эса спиралга ўхшаб буралган РНК занжири жойлашган.

«Ичаг таёқчаси» бактериофаги итбалиққа ўхшайди. Унинг бўйи қарийб 200 мкм бўлиб, гавдаси бош дум томондан бир неча ўсиқдан иборат. Боши ва думи сиртдан оқсил парда билан қопланган. Боши ичида ДНК жойлашади, думи ичидан эса канал ўтади. Бактериофаг ичак таёқчаси ҳужайра ичига кирганда аввал унинг юзасига ёпишади, сўнгра ёпишган жойидаги бактерия қобиғини зритиб юборади. Бактериядаги ДНК дум каналига ўтади ва бактерия ҳужайрасининг қобиғида у ҳосил бўлган тешик орқали бактерия ҳужайрасига сиқилиб киради. Маълумки, вирусларнинг кўпайиши тирик ҳужайра ичида содир бўлади. Вирусларнинг асосий қисми аввал алоҳида-алоҳида ривожланиб, кейин бирикиб тўла конли вирус ҳосил қилади. Бу етилган вируслар ҳужайрадан чиқиб, бошқа ҳужайралар ичига киради, у ерда эса қайта ташкил этувчиларга бўлиниб кетади. Шу бўлиниш сабабли яна қайта кўпайиб кетади. Бунда нуклеин кислотали ядро ўз қобиғидан чиқиб ўз наслий белгилари билан янгитдан яна кўпаяди. Қайта кўпайиш хусусияти худди шу нуклеин кислотаси орқали ўтади. Ҳужайра ичида содир бўладиган вируснинг шу қисми ҳужайрадан ташқарида синтез қилинади. Бу ишни тиббиёт фанлари доктори Ф.И. Ершов, тиббиёт фанлари номзоди Ўриваев ва СССР МФАнинг ҳақиқий аъзоси Д.И. Ждановлар томонидан Ивановский номидаги Вирусология илмгоҳида венисуэла оти энцефаломиелити ВОЭ очиб ўрганилди.

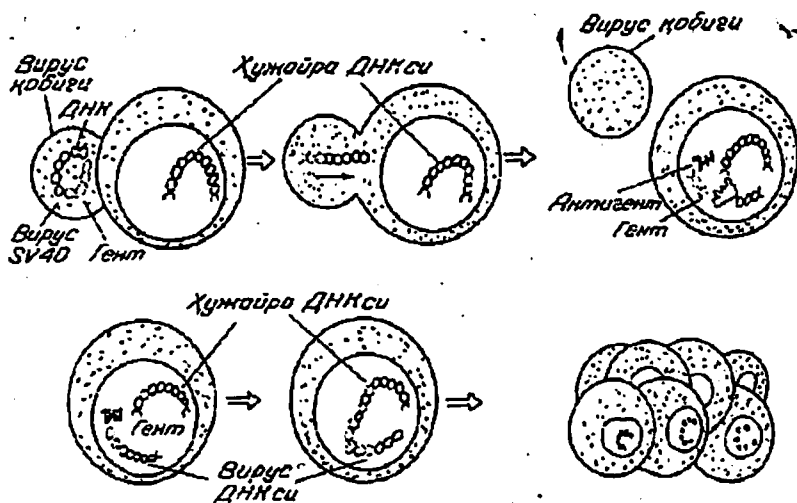
Биз юқорида хужайралардан ташқи ҳолатда ВОЭ вирусининг ядроси олиншини айтиб ўтдик. Лекин ВОЭ вирусининг ядроси нима эканлиги ҳаммани қизиқтиради. Изланишлар унинг оксил спиралга ўхшаб ўраб олган рибонуклеин кислотасининг занжири эканлигини кўрсатди. Демак, хужайрадан ташқари фақат рибонуклеин ва оксиллар синтез қилиниб қолмай, балки ядрони тузувчи компонентлар ҳам йиғилиб, ядро ҳосил қилиши мумкин экан.

Сунъий йўл билан олинган вирус ҳақиқий вирус хоссаларининг кўпчилигини ўзида мужассамлаштиради. ВОЭ вирусларини ўрганиш вақтида шунга ўхшаш бошқа заррачалар юзага келиши аниқланди. Бу заррачаларга псевдовирус номи берилди. Буларнинг вируслардан фарқладиган ери шуки, уларда рибонуклеин кислотаси вирус оксили билан эмас, балки хужайра оксили билан бириккан экан, лекин юқумлилиги жиҳатидан вирусларнинг ўзига ўхшайди. Псевдовирус хужайрага бегона нарсалар кирмаслиги учун курашади.

Ҳар бир вирус ўзига хос хусусиятга эга. Ҳозирги кунда олимлар вируслардан маданий ўсимликларни химоя қилишда фойдаланиш учун кураш олиб бормоқдалар. Бу - уруғларни зарарлантириш, тупроқни дезинфекция қилиш, вирус ташувчиларни йўқ қилиш ва бошқа усуллардир. Вирус билан касалланган тамаки, буғдой, пахта сингари ўсимликларни ўрганиш борасида талай ишлар қилинганига қарамаздан, ҳамон кўпгина касалликларнинг сабаби аниқланганича йўқ.

Биз вирусларнинг яна бир хусусияти тўғрисида фикр юритмоқчимиз. Вируслар ўз генларини бактерия ва хужайра генлари орасига кўшиб қўйиш хусусиятига эга. 1.11-расмда вируснинг каламуш хужайрасига генетик таъсири кўрсатилган. Вирус хужайра қобигига ёпишиб, ўз нуклеин кислотасини хужайра цитоплазмасига ўтказди ва бўшаб қолган вирус қобиги хужайрадан ажралади.

Вирус ўз ДНКсини хужайра ДНКсига кўшишни осонлаштирувчи антиген Т, Т-генининг маҳсулоти - оксилни ишлаб чиқаради. Антиген Т вирус ДНКсини хужайра ДНКсига кўшади ва бир бутун ДНК ҳосил қилади. Энди бу генетик касалланган хужайра ўз бошқарувини йўқотиб, тартибсиз кўпайиши ва каламуш организмни касалланишга олиб келиши мумкин.



1.11-расм. Вирус SV40нинг хужайрага таъсири.

Табиатнинг бу усулидан олимлар ҳам фойдалана бошладилар. Улар бактерия ва хужайраларга керакли генни киритиб фаолиятини фойдали томонга ўзгартириш устида ишлаяптилар. Бу соҳа генетик муҳандислик деб аталади ва кўп касалликларнинг олдини олишга, бактериялар орқали керакли оқсиллар, дори-дармонлар ишлаб чиқаришни йўлга қўйишга имкон беради.

II БОБ. ХУЖАЙРА КИБЕРНЕТИКАСИ

2.1-§. ХУЖАЙРА БОШҚАРУВИ ТИЗИМИ

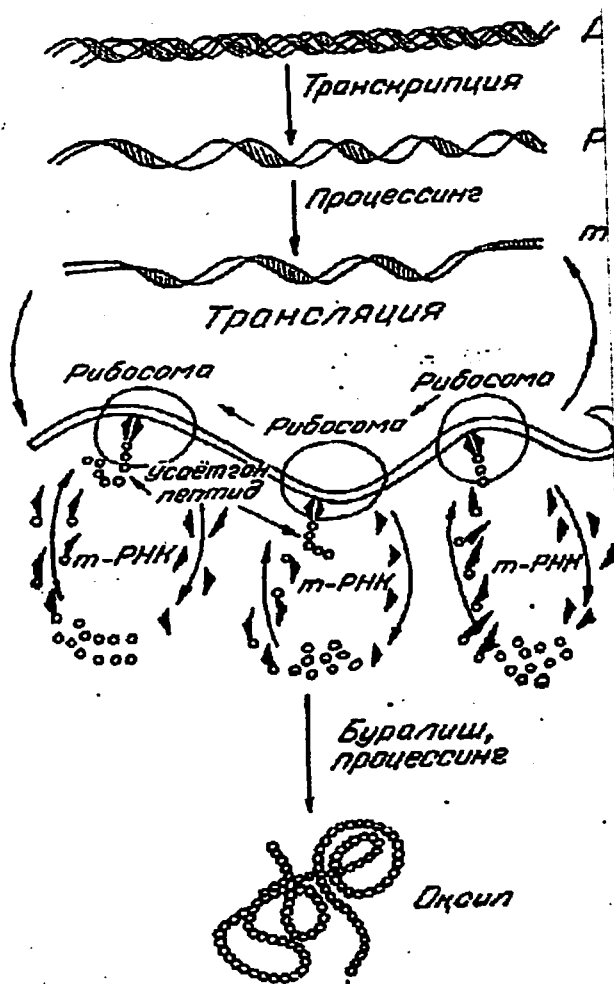
Ўз-ўзини бошқаришга оид бўлган ҳамда наслдан-наслга узатилувчи ахборот ДНКда ёзилганлиги аниқлангандан кейин (1944-1953 й.й.), кўп вақт ўтмай оқсиллар полипептид занжинининг тўғридан-тўғри матрицаси ДНК эмаслиги маълум бўлди. Шу вақтларда кўп илмий кузатишлар оқсил синтези РНК билан ҳамбарчас боғлиқлигини кўрсатди. Бундан ДНК ва оқсил ўртасида туриб ДНКдаги генетик маълумотларни оқсилга РНК ўтказса керак деган фикр туғилади. Шу вақтларда оқсил синтезловчи заррачалар - рибосомалар топилди ва уларнинг РНКлари хужайрадаги РНКлар ҳаммининг асосий қисмини ташкил қилиши аниқланди. Орадан кўп ўтмай ДНКдаги ахборотни такрорловчи РНК фракциялари борлиги маълум бўлиб, улар 1961 йил умумий РНКлар ҳаммидан ажратиб олинди ва бу РНКлар РНКдаги генетик маълумотни рибосомага етказиб бериши тажрибада кўрсатилди. Ф. Жакоб ва Ж. Монолар қисқа яшовчи РНКлар бактерияларда оқсил синтезининг матрицаси эканлигини исбот қилиб, уларни информацион РНК деб атадилар ва ўзларининг хужайрада оқсил синтез бўлишини бошқариш назарияларини ишлаб чиқдилар.

Ф. Жакоб ва Ж. Моно кашфиёти ўн йиллар мобайнида тўла тан олинмасдан келинди. Лекин ДНК ва РНКнинг жуда кўп хусусиятлари тажрибаларда исботланганидан кейин, бу олимларга Нобел мукофоти берилди. Лекин ҳозир ҳам бу назария ҳамма кимёвий жараёнларни тушунтиради деб бўлмайди.

Хужайрани кибернетиканинг бошқариш объекти қилиб олган эканмиз, Ф. Жакоб ва Ж. Моно назариясини чуқур ўрганишимиз керак. Бунинг учун аввал гапни хужайра фаолиятида фаол қатнашадиган оқсил, ДНК, РНК ва АТФ каби органик моддалар фаолиятидан бошлаймиз.

Хужайрада оқсиллар синтези мураккаб ва кўп босқичли жараён бўлиб, бунда нуклеин кислоталардан тузилган хужайра қисмлари асосий хизматни бажаради.

Оқсиллар биосинтезининг принципиал схемаси 2.1-расмда берилган. Кўришиб турибдики, синтезланаётган оқсиллар таркибини аниқлашда ДНК, яъни дезоксирибонуклеин кислоталар «буйруқ» берадилар.



2.1-расм. Оқсил ҳосил бўлиши жараёнининг умумий кўриниши.

ДНК молекуласи жуда узун чизикли структурага эга бўлиб, иккита ўзаро ўралган полимер занжиридан ташкил топган. Дезоксирибонуклеотиднинг тўртта тури бу занжирнинг таркибий

элементлари - мономерлари бўлиб ҳисобланади. ДНК молекуласи занжирининг маълум узунликдаги қисмлари турли оксилларнинг синтезланишига хизмат қилади, яъни маълум турдаги оксилнинг синтезланиши учун ДНК молекуласининг маълум қисми «жавобгардир». Ана шу бирор турдаги оксилнинг синтезланиши билан боғлиқ бўлган ДНК молекуласининг маълум қисми «цистрон» деб аталади. Ҳозирги вақтда цистрон тушунчаси «ген» тушунчасига эквивалент сифатида қаралмоқда. Геннинг ноёб структурасига диққат билан эътибор берадиган бўлсак, унинг кўндалангига қараб кетган қисмида бирор маълум оксил структураси ҳақидаги ахборот жойлашганлигини тасаввур этамиз.

Генларнинг асосий вазифаси тирик ҳужайра оксиллари синтезини программалашдир. Кўрилаётган оксил молекулаларида генетик программа бўйича аминокислоталар маълум қаторда ўрин олади. Генетик программадаги ҳар бир ўзгариш оксилларнинг таркиби ўзгаришига, демак, ҳужайра фаолияти ўзгаришига олиб келади.

Ўзида оксил-структураси ҳақидаги ахборотларни сақловчи ДНК ва унинг алоҳида функционал участкалари оксил молекулаларининг вужудга келиш жараёнида бевосита қатнашмайди. ДНК занжирида ёзилган ахборотларни амалга оширгани учун биринчи босқич «транскрипция» ёки «қайта ёзиб олиш» жараёни ҳисобланади. Бу жараён давомида ДНК молекуласи занжирида кимёвий ўхшаш полимер - рибонуклеин кислотаси РНК синтезланади. РНК молекуласи бир занжирдан иборат бўлиб, унинг тўрт хил рибонуклеотида бор. Шундай қилиб, генларнинг нуклеотидли кетма-кетлигидан РНК молекуласи кўринишда «кўчирма» олинади, яъни айнан шу ген структурасига ёзилган ахборот тўла-тўқис РНК молекуласига кўчирилади. Ҳар бир гендан сон-саноксиз миқдорда РНК молекуласи «кўчирмасини» кўчириш мумкин. Ахборотларни ўзида сингдириб олган РНКнинг бу молекулалари, яъни генларнинг кўп сондаги кўчирмалари ҳужайра бўлиб тарқаб кетади. Улар энди ҳужайрадаги оксил синтезини вужудга келтирувчи заррачалар билан бевосита алоқа боғланиб, оксил молекулаларининг бунёдга келиши жараёнида «шахсан» қатнашадилар. Шунинг учун ҳам бу РНКлар «ахборот РНК»лари, ёки матрица РНКлари орқали белгиланади. Шундай қилиб, биз юқорида келтирилган схемадан, ахборотнинг ДНКдан РНК молекуласи кўринишида чиқиб оксил

синтез қилувчи ҳужайра ичидаги заррачалар томон йўналганлигини гувоҳи бўлдик.

Энди биз бошқа тур оқимга, яъни оксил ҳосил қилувчи маҳсулот оқимга эътибор берайлик. Оксил молекуласининг элементар бирикмалари - мономерлари бўлмиш аминокислоталарнинг 20 та турлари мавжуд. Оксил молекуласини бунёдга келтириш учун ҳужайрадаги эркин аминокислоталар оксил синтезини амалга оширувчи заррачалар оқимига жалб қилинади. Эркин аминокислоталарнинг қўшилиши учун хизмат қилувчи бундай РНКлар «адаптор» ёки «транспорт» вазифасини ўтайдилар (т-РНК).

Оксил биосинтези марказий жараёнларидан бири ҳужайра ичидаги икки оқим - ахборот оқими билан маҳсулот оқимининг қўшилиши ҳисобланади. Бундай қўшилиш оксил синтезловчи ҳужайра заррачалари - рибосомаларда вужудга келади. Ҳар бир ҳужайрада рибосомаларнинг сони бир неча минг атрофида бўлиб, уларнинг сони ҳужайрадаги оксил синтезининг умумий интенсивлигини аниқлайди. Битта рибосома заррачасининг диаметри 200 Å га яқин. Рибосома ўзининг кимёвий табиати жиҳатдан махсус рибосома РНКсидан ташкил топган рибонуклеопротеиддир. Бу бизга маълум бўлган ахборот РНК адаптор РНКлар ёнига қўшилган учинчи синф РНКси дир.

Шундай қилиб, биз оксил биосинтезининг умумий схемаси билан қисқача танишиб чиқдик. Навбатдаги масала кибернетиканинг муҳим тушунчаларидан бири кодлаштириш устида. Энди ҳужайра жараёнидаги ахборотларни, ёки аниқроқ қилиб айтсак генларни, кодлаштириш масаласи устида қисман тўхтаб ўтайлик.

Ҳужайра фаолиятини аниқлаб берувчи оксиллар абадий эмас. Уларнинг молекулалари аста-секин эскириб, структураси ва функцияси бузилгач, ҳужайрадан чиқариб юборилади. Лекин, шунинг билан бир вақтда ҳужайрада ҳамма вақт янги оксиллар синтезланиб туради, демак ҳужайра ўз фаолиятини доимо сақлаб туради. Маълумки ҳужайраларнинг ўзига бириктирилган турли хил вазифалари бор. Шунинг учун ҳам оксилни синтез қилиш йўллари ҳар хил бўлади. Масалан, гемоглобинни қон ҳужайралари синтез қилса, инсулинни меъда ости безининг ҳужайралари синтез қилади. Бундан кўринадики, ҳужайрада синтез қилиш ирсият йўли билан ҳужайрадан ҳужайрага узатилиб доимий сақланади.

Маълумки, оқсиллар 20та аминокислоталардан, ДНК эса тўртта нуклеотид - аденин, гуанин, цитозин ва тиминдан тузилган. Нуклеотидлар А, Г, Ц ва Т ҳарфлари билан белгиланади.

РНКлар ҳам тўртта: аденин, гуанин, цитозин ҳамда урацил рибонуклеотидлардан тузилади. Булар ҳам А, Г, Ц ва У ҳарфлари билан ифодаланади. ДНКдаги Т РНКдаги Унинг метиллашган колдиғи бўлиб, Т ва У лар бир хил функция бажаради.

Энди ҳамма гап 4та нуклеотид қандай қилиб кимёвий хусусияти бутунлай бошқача бўлган 20та оқсилни ифодалаши ҳақида бориши мумкин.

ДНКнинг бир молекула оқсил синтезини вужудга келтирадиган қисми ген деб айтилган эди. Демак, ДНК қўш спиралининг маълум бир қисмида, яъни маълум бир генда оқсил структураси ҳақидаги ахборот жойлашган экан. Бу эса, ўз навбатида, ДНК молекуласининг ирсий коди бўлиб ҳисобланади.

ДНК занжирининг кетма-кет келадиган учта нуклеотиддан тузилган қисми битта аминокислотага мос келади, ёки бошқача қилиб айтсак, ДНКнинг уч нуклеотиддан тузилган қисми битта аминокислота кодидир. Жумладан, Т-Т-Тдан иборат бўлган қисми фенилланишга тўғри келади ва ҳоказо. Шундай қилиб бирор аминокислотага учлик тўғри келса, булар «кодон» номини олган. 12-расмда РНК-аминокислота кодлари келтирилган. Кўришиб турибдики, кўпчилик аминокислоталар биттадан ортиқ кодлар билан ифодаланган ва УАТ, УАА, УГА лар ҳеч қандай маънога эга эмаслар.

Оқсилни аминокислоталар занжиридан ташкил топганлигини тасаввуримизга келтирсак, синтез бўлаётган оқсил молекуласида қайси аминокислоталарнинг қандай тартиб билан жойлашганлигини аниқлаб олиш қийин эмас. Масалан, генда нуклеотидлар куйидаги тартибда жойлашган бўлсин:

А-Ц-А-Т-Т-Т-А-А-Ц-Ц-А-А-Г-Г-Г

Албатта, бу қаторни учликлар - триплетларга ажратиш йўли билан синтез бўлаётган оқсилдаги аминокислоталар қаторини аниқлаш мураккаб эмас, яъни:

А-Ц-А Т-Т-Т А-А-Ц Ц-А-А Г-Г-Г.
треонин фенилаланин аспарагинил глутаминил глицил

Юқорида биз ДНК молекуласининг ўзи оксил синтези жараёнида бевосита қатнашмаслиги, балки бунда оксиллар структураси ҳақидаги ахборот сақланишини айтиб ўтган эдик.

Хужайрада оксил цитоплазмадаги рибосомаларда синтезланишини, шунинг билан биргаликда ДНКдан ахборотни кўп нусхаларда рибосомаларга ахборот РНКлари (и-РНК) етказиб беришини ҳам биламиз.

Бунинг учун ДНК занжирининг маълум аниқ жойларида (ген ёки матрица) и-РНК синтези қилиниши керак. Бу ҳодиса транскрипция деб аталади ва синтезланаётган и-РНК ДНКнинг бирор занжирида аниқ нусха кўчиради (и-РНКдаги У ДНКдаги Тга мос келади).

Транскрипция жараёнида ДНКдаги Г қурилаётган и-РНК занжирида Цга, шу каби Ц-Г, Т-А, А-Уга тўғри келади.

ДНК, РНК ва оксил занжиридаги мономерлар кетма-кетликлари орасидаги муносабат 2.2-расмда кўрсатилган.

Шуни ҳам таъкидлаб ўтиш керакки, и-РНК тузиш жараёни РНК-полимераза деб аталмиш махсус фермент воситасида амалга оширилади. Бу молекулалар ДНК бўйлаб ҳаракатда бўладилар ва шу аснода ДНК бирор занжирга мос и-РНК занжирини тиклаб улгурадилар. Худди шу йўсинда ДНКдан рибосомалар томон и-РНК оқимлари ташкил топади.

	У	Ц	А	Г	
У	УУУ } ФЕН	УЦУ } СЕР	УАУ } ТИР	УГУ } ЦИО	У
	УУЦ } ЛЕЙ	УЦЦ } СЕР	УАЦ } ТИР	УГЦ } ЦИО	Ц
	УУА } ЛЕЙ	УЦА } АРГ	УАА } ОКРА	УГА } ОПА	А
	УУГ } ЛЕЙ	УЦГ } АРГ	УАГ } АНТ	УГГ } ТРИ	Г
Ц	ЦУУ } ЛЕЙ	ЦЦУ } ПРО	ЦАУ } ГИО	ЦГУ } АРГ	У
	ЦУЦ } ЛЕЙ	ЦЦЦ } ПРО	ЦАЦ } ГИО	ЦГЦ } АРГ	Ц
	ЦУА } ЛЕЙ	ЦЦА } АРГ	ЦАА } ГИО	ЦГА } АРГ	А
	ЦУГ } ЛЕЙ	ЦЦГ } АРГ	ЦАГ } ГИО	ЦГГ } АРГ	Г
А	АУУ } ИЗО	АЦУ } ТРЕ	ААУ } АСП	АГУ } СЕР	У
	АУЦ } ИЗО	АЦЦ } ТРЕ	ААЦ } АСП	АГЦ } СЕР	Ц
	АУА } ИЗО	АЦА } ТРЕ	ААА } АСП	АГА } АРГ	А
	АУГ } МЕТ	АЦГ } ТРЕ	ААГ } АСП	АГГ } АРГ	Г
Г	ГУУ } ВАЛ	ГЦУ } АЛА	ГАУ } АСП	ГГУ } ГЛУ	У
	ГУЦ } ВАЛ	ГЦЦ } АЛА	ГАЦ } АСП	ГГЦ } ГЛУ	Ц
	ГУА } ВАЛ	ГЦА } АЛА	ГАА } АСП	ГГА } ГЛУ	А
	ГУГ } ВАЛ	ГЦГ } АЛА	ГАГ } АСП	ГГГ } ГЛУ	Г

2.2-расм. РНК-аминокислота коди

20 турли т-РНК бўлиши керак. Шундай қилиб, оксил синтези жараёнида и-РНК бўйлаб ҳаракатланадиган ҳар бир рибосомага цитоплазмадан маълум аминокислоталар «ортган» т-РНК молекулалари узлуксиз келиб туради. Агар т-РНК коди и-РНК триплети кодига мос келса, т-РНКнинг қарама-қарши аминокислотали учи тезда оксил йиғилаётган жой яқинига келади, аминокислотасини оксил молекуласининг таркибига боради ва шу рибосома и-РНК бўйлаб бир триплет олдинга «қадам» ташлайди. Бўшаган т-РНК рибосомадан теварак атрофга улоқтириб ташланади. Лекин шунга қарамай у янги аминокислота молекуласини ушлаб яна и-РНК томон интилади. Бу жараён 2.1-расмда кўрсатилган.

Кўрдикки, оксил синтези бир неча реакциялар занжиридан иборат экан. Бу реакцияларнинг ҳаммасида энергия сарфланади, буни эса ўз навбатида АТФнинг парчаланиш реакцияси етказиб беради.

Аденозинтрифосфат кислота (АТФ) аденин, рибоза ва 3 молекула фосфат кислотадан таркиб топган органик моддадир. Хужайраларнинг нафас олиш, кислород истеъмол қилиш натижасида асосий энергия манбаи бўлмиш АТФ жамғарилади.

Энергия АТФ тарзида, яъни хужайранинг универсал аккумулятори сифатида хужайралардаги барча фаолиятни, чунончи механик, осмотик, электрик, биосинтетик жараёнларни таъминлаш ва бошқа вазифаларни бажаришга сарфланади. Хужайраларда АТФ узлуксиз равишда ва жуда тез суръат билан ҳосил бўлиб туради. Битта АТФ молекуласи бир дақиқада минг мартагача қайта янгиланиши мумкин.

Хужайраларнинг нафас олиш даражаси ва АТФнинг ҳосил бўлиш суръатининг нималарга боғлиқ бўлишини аниқлаш мақсадида кейинги йилларда олиб борилган илмий изланишларнинг натижаларига эътибор берсак, АТФнинг бир тури бўлмиш аденозиндифосфат (АДФ)нинг хужайрада йиғилиши, хужайралар нафас олиш мўътадиллигини таъминловчи муҳим омиллардан бири эканлигини кўрасиз. АДФнинг хужайрада йиғилиши, ўз навбатида, АТФнинг сарф бўлиш тезлигига боғлиқдир. Шундай қилиб, кўриб турибмизки, ҳар қандай тирик система каби хужайра ҳам ўз-ўзини бошқарувчи махсус биологик системага эга. Буни ўз-ўзини бошқариш, ёки авторегуляция деб аталади. Шу жойда хужайра кибернетикаси бошланади.

Хужайранинг бирор жойида рўй берган ўзгариш шу звенода бирор сигнал пайдо бўлишига сабаб бўлади. Сигнал ахборот сифатида хужайра бўйлаб тарқалади ва бунга жавобан авторегуляция ўз-ўзини бошқариши орқали хужайрани тиклаш жараёни бошланади.

Хужайранинг хоссаси тикланиши билан жараённинг тўхташи учун яна ахборот пайдо бўлади. Масалан, хужайрада АТФнинг камайиши, унинг синтезланиш жараёнини бошлаб юборувчи ахборот бўлса, АТФ концентрациясининг нормага келиши АТФ синтезининг тўхташи учун янги ахборот бўлиб хизмат қилади.

Биз сиз билан, ҳурматли китобхон, хужайрада оксил синтез жараёнининг умумий принциплари ҳамда бу жараёндаги ДНК, РНК ва АТФларнинг кўрсатадиган хизматлари устида бироз тўхтаб ўтдик. Тирик организм бирор касалликка, масалан, рак касалига дучор бўлар экан, касаллик энг аввал хужайрадан бошланади, яъни хужайра ўзига юклатилган вазифани бажаришдан бош тортади, «ақлдан озади», кўшниларига ҳам таъсир этиб, кўпайишда давом этади. Шунинг учун ҳам хужайрани таркибий қисмларга ажратиб, унинг фаолиятини чуқур ўрганиш биохимиянинг асосий муаммоси ҳисобланади. Бу муаммо фақат назарий жихатдангина эмас, балки амалий жихатдан ҳам муҳим. Жумладан хужайра таркиби ва фаолиятини бошқаришни ҳал этиш деган сўз, организм учун ҳар қандай кўрқинчли касалликни олдини олиш мумкин деган сўз эмасми? Биз сиз билан юқорида келтирилган жумлаларимиз билан жуда ҳам илгарилаб кетдик. Лекин, инсоният илм-фаннинг юқори чўққиларига бирданига чиққан эмас, албатта.

Энди ахборот тушунчаси билан боғлиқ ҳолда хужайрани таркибий қисмларга ажратиш муаммоси билан қисман танишиб чиқамиз. Хужайра 2та асосий қисм: бошқариш маркази бўлмиш ядро ва хужайра «фабрикаси» ҳисобланмиш цитоплазмадан ташкил топганлиги маълум. Хужайра фаолиятининг нормал ҳолатда давом этиши учун бир томонда ядро доимий равишда цитоплазма бўйлаб ўзининг «буйруқ»ларини узатиб туриши керак. Иккинчи томондан эса ядро доимо цитоплазмада «аҳвол» қандай давом этаётганлиги ҳақидаги ахборот билан цитоплазма орасида икки томонлама ҳаракатда бўлиши керак.

Хужайрадаги ДНК, РНК молекулаларининг фаолияти, уларда ўзаро ахборот узатилиши, ахборотнинг ДНК молекуласида кодлаштирилганлиги ва бошқалар устида тўхтаб ўтган эдик.

Лекин, хужайра цитоплазмаси хужайра ядросини ўзининг «аҳволи» ҳақидаги ахборот билан қандай қилиб таъминлаб туриши устида гапирмаган эдик. Мана шу ўринда француз олимлари Жакоб ва Моно фикрларини келтирамиз. Генлар турлича бўлади, яъни структурали ва регуляторли генлар. Структурали генлар асосан ферментларнинг синтезини, регуляторли генлар эса махсус «репрессорлар» синтезини бошқаради. Агар хужайра таркибидаги ҳамма ферментлар етарли бўлса, у ҳолда асосан регуляторли генлар ишлайди. Лекин қандайдир бирор фермент концентрациясининг талаб этилганидан паст бўлиши маълум репрессорнинг нейтралланишига олиб келади. Шундан сўнг структурали генларнинг иш фаолияти бошланиб кетади, яъни талаб этилган микдордаги ферментларнинг синтези бошланади.

Жакоб ва Мононинг бу фикрлари бактериялар учун хосдир. Энди юқори организмларда юқоридаги ходисанинг қандай рўй бериши устида ҳам тўхтаб ўтайлик.

Сухбатимиз бироз мураккаблашади, сабаби бактериялар битта хужайрадан ташкил топган оддий организм ҳисобланади. Лекин қурбақани олиб кўрайлик, унда бутунлай янги вазифаларга мўлжалланган миллиард-миллиард хужайралар мавжуддир. Ана шундай мураккаб организм хужайраларидаги генларнинг фаолияти қандай экан? Саволга жавоб олиш мақсадида доктор Гердон (Оксфорд университети) ўтказган бир муҳим тажриба билан танишиб чиқайлик. Бу тажрибанинг моҳияти ҳар хил кўринишдаги хужайра ядросини биридан олиб иккинчисига кўчириш, бу билан эса ўз навбатида хужайра ядроси билан цитоплазма ўртасидаги ўзаро таъсиротни ўрганишдир.

Ядрони кўчириш техникасини Бригге ва Кинг ишлаб чиқдилар. Тажрибаларнинг бирида жуда ҳам қизиқ ходисага дуч келинди. Оталанмаган тухум хужайранинг ядроси ичак хужайра ядроси билан алмаштирилганда ҳам худди оталанган тухум хужайра кўринишда ривожланган, натижада нормал ҳолатда кўпая олиш қобилиятига эга бўлган катта қурбақа олинган.

Демак, юқорида ўтказилган тажрибаларга асосланиб туриб кўйидаги хулосаларни келтирсак бўлади, яъни хужайрадаги ишлатилмайдиган генлар йўқолиб кетмайди ҳамда нормал шароитларда улар актив эмас. Лекин айрим ҳолатларда, масалан, юқорида келтирганимиздек тухум хужайрага кўчиришда реактивацияланади. Бошқача қилиб айтадиган бўлсак, ҳар бир етук

хужайранинг ядроси жуда катта ахборотга эга бўлиб, ўз фаолияти давомида бу ахборотнинг жуда оз қисмигина ишлатилади. Шунинг билан бирга хужайра тўлиқ ҳолатда ўзининг ҳамма потенциал имкониятларини сақлайди.

Биз кузатган ҳолатдаги реактивация тухум цитоплазмасининг таъсири остида рўй беради. Ана ш, ерда яна бир савол туғилишига сабаб бўладиган бир ҳодиса бэр, яъни цитоплазма ядродаги қандайдир геннинг нормал фаолиятини тўхтатиб қолишга қодирмикан? Мана шу саволга жавоб олиш учун доктор Гердон Д.Е. Браун билан ҳамкорликда янги тажрибага ҳозирланади.

Гаструл босқичидан ўтган қурбақа эмбрионининг хужайралари кўп сонли рибосома РНКсини синтезлайди. Бу ердаги синтез жараёни ядродаги маълум генлар орқали бошқарилади. Шунинг билан биргаликда ўтган босқичларда, яъни биринчи майдаланиш босқичларида рибосома РНКлари пайдо бўлмайди, демак шуларга мувофиқ келган генлар актив эмас.

Шулар асосида тажриба плани келиб чиқади. Қурбақа эмбрионининг хужайра ядроси, ядроси олиб ташланган тухум хужайрага ўтказилади. Бунда тухум (уруғ) бўлиниши бошланади. Агарда рибосомали РНК синтези бошланса, у ҳолда ядро ўз программасини тухум билан боғлайди. Агарда РНК синтези рўй бермаса, у ҳолда тухум ядро активлигини пасайтиради. Трансплантациядан кейин 6 соат давомида хужайра бўлинади, лекин рибосомали РНКнинг синтез жараёни кузатилмайди. Лекин 2 кун ўтгач, яъни гаструл босқичи ўтгач, бу синтез яна янгиланади. Шундай қилиб, мана бу ҳолатдаги цитоплазма ядро генларини жуда аниқ бошқаради. Қизиги шундаки, қурбақа эмбрионининг хужайралари узлуксиз бўлинади. Катта қурбақаларнинг айрим хужайралари, масалан, қон ёки мия хужайраси бўлинмайди ёки жуда кам ҳолатларда бўлинади. Бу шундан далолат берадики, уларнинг генларидан бошқа кўчирмалар олиб бўлмайди, яъни янги ДНКларнинг синтези рўй бермайди. Лекин катта қурбақанинг қон ёки мия хужайраси ядросиз тухумга жойлаштирилса, бу ҳолатда бир соат ўтгач ДНК синтези бошланади.

Шундай қилиб, цитоплазманинг ядрога таъсири жуда кучли экан. Ўтказилган жуда кўп тажрибалар ядро генларининг активлиги цитоплазма талабига биноан ўзгаришини тасдиқлайди ёки бошқача қилиб айтсак, ҳар хил хужайраларнинг цитоплазмасида

шундай моддалар бор эканки, булар ядро генларининг активлигини кучайтириши ҳам, сусайтириши ҳам мумкин экан.

Шундай қилиб хужайра - дастлабки энг содда биологик система ва кўп хужайрали организм - охириги юқори системадир. Жонсиз материядан жонли табиатнинг пайдо бўлиши жараёнида хужайранинг энг муҳим босқичи деб қараш керак, чунки у энг содда тирик бирликдир ёки аниқроғи у энг содда тўла қонли тирик системадир.

Ҳозирги кунда хужайра муаммоси устида замонавий асбоб-ускуналар билан жиҳозланган бир қатор илмий тадқиқот муассасалари шуғулланмоқдалар. Собиқ СССР Фанлар академиясининг биология илмий текшириш маркази, биофизика, оксиллар, фотосинтез, биохимия ва микроорганизмлар физиологияси ҳамда агрохимия ва тупроқшунослик илмгоҳлари шулар жумласидандир. Булардан ташқари биологик асбоблар ишлаб чиқарадиган йирик конструкторлик бюроси ҳам ишлаб турибди.

Оқсиллар илмгоҳида рибосомаларни сунъий йўл билан йиғишдек жуда мураккаб масалалардан бири ҳал қилинди. Ҳозирги кунда институт ходимлари рибосомалар қандай «ишлайди»лар, қандай қилиб атиги 20 хил аминокислотадан минглаб оксил хиллари пайдо бўлади, оқсиллар қандай синтезланади, деган бир қанча муҳим муаммолар устида бош қотирмоқдалар. Буларни ҳал қилиш фақат фан соҳасида эмас, балки одамзод ҳаётида ҳам кескин бурилишларга олиб келади.

Фотосинтез институтининг олдига қўйилган муаммолар ҳам жуда қизик. Жумладан, фотосинтез ҳодисаси ўсимликларда ташқи шароитга қараб ҳар хил вақтларда рўй беради. Шунинг учун ҳам сунъий йўл билан таъсир этиш усуллари топилса, ҳосил кўп мартага ошиши мумкин бўлар эди. Ана шундай муаммолар ҳар томонлама тўлиқ, аниқ фанлар ёрдамида ечилмоқда.

Биохимия институтининг ходимлари академик Г.К. Скрыбин бошчилигида микроорганизмларнинг ҳаёти тўғри чизикли бўлмасдан, балки ҳар хил шароитда тебраниб турувчи мураккаб эгри чизикдан иборат эканлигини автоматик қурилма ёрдамида кўрсатдилар. Бу кузатув чуқур қонуниятни, яъни тебранувчи жараён ҳаёт асоси эканлигини ақс эттиради. Биз оддий молекуладан мураккаб системагача кўтарилиб, суҳбатимиз давомида кўтарилган фикрларга асосланар эканмиз, тирик хужайра мавжудлигига гувоҳ бўлдик. Янги туғилган чақалоқ танасида 2 000 000 000 000 хужайра

мавжуд. Ҳар бир хужайранинг ўзида эса минглаб бирикмалар бор. Киши қандай қонуният билан дунёга келади, қандай қилиб яшайди, қарийди, ўлади - буларнинг ҳаммаси жуда ҳам қизик.

Иштаҳасиз ўзлаштирилган овқат бемаза бўлганидек, қизиқишсиз ўзлаштириш ҳам хотирани сусайтиради, кейинчалик эса қабул қилинган нарсани ўзлаштиришга қодир бўлмай қолади.

Биз ҳаётнинг ривожланиш чўққисида онгга дуч келамиз, онг эса абстракт ҳақиқатдир.

Тирик табиат ўз ахборотларини сақлаш, ишлаб чиқиш ва узатиш соҳасида шундай нозик ва мукамал асбоблар яратганки, ҳозирги фан генетика асбоблари улар олдида ҳали жуда кўпол ва бесўнақай кўринади.

Сўнгги йилларда тиббиётнинг жуда катта ютуқлари хужайраларни тирик ҳолда сақлаш йўлларининг топилишини тақозо этмоқда. Ҳозир 0 дан бироз юқори ёки совуқ шароитларда сақланаётган баъзи тўқималар кўчириб ўтказилмоқда. Паст ҳарорат хужайраларга қандай таъсир қилади? Хужайраларнинг совукдан зарарланишига икки омил сабаб бўлади деб айтишмоқда олимлар. Биринчидан, хужайра таркибидаги сув ҳароратнинг совиб кетиши натижасида муз кристалларига айланади, булар эса ўз навбатида хужайраларни қаттиқ зарарлайди. Бундан ташқари кристаллар ҳосил бўлаётганда хужайра ичидаги сувни тортиб олади. Бу эса хужайранинг ҳаётий қобилятига салбий таъсир қилади. Иккинчидан, сувнинг музга айланиши натижасида хужайралар ичи ва ташқарисидаги суюқликда кўп миқдорда туз йиғилади, бунинг таъсирида хужайралар қаттиқ зарарланади. Олимлар узок вақт давомида хужайраларни жуда паст ҳароратда музлатишга уриниб келган бўлсалар ҳам муваффақиятга эриша олмаганлар. Чўнқи паст ҳароратда музлатилган хужайралар эритилгандан кейин нобуд бўлаверган. Инглиз олими О. Смит қушлар спермасини музлатиш устида тажриба ўтказаётиб, 1948 йили ажойиб бир янгиликка дуч келиб қолди. Хўроз спермасини глицеринга қўшиб, 79 даража совукда музлатилган, кейин бу аралашма иситилгач, сперма яна жонланган.

Глицерин хужайраларни музлаш ва эриш вақтида зарарланишидан сақлаб қолиш хусусиятини олимлар қуйидагича изоҳлашди, яъни хужайрага сингиб олган глицерин 0 дан паст ҳароратда музлатилган хужайрадаги сувнинг музлаш нуқтасини пасайтириб, унинг кристалланиш жараёнини секинлаштиради.

Натижада муз кристаллчалари кичик ҳажмларда ҳосил бўлиб, хужайраларга зарар етказмайди. Глицерин хужайра ичида калий тузини ва хужайра ташқарисиди эса натрий тузини кўп йиғилишига имкон бермасдан музга қарши тўсиқ вазифасини бажаради.

Шу тариқа хужайра музлатилганда уни емирилишдан асраб қоладиган махсус кимёвий модда яратилади. Ҳозирда эса глицериндан бошқа димотосульфоксид, поливинилипролидион ва полиэтиленоксид моддалари ҳам шу мақсадда қўлланилмоқда.

Ниҳоят хужайралар совуқ шароитда ҳам узоқ вақтгача ҳаётчанлигини тўла сақлаб қола олиши мумкинлиги биринчи марта исботланди. Шунингдек, бошқа биологик нарсаларни ҳам музлатилган шароитда узоқ вақтгача асраш мумкинлигини ўрганиш юзасидан тадқиқотлар олиб борилди. Булар ичида музлатилган қон яхши натижа берди.

Жонли хужайраларни музлатиш усули қоннинг асосий хужайраси бўлмиш эритроцитларга қўлланди. 1949 йилда Льюе суюқ азотда эритроцитларни узоқ муддат давомида сақлаш мумкинлигини айтган. Совуқ шароитда эритроцитлар анабиоз ҳолатда бўлади, улардаги алмашинув жараёни бутунлай тўхтаб қолади. Бу усулда тайёрланган қон узоқ вақтгача бузилмайди.

Эндиликда фақат айрим хужайраларни эмас, балки ҳатто майда жониворларни ҳам музлатиш устида тажрибалар олиб бориляпти. 5 даража совуқда бир соат давомида музлатилган олмахон махсус усулдаги сунъий нафас бериш йўли билан жонлантирилган.

Ҳозир молекуляр биологиянинг муҳим муаммоларидан бири мембрана муаммоси ҳисобланади. Уларнинг қалинлиги 70 Å бўлиб, липидлар ва оқсиллардан ташкил топган. Мембраналар хужайрани атроф муҳитдан ажратиб, шунинг билан бирга атроф билан ҳам боғлаб туради. Хужайрани ташқаридан, ёки қўшни хужайралардан келаётган ахборотларни қабул қилишга мажбур қилади. Мембраналар фаолияти хилма-хилдир. Хужайра фаолияти асосан мембраналар ўзгариши орқали бўлади, лекин ҳозиргача бу биологик ўзгартувчиларнинг молекуляр фаолияти маълум эмас.

Шундай қилиб, юқоридаги суҳбатимиз давомида келтирилган фикрларни сарҳисоб қилар эканмиз, тирик система, аввало, ўзидан насл қолдириш, модда алмашинуви, энергияни бир турдан иккинчи турга айланиши, қўзғалувчанлик, таъсирланувчанлик, ҳаракатланиш каби ҳолатларнинг мураккаб йиғиндиси билан характер-

ланишини кўрдик. Шунинг билан бирликда тирик система мавжуд экан, ўша ерда бошқариш муаммолари ҳам мавжуд эканлигини, ёки бошқача қилиб айтсак, бошқариш системалари бўлмаса тирик табиатнинг ҳаёт фаолияти рўй бермаслиги ҳам аёндыр. Бас, шундай экан хужайра ўз сирларини секин-аста бирма-бир очмоқда. Биз, кибернетика мутахассислари, биолог ҳамкасабаларимиз билан биргаликда замонавий фан ютуқлари билан куролланиб, хужайра сирларини очишимиз, унинг ҳаётига, бутун организм «ишига» фаол равишда аралашмоғимиз даркор. Ана шу ҳолатдагина хужайраларнинг яшаш фаолиятини, бажараётган вазифаларини чуқур билиб олиб, табиат сирларини очишдек энг олий ниятларимизга янада яқинлашган бўламиз.

2.2-§. МАТЕМАТИК МОДЕЛЛАР

Биз биламизки, хужайрадаги бошқариш жараёнларининг ЭҲМда текшириш, хужайра кибернетикасини куриш учун аввало хужайрадаги кимёвий жараёнлар математик моделларини тузишни ўрганиб олишимиз керак. Моделлар ҳақидаги тушунчаларни китобхонлар ҳам, биология масалалари билан машғул бўлаётган кибернетика мутахассислари ҳам яхши тушуна билишлари керак. Биз ҳозирги замон биологиясининг марказий муаммоларидан бири деб ҳақли равишда ҳисобланган оксил синтези муаммоси моделлари устида тўхтамоқчимиз.

Молекуляр биология соҳасида охириги йилларда эришилган катта муваффақиятлар бу муаммони ҳар томонлама ёритишга имкон берди. Хужайра оксил синтези регуляциясида асосий ўрин тутадиган ДНК – дезоксирибонуклеин кислота - молекуласининг фазовий тузилиши аниқланди. Деярли ҳамма организмлар учун ирсий материал бўлиб хизмат қиладиган бу молекула спирал шаклида буралган иккита полинуклеотид занжиридан иборат эканини 1953 йилда инглиз олимлари Ж. Уотсон ва Ф. Крик томонидан кўрсатилган. Улар бу кашфиётни М. Уилкинс олган рентгенограммани кузата туриб яратган эдилар.

Иккала занжир бир-бири билан аденин, гуанин, тимин ва цитозин асосларининг водород орқали жуфт-жуфт бўлиб боғланиши аденин-тимин, гуанин-цитозин туйфайли бир бутун молекула ҳосил қилади. ДНК занжирларидан биридаги асослар кетма-кетлиги оксилдаги аминокислоталар кетма-кетлигини аниқлаб беради.

ДНКда ёзилган маълумотни оксилга узатиш жараёни қуйидагича ўтади. ДНК молекуласида, тузилиши жиҳатидан ундан фақат тимин асоси ўрнида урацил асоси келиши билан фаркланадиган бир занжирли РНК - рибонуклеин кислота - молекуласи синтез қилинади. Бу РНК кўпинча информацион РНК деб аталади. Ҳосил бўлган информацион РНК занжири цитоплазмага ўтади ва у ерда махсус хужайра органонди рибосомага тушади. Оксил синтези вақтида, информацион РНКда ёзилган маълумот «ўқилади». Цитоплазмадаги аминокислоталар махсус транспорт РНК молекулалари билан боғланади ва рибосомага узатилади. Рибосомада аминокислоталар оксил синтези учун асосий «қурилиш хом ашё»си сифатида ишлатилади. Бу ҳақда олдинги параграфда батафсил ёзган эдик.

Оксил синтезининг регуляцияси жараёни баъзи бир бактерияларда Жакоб ва Моно орқали ҳар томонлама текширилди. Бу изланишлар асосида оксил синтезининг генетик регуляцияси назарияси - оперон назарияси ишлаб чиқилди. Бу назарияга асосан хужайрада оксил синтези регуляцияси хужайра генетик аппарати орқали амалга оширилади.

Оперон назарияси бўйича оксиллар тўғрисидаги маълумот ДНКда махсус структура генларида ёзилиб гуруҳ-гуруҳ бўлиб жойлашган ($СГ_1СГ_2...$). Структура генларнинг гуруҳли жойлашуви умумий вазифани бажарувчи бир неча оксилни бирданига синтез қилишга имкон беради ва кимёвий жараёнларнинг кўп тармоқли хусусиятига мос келади. Информацион РНК синтези ДНКнинг структура генлари гуруҳи қисмидан бошланади. Бу ўзига ҳос «ўтказиш пункти» ген-оператор деб аталади. Ген-оператор структура генлар гуруҳи билан биргаликда оперонни ташкил қилади.

Ген-операторининг бекитилиши ёки шакл ўзгартириши структур генларни ёпиб қўяди. Демак, ДНКнинг кенг областидаги информацияси «ўқилиши» унинг кичик бир қисмига боғлиқ бўлади.

Ген-операторининг бекитилиши махсус регулятор оксил-репрессорнинг ген-оператор билан боғланиб комплекс ҳосил қилиши орқали рўй беради. Регулятор оксил-репрессорининг синтези ДНКнинг шу оперонидан бошқа бир қисмида жойлашган ген-регулятор орқали амалга оширилади.

Репрессор - аллостерик типдаги оксил бўлиб, ўз шаклини оперон ва ферментлар системаси орқали вужудга келадиган гормон

ва метаболитлар таъсири остида тез ўзгартиради. Ген-оператор ва репрессорнинг ўзаро таъсири жуда хусусий бўлиб, репрессор ген-оператор билан ўзининг шакли орқали комплекс ҳосил қилади. Агар унинг шакли ўзгартирилса, у ген-оператордан ажралади, структур генлар гуруҳига йўл очилади ва информацион РНК синтези бошланади.

Охириги йилларда юқорида келтирилган назария бактериялар устида ўтказилган тажрибалар асосида Пташне, Ригтс ва бошқалар томонидан тўлиқ тасдиқланди.

Оқсил синтези регуляцияси тўғрисидаги Жакоб ва Моно назарияси - оперон назарияси - хужайра фаолиятининг ҳамма томонларини акс эттирувчи математик моделлар яратилишига олиб келди. Масалан Б. Гудвиннинг хужайра фаолияти модели, Р. Цанев ва Б. Сендовнинг хужайра бўлиниши модели ва бошқалар.

Бу моделларнинг асосий тенгламалари сифатида оперон назариясига асосланган оқсил синтези регуляцияси тенгламалари ишлатилади. Бу тенгламаларнинг илк варианты Б. Гудвин томонидан ишлаб чиқилган бўлиб, Б. Сендов, Р. Цанев, Ж. Смит ва бошқалар томонидан бирқанча ўзгартирилган. Айтилган гапларни 2.4-расмдагидек схемалаштириш мумкин (Гудвин Б. Вре-менная организация клетки. М., 1966) (бу ерда гап битта метаболит устида бормоқда).

2.4-расмда доиралар билан хужайра участкалари кўрсатилган.

Масалан:

L_i – и-РНК синтез қилинадиган генетик локус (яъни ДНК қисми);

R_i – рибосома;

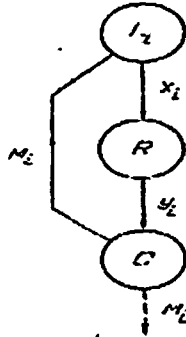
C_i – фермент метаболизмида қатнашадиган хужайра участкаси.

Бундан ташқари,

X_i - ДНКда синтезланган и-РНК миқдори;

Y_i - рибосомада синтезланган оқсил миқдори, асосан ферментлар;

M_i - фермент таъсирида синтезланган метаболит миқдори.



2.4-расм. Оксил синтези регуляцияси схемаси.

2.4-расмдаги схемани бундай тушуниш керак. Генетик локус L_i да синтезланган и-РНК миқдори X_i га тенг. Бу модда ҳақидаги сигнал рибосома R_i га келиб тушади ва бу ерда Y_i миқдорда фермент ишлаб чиқарилади. Бу оксил (яъни фермент) таъсирида M_i миқдорда метаболит пайдо бўлади.

Ферментлар таъсирида ўтадиган реакцияларда ҳосил бўлган метаболитнинг бир қисми генетик локус L_i га қайтиб унга репрессор ёки компрессор сифатида таъсир қилади ва шу билан кибернетик қайта алоқа ҳосил бўлади. Метаболитнинг бошқа қисми хужайра бўйлаб керакли жойга тарқаб кетади. Бу ҳодисалар 1-расмда яққол кўрсатилган.

Келтирилган энг оддий ҳолда X_i гомологик оксиллар синтезини, Y_i метаболит синтезини, M_i эса i -типдаги и-РНК синтезини бошқаради. Биз X_i , Y_i ва M_i миқдорларини ўзгарувчан деб қабул қилиб, шулар учун тенглама тузмоқчимиз. Бошқа субстратлар катталиги, энергетик фонди, репрессорлар концентрацияси каби факторлар тенгламаларга параметр сифатида киритилади. Энди хужайра регуляцияси тенгламаларига ўтишимиз мумкин.

Рибосомаларда синтез қилинган ферментлар миқдори и-РНК миқдорига, метаболит ва синтезланаётган оксил миқдорига боғлиқ, яъни оксил синтези тезлигининг умумий ифодасини $f_i(X_i, Y_i, M_i)$ кўринишида ёзиш мумкин. Лекин i номерли оксил синтезланиши билан бир вақтда у парчаланиб ҳам туради. Парчаланиш тезлигини умумий ҳолда $g_i(Y_i, M_i)$ орқали белгилаймиз. Демак,

$$\frac{dy_i}{dt} = f_i(X_i, Y_i, M_i) - g_i(Y_i, M_i).$$

(2.1)

Кўйилган мақсадни қониқтирувчи модел учун $f_i(X_i, Y_i, M_i)$ функция чизиқли, яъни $f_i(X_i, Y_i, M_i) = \alpha_i X_i$, $g_i(Y_i, M_i)$ доимий, яъни $g_i(Y_i, M_i) = \beta_i$ деб олинади. Бу ҳолда:

$$\frac{dY_i}{dt} = \alpha_i X_i - \beta_i.$$

(2.2)

Демак, энг оддий ҳол учун қабул қилинган $\alpha_i X_i$ ифода оксил синтези тезлигини ифодалайди. Бу ерда α_i кўп параметрларга боғлиқ бўлган мураккаб коэффициентдир. Жумладан оксил учун хом ашё ролини ўйнайдиган активлашган аминокислоталар миқдори α_i ни аниқлашда муҳимдир.

Келтирилган модел китобхонга ҳаддан ташқари оддий бўлиб кўриниши мумкин. Лекин бу ерда энг асосий бошқарувчи омил и-РНКлар миқдори асос қилиб олинган. Агар бундай модел ҳақиқий жараёнларни ифодалай олмаса, уни бошқа факторлар ҳисобига мураккаблаштириш мумкин, албатта. Бу келажак ёш авлодлар учун қизиқарли мавзу бўлиши мумкин.

Умумий ҳолда и-РНК учун тенглама

$$\frac{dX_i}{dt} = \varphi_i(X_i, Y_i, M_i) - \psi_i(X_i, Y_i, M_i)$$

(2.3)

шаклида ёзилиши мумкин. Бу ерда φ_i – и-РНК синтези, ψ_i эса унинг парчаланиб кетиш тезлигини кўрсатади. Бу функциялар конкрет ифодасини тузишда шуни ҳисобга олиш керакки, метаболит M_i ДНК молекуласига таъсир этиб, унинг синтетик фаоллигини ўзгартиради.

Маълумки, и-РНК синтези фақат ДНКнинг маълум матрицалари - T_i да ҳосил бўлади. Лекин синтез даврида шу матрицага репрессор R_i ва қаралаётган и-РНК синтездан аввалроқ таъсир қилиб улгурган нуклеотидлар A_i (уларнинг ўртача миқдори) реакцияларини ҳисобга олишга тўғри келади.

Матрица T_i билан репрессор R_i орасидаги реакция бундай ёзилади:

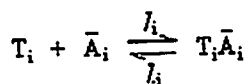
$$T_i + R_i \frac{k_i}{k_{-i}} T_i R_i$$

Агар бундан концентрацияларга ўтилса,

$$\frac{[T_i R_i]}{[T_i][R_i]} = \frac{K_i}{K_{-i}} = K_i. \quad (2.4)$$

K_i - мувозанатлик доимийси.

Матрица T_i билан \bar{A}_i орасидаги реакция:



ва бундан мувозанат ҳолат учун:

$$\frac{[T_i \bar{A}_i]}{[T_i][\bar{A}_i]} = \frac{l_i}{L_i} = L_i. \quad (2.5)$$

Энди матрицанинг тўла концентрациясини ёзиб чиқайлик:

$$[T_i]_0 = [T_i] + [T_i \bar{A}_i] + [T_i R_i] \quad (2.6)$$

Агар (6.4) ва (6.5)ларни ҳисобга олсак,

$$[T_i]_0 = \frac{[T_i \bar{A}_i]}{L_i [\bar{A}_i]} + [T_i \bar{A}_i] + \frac{k_i [R_i] [T_i \bar{A}_i]}{L_i [\bar{A}_i]} \quad (2.7)$$

Бу тенгламани $[T_i \bar{A}_i]$ га нисбатан ечамиз:

$$[T_i \bar{A}_i] = \frac{L_i [\bar{A}_i] [T_i]_0}{1 + L_i [\bar{A}_i] + k_i [R_i]}. \quad (2.8)$$

Б.Гудвин и-РНК синтези тезлигини $[T, \bar{A}_i]$ га мутаносиб деб олади, яъни

$$\varphi_i(X_i, M_i) = \frac{k_i' L_i [A_i] [T]_b}{1 + L_i [\bar{A}_i] + k_i [R_i]} \quad (2.9)$$

Умуман, мутаносиблик коэффициенти X_i га боғлиқдир. Лекин Б. Гудвин и-РНК ўз синтезига таъсир қилмайди деб қабул қилади ва шунинг учун k_i доимий сон деб олинади.

Агар

$$\left. \begin{aligned} a_i &= k_i' L_i [\bar{A}_i] [T]_b \\ B_i &= 1 + L_i [\bar{A}_i] \end{aligned} \right\} \quad (2.10)$$

деб белгиланса,

$$\varphi_i(X_i, M_i) = \frac{a_i}{B_i + k_i [R_i]} \quad (2.11)$$

бўлади.

$\psi_i(X_i, Y_i, M_i)$ функциясига келсак, (и-РНК парчаланиш тезлиги), Y доимий сонга тенг деб олинади, яъни $\psi_i = b_i$.

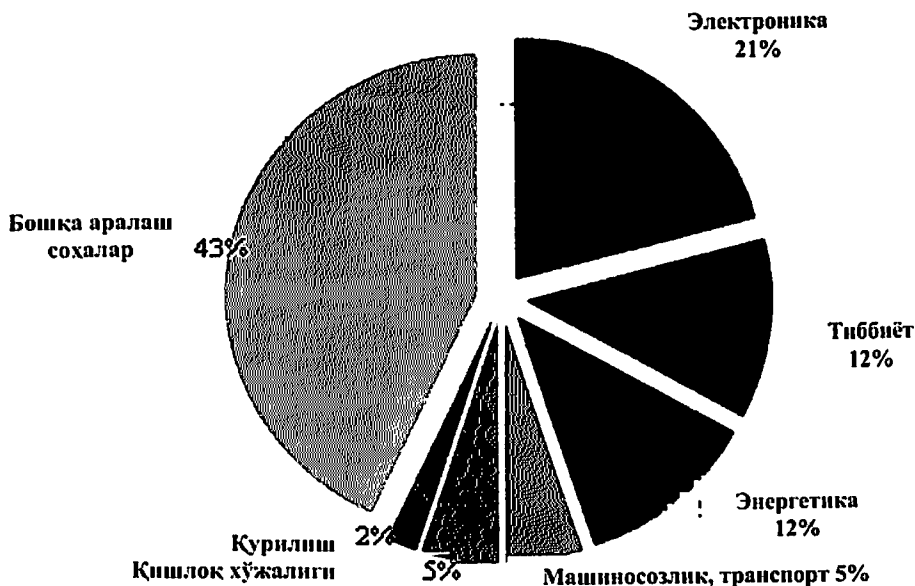
Шунинг учун:

$$\frac{dX_i}{dt} = \frac{a_i}{B_i + k_i [R_i]} - b_i \quad (2.12)$$

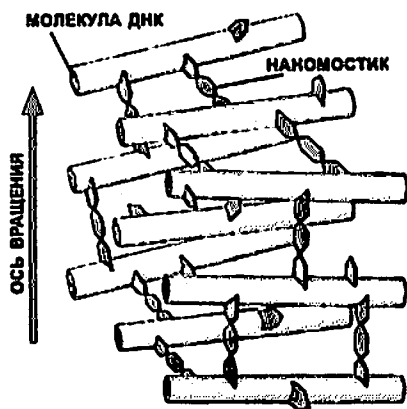
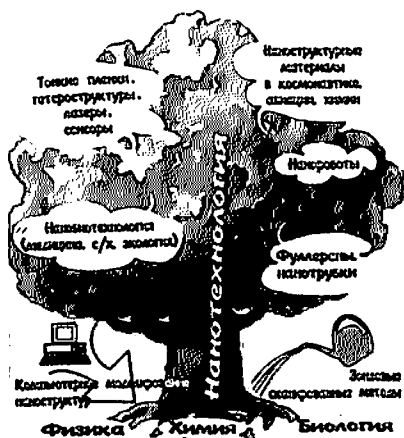
Энди метаболитнинг репрессорлик «фаолияти» нимадан бошланишини кўриб чикайлик. Маълумки ҳар қандай метаболит узундан-узун реакциялар занжирининг якунловчи маҳсулотидир. У ҳосил бўлганидан кейин ҳужайрадаги қандайдир бир метаболит «қозонга» куйилиб туради ва бу ерда метаболит фондни ташкил қилади.

Агар метаболит кўпайиб «қозон» четидан оқа бошласагина ДНКга етиб бориб, тегишли и-РНК синтезини камайтира бошлайди, яъни репрессияга ўтади. Демак, M_i метаболит репрессияни бошлаши учун, унинг миқдори бирор S_i сондан катта бўлиши керак (S_i га қозон ҳажми деб ҳам қараш мумкин). Агар M_i метаболитнинг репрессорлик қиладиган қисмини K_i деб белгиласак, у ҳолда:

ИЛОВА

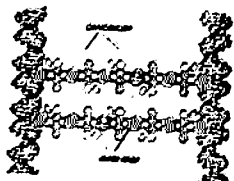


3.2-расм. Нанотехнологияларнинг қўлланиш сохаси.



3.21-расм. ДНК молекулари орасидаги нано кўприкчалар.

3.3-расм. Нанотехнология даракти.



3.22-расм. Иккита ёнма-ён турган ДНК молекулалари ўртасида тизилиб оладиган дауномицин ва мис кўприкчалар суюқ кристалл дисперсия заррачаларини улайди.



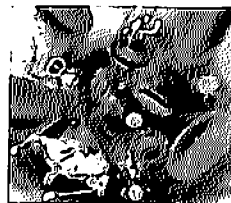
3.23-расм. Антрациклинлар.



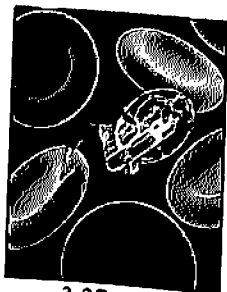
3.24-расм.



3.25-расм.



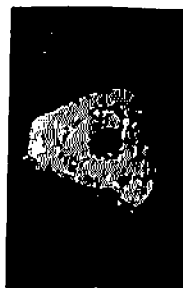
3.26-расм.



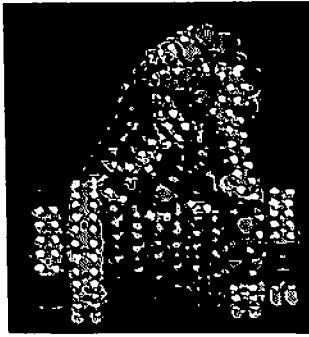
3.27-расм.
Қон тизимида
наноробот.



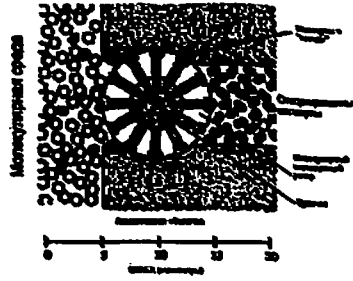
3. 28-расм.



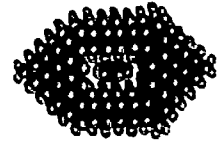
3. 29-расм.
Дорингг керакли
жойга етказилиши.



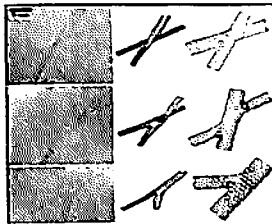
3.30-расм. «Иккиланган трипод» базисидаги наноробот-манипулятор модели.



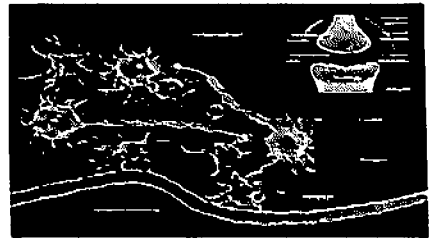
3.31-расм. Пропеллесимон молекула (Research Division Zurich Research Laboratory).



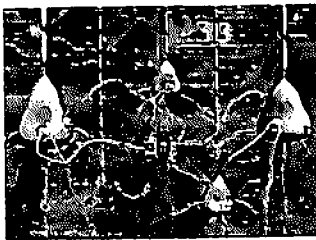
3.32-расм. Молекулалар автоматик атом сепаратори схемаси.



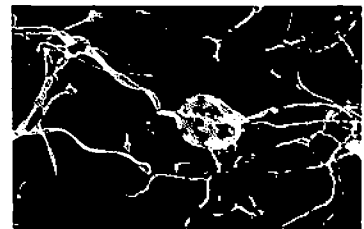
3.33-расм. Нанотрубкалардан тузилган нейротармоқ (модель).



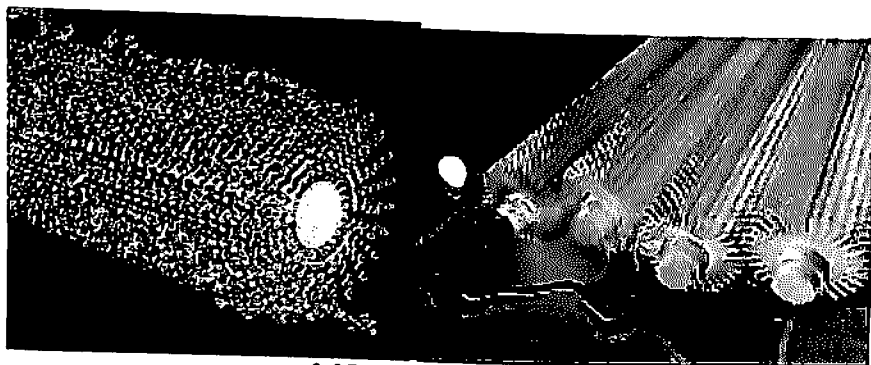
3.34-расм. Нейронлар тармоғи.



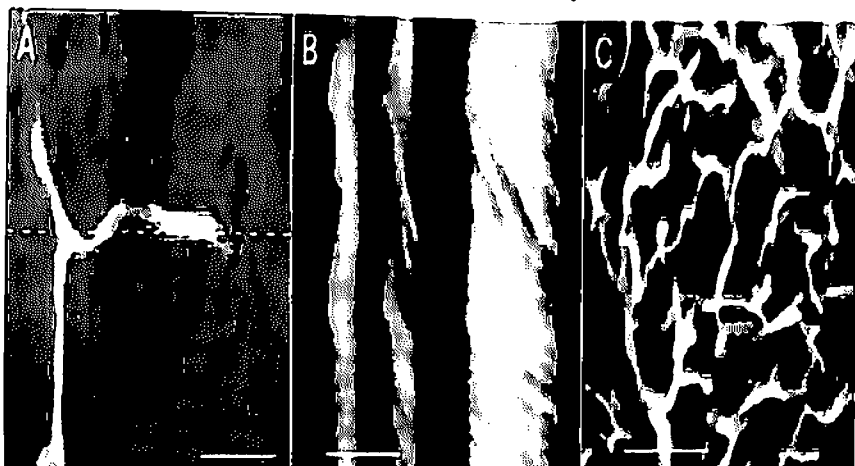
3.35-расм. Инсон мясига имплантация қилинган механик нано-компьютерлар фикрлаш жараёнлари тезлигини анча ошириш имконини беради.



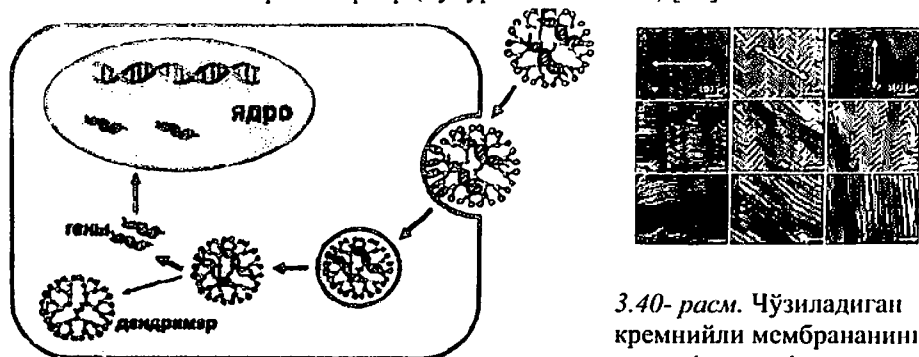
3.36-расм. Нейронлар фаолиятининг нанокучайтиргичлари.



3.37-расм. Нанотолалар.

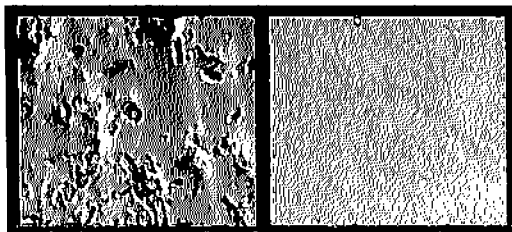


3.38-расм Сичкон териси сувда эрийдиган нукталари визуаллаштирилган микромирлар (чукурлиги 100 мкм) [44].



3.40- расм. Чўзиладиган кремнийли мембрананинг микрофотографияси.

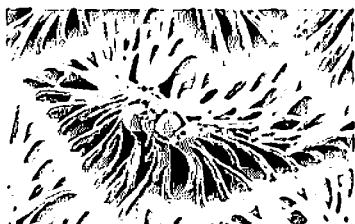
3.39 - расм. Дендримерлар ген ташувчилар сифатида.



3.41-расм. Тиш юзаси нанопаста билан силликландан олдин (а) ва кейини (б).



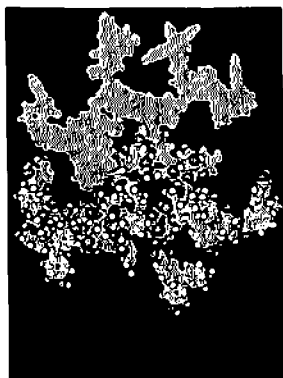
3.42-расм. Пайпаслагич тукчалар.



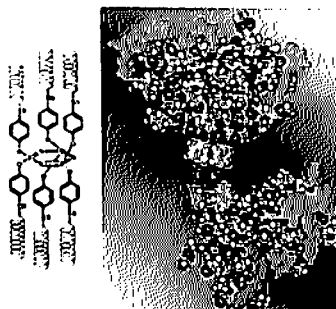
3.43-расм. Нанопайпаслагичларнинг кластер ҳосил қилиши.



3.44- расм.Динамик соч турмақлари (ёки косметик нанороботлар).



3.45-расм. Биомиметик Наноматериаллар.



Турли фрагментларни иммобилизация қилувчи синтетик шаблон.

3.46-расм. Биомиметик Наноматериаллар.

келиб чиқади. Бу тенгламани ҳам (2.13) шаклига келтириш мумкин.

Энди метаболит учун регуляция тенгламасини ёзайлик. Агар энг оддий кинетик схема қабул қилинса:

$$\frac{dM_i}{dt} = r_i Y_i - S_i M_i \quad (2.19)$$

Бу ерда r_i ҳосил бўлиш ва S_i - парчаланиш доимийларидир.

Y_i ва M_i ўзгартириш тезликлари фарқи жуда катта бўлганидан, стационар ҳолатда деб ҳисобланади:

ва шунинг учун:

$$r_i Y_i = S_i M_i \quad (2.20)$$

Бу ердан

$$M_i = \frac{r_i Y_i}{S_i}$$

Буни (6.13) га қўйилса:

$$\frac{dX_i}{dt} = \frac{a_i}{A_i + K_i Y_i} - b_i \quad (2.21)$$

тенгламага келамиз. Бу ерда

$$K_i = \frac{M_i r_i}{S_i} \quad \text{ва} \quad A_i = B_i - M_i S_i$$

Демак, ҳужайрадаги оксил синтези динамикасини

$$\left. \begin{aligned} \frac{dX_i}{dt} &= \frac{a_i}{A_i + K_i Y_i} - b_i \\ \frac{dY_i}{dt} &= \alpha_i X_i - \beta_i \end{aligned} \right\} \quad (2.22)$$

қўринишдаги икки тенгламали система ифодалар экан. Бу тенгламаларни битта тенгламага келтириб

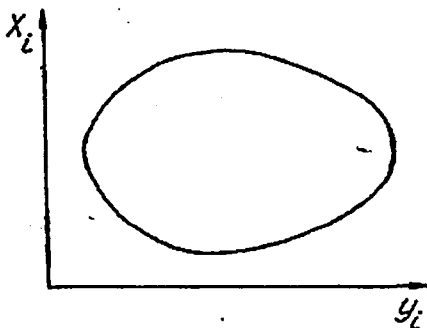
$$\alpha_i X_i - \beta_i \frac{dX_i}{dt} + \left(b_i - \frac{a_i}{A_i + K_i Y_i} \right) \frac{dY_i}{dt} = 0 \quad (2.23)$$

кейин интеграллаймиз:

$$\alpha_i \frac{X_i^2}{2} - \beta_i X_i + b_i Y_i - \frac{a_i}{K_i} \log(A + K_i Y_i) \equiv G_i(X_i, Y_i) = const$$

Бу тенглама x_i, y_i фазосида ёпиқ чизикни беради, демак хужайрадаги жараён тебранма жараёндир (2.5-расм).

Биз Б. Гудвин танлаб олган тенгламаларни ечиш усулига ўқувчилар диққатини жалб қилмоқчимиз. Бу ерда ҳамма гап $G_i(x_i, y_i)$ функциясини аниқлаш ва жараён траекториясини қуриш устида бормоқда. Масаллага бундай ёндашиш умумий ҳолда бир қанча қийинчиликларга олиб келадики, биз қуйида бу муаммога махсус тўхтаб ўтамиз.

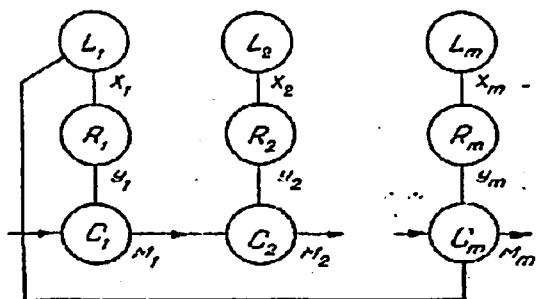


2.5-расм. Оксил синтези моделининг тебранма фаолияти.

Шундай қилиб, моделлаштириш масаласини оддий мисолда - битта блокдан иборат система учун кўриб чиқдик. Агар бошқариш занжири таркиби мураккаб бўлса-чи?

Умумий ҳолда бир эмас n -та локус олиш ва улар орасидаги муносабатларни кўриб чиқишга тўғри келади.

Биринчи ҳолда локуслар бир-бири билан боғланмаган бўлиши мумкин (2.6-расм). Бу метаболик занжирда охириги маҳсулот M_m ферменти бўлиб, у L_m локусга таъсир қилади. Бу ерда Y_1 ферменти концентрацияси ҳамма жараёни белгилаб беради ва Y_1 охириги метаболик фондини (M_m миқдорини) аниқловчи факторга айланади.



2.6-расм. Мустақил локусли оқсиллар синтези регуляцияси.

Жараён кибернетикаси ҳақида юқорида келтирилган мулоҳазалар ҳисобга олинса,

$$\frac{dM_1}{dt} = C_1 Y_1 - \frac{K_2 Y_2 M_1}{K_2 + M_1} \quad (2.24)$$

деб ёзиш мумкин. Бу ерда $C_1 V_1$ концентрацияси Y_1 га тенг ферментнинг ва иккинчи ҳад - V_2 ферментнинг M_1 метаболит синтези тезлигига таъсири (K_2 - реакция доимийси, K_2 - тезлик доимийси).

Худди (2.24) каби

$$\frac{dM_2}{dt} = \frac{K_2 Y_2 M_1}{K_2 + M_1} - \frac{K_3 Y_3 M_2}{K_3 + M_2} \quad (2.25)$$

учинчи ва кейинги тенгламалар (2.25) даги индекслар алмашиши билан ёзиб чиқилади:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dM_{n-1}}{dt} &= \frac{K_{n-1} Y_{n-1} M_{n-2}}{K_{n-1} + M_{n-2}} - \frac{K_n Y_n M_{n-1}}{K_n + M_{n-1}} \\ \frac{dM_n}{dt} &= \frac{K_n Y_n M_{n-1}}{K_n + M_{n-1}} - C_n M_n \end{aligned} \right\} \quad (2.26)$$

Бу ерда $C_n M_n$ ҳад M_n нинг метаболит фондидан чиқиб кетиш тезлигидир.

Агар стационар ҳолга ўтиб ($\frac{dM_i}{dt}$ ларнинг ҳаммаси нолга тенг) (2.25), (2.24) ва (2.26)лар йиғиндиси олинса:

$$C_1 Y_1 - C_m M_m = 0, \quad M_m = \frac{C_1 Y_1}{C_m} \quad (2.27)$$

келиб чиқади. Лекин жараённинг айрим босқичларидан Мнинг бир қисми реакцияга кирмай қолиши мумкин. Бу ҳисобга олинса (2.27) ўрнига

$$M_m = \frac{C_1 Y_1 - d}{C_m}, \quad d = \sum_{i=1}^m d_i \quad (2.28)$$

ёзишга тўғри келади. d_i - $i=1$ босқичда йўқотилган метаболит миқдори.

Шундай қилиб, 2.6-расмда кўрсатилган система учун тенгламалар

$$\left. \begin{aligned} \frac{dX_1}{dt} &= \frac{a_1}{B_1 + m_1(M_m - S_m)} - b_1 \\ \frac{dY_1}{dt} &= \alpha_1 X_1 - \beta_1 \end{aligned} \right\} \quad (2.29)$$

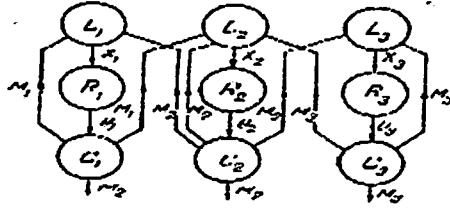
шаклига келади. Биринчи тенгламада M_m ўрнига (2.28) даги ифода олинса,

$$\frac{dX_1}{dt} = \frac{a_1}{A_1 + K_1 Y_1} - b_1 \quad (2.30)$$

кўринишга келади. Бу ерда,

$$\left. \begin{aligned} A_1 &= B_1 - m_1 \left(\frac{d}{C_m} - S_m \right) \\ K_1 &= \frac{m_1 c_1}{c_m} \end{aligned} \right\} \quad (2.31)$$

Биз юқорида локуслар орасидаги боғланиш заиф бўлган ҳолни кўрдик. Муस्ताҳкам боғланишли система 2.7-расмда кўрсатилган.



2.7-расм. Мустаҳкам боғланган оқсил системаси.

Илгари келтирилган «Стационар ҳолат» усулини қўллаб, бу система учун

$$\left. \begin{aligned} \frac{dX_1}{dt} &= \frac{a_1}{A_1 + K_{11}Y_1 + K_{12}Y_2} - b_1 \\ \frac{dX_2}{dt} &= \frac{a_2}{A_2 + K_{21}Y_1 + K_{22}Y_2} - b_2 \\ \frac{dY_1}{dt} &= \alpha_1 X_1 - \beta_1 \\ \frac{dY_2}{dt} &= \alpha_2 X_2 - \beta_2 \end{aligned} \right\} \quad (2.32)$$

тенгламаларни ёзиш мумкин. Масала ечишнинг кейинги амаллари Б. Гудвин танлаган усулга боғлиқ.

Стационар ҳолатда (X_i, Y_i) қийматларини (p_1, q_1) ва (p_2, q_2) орқали белгиласак, (2.32) дан:

$$\left. \begin{aligned} \frac{a_1}{A_1 + K_{11}Y_1 + K_{12}Y_2} &= b_1 \\ \frac{a_2}{A_2 + K_{21}Y_1 + K_{22}Y_2} &= b_2 \\ \alpha_1 p_1 &= \beta_1 \\ \alpha_2 p_2 &= \beta_2 \end{aligned} \right\} \quad (2.33)$$

Энди

$$\left. \begin{aligned} Q_1 &= A_1 + K_{11}q_1 + K_{12}q_2 \\ Q_2 &= A_2 + K_{21}q_1 + K_{22}q_2 \end{aligned} \right\} \quad (2.34)$$

белгилаб ва қуйидаги чизиқли ўзгартиришлар киритамиз:

$$\left. \begin{aligned} X_1 &= X_1 - P_1 \\ X_2 &= X_2 - P_2 \\ \gamma_1 + Y_1 &= \frac{\gamma_1}{Q_1} (A_1 + K_{11}Y_1 + K_{12}Y_2) \\ \gamma_2 + Y_2 &= \frac{\gamma_2}{Q_2} (A_2 + K_{21}Y_1 + K_{22}Y_2) \end{aligned} \right\} \quad (2.35)$$

Тегишли ўзгартиришлардан кейин:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dX_1}{dt} &= b_1 \left(\frac{\gamma_1}{\gamma_1 + Y_1} - 1 \right) \\ \frac{dX_2}{dt} &= b_2 \left(\frac{\gamma_2}{\gamma_2 + Y_2} - 1 \right) \\ \frac{dY_1}{dt} &= \frac{\gamma_1}{Q_1} (K_{11}\alpha_1 X_1 + K_{12}\alpha_2 X_2) \\ \frac{dY_2}{dt} &= \frac{\gamma_2}{Q_2} (K_{21}\alpha_1 X_1 + K_{22}\alpha_2 X_2) \end{aligned} \right\} \quad (2.36)$$

Масаланинг нозик томони шундаки, (2.36) жараён траекториясига ўтиш учун

$$\frac{\gamma_1 K_{12} \alpha_2}{Q_1} = \frac{\gamma_2 K_{21} \alpha_1}{Q_2} \quad (2.37)$$

деб олишга тўғри келади ва бу K_{12} , K_{21} коэффициентлар устига қўшимча, фақат математика талабига кўра олинган шарт қўяди.

Агар (6.37) шарт бажарилса,

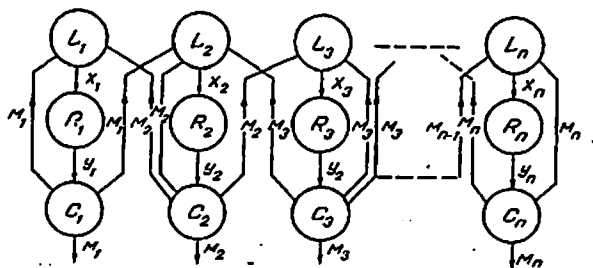
$$\begin{aligned} G(X_1, X_2, Y_1, Y_2) &= K_{11} K_{21} \alpha_1^2 \frac{X_1^2}{2} + K_{12} K_{21} \alpha_1 \alpha_2 X_1 X_2 + K_{22} K_{11} \alpha_2^2 \frac{X_2^2}{2} + \\ &+ b_1 \left[Y_1 - \gamma_1 \log \left(1 + \frac{Y_1}{\gamma_1} \right) \right] + b_2 \left[Y_2 - \gamma_2 \log \left(1 + \frac{Y_2}{\gamma_2} \right) \right] \end{aligned} \quad (2.38)$$

интеграл куриш мумкин ва (2.36) система G нинг хусусий ҳосиласидир:

$$\left. \begin{aligned} \dot{X}_1 &= -\frac{\partial G}{\partial Y_1}, & Y_1 &= \frac{\partial G}{\partial X_1} \\ \dot{X}_2 &= -\frac{\partial G}{\partial Y_2}, & Y_2 &= \frac{\partial G}{\partial X_2} \end{aligned} \right\} \quad (2.39)$$

(2.38) интегралда қўшимча X_1, X_2 ҳад кирганига ўқувчилар диққат қилишларини истардик.

Худди шунга ўхшаш натижаларни 2.8-расмда кўрсатилган мураккаб системалар учун ҳам шу тарзда ёзиб чиқса бўлади.



2.8-расм. Мураккаб оксил системаси.

Келтирилган моделлар ёрдамида хужайрадаги мураккаб жараёнларни тўла талқин қилиб бўлмаслигини Б. Гудвиннинг ўзи ҳам таъкидлаб ўтган эди.

Б. Гудвин моделлари жуда содда ва хужайрадаги мураккаб жараёнларни батафсил ёзиб беролмайди. Ниҳоят хужайрада жараёнлар аниқ ўтмайди, уларни тўла изоҳлаш учун эхтимоллар назарияси, математик статистика усулларини қўллашга тўғри келади. Бу ва бошқа муаммолар ёш олимларимиз учун жуда қизиқарли мавзуга айланиб қолади деб умид қиламиз.

Оқоридаги моделларда хужайра геноми (генлар тўплами) ўзаро функционал боғланган оперонлар

$$O_1, O_2, \dots, O_n$$

гуруҳидан тузилган ва репрессорлар синтезида ҳар бир оперон қатнашади деб қабул қилинган.

Оксил синтези регуляцияси тенгламаларини умумий кўринишда қуйидагича ёзиш мумкин:

$$\frac{dX_i(t)}{dt} = \frac{a_i}{1 + \sum_{j=1}^n K_{ij} R_j(t)} - b_i X_i(t)$$

$$\frac{dY_i(t)}{dt} = g_i X_i(t) - h_i Y_i(t)$$

$$\frac{dR_i(t)}{dt} = g_i' Y_i(t) - h_i' R_i(t)$$

бу ерда $X_i(t), Y_i(t), R_i(t)$ - O_i оперонига тегишли информатсион РНК, фермент-оксил ва регулятор-оксил-репрессорлар-нинг t -вақтдаги концентрацияси; $a_i, b_i, g_i, g_i', h_i, h_i'$ - жуда мураккаб мазмунга эга бўлган мусбат қийматли параметрлар; K_{ij} ни одатда O_i опероннинг ген-оператори билан унга мос репрессор орасидаги реакция коэффициентлари деб атайдилар.

Юқорида келтирилган тенгламалар системасида асосий бўлган биринчи тенглама информатсион РНК синтези ва парчаланиш жараёнини акс эттиради. Информатсион РНК синтезини акс эттирувчи тенглама опероннинг ген-оператори ва репрессор молекулалари орасидаги кинетик реакцияни текшириш асосида Б. Гудвин томонидан ишлаб чиқилган эди.

Бу жараёни математик нуқтаи назаридан текширган Ж. Смит ва бошқалар ҳам шу кўринишдаги тенгламаларга келдилар.

Хужайрада оксил концентрациялари ўзгаришини акс эттирувчи иккинчи тенгламада фермент оксиллари синтезининг тезлиги улар тузилиши тўғрисидаги информатсияни мужассамлаштирган информатсион РНК концентрациясига тўғри пропорционал деб қабул қилинган.

Регулятор оксил-репрессорлар концентрациясининг ўзгариши охириги тенгламада акс эттирилган. Бу тенгламаларда кўрилатган моддаларнинг парчаланиш жараёни экспотенциал қонунга бўйсунгани деб қабул қилинган.

Кўрилатган тенгламалар системаси, чизикли бўлмаган система (биринчи тенглама чизикли эмас) ва унинг аналитик ечимини топиш мумкин эмас. Шунинг учун бу тенгламаларни хужайрада бўладиган жараёнларни акс эттиришда ишлатишда ҳозирги замон ҳисоблаш машиналари қўлланилди. Бу борада эришилган яхши натижалар Жакоб ва Моно назариясига асосланган хужайра

функционал фаолияти жараёнларни ҳам акс эттириш учун қўллашга олиб келди.

Аммо баъзи олимлар (А.А. Нейфах, И.Б. Збарский, Э. Дэвидсон ва бошқалар) фикрича оперон назариясини бевосита юксак организм ҳужайралари учун қўллаш унчалик тўғри эмас.

Юксак организмларнинг бактериялардан асосий фарқи уларда генлар сонининг кўплигидир; бактерияда умумий генлар сони 1-2 мингдан ошмайди, юксак организмларда эса 10^4 - 10^6 дан кўпроқ. Бундан ташқари бактерияларда генлар структура ва функционал комплекслар - оперонларга бирлашган бўлса, олий организмларда генлар фаолияти нисбатан мустақил бўлади. Шунинг учун юксак организм ҳужайраларида ядрога нисбатан ташқи факторларнинг синтетик жараёнларга таъсирини оперон назарияси асосида тушунтиришга уриниш кўп қийинчиликлар туғдиради. Масалан, оперон назарияси нуқтаи назаридан юксак организм ҳужайралари маълум бир ташқи таъсирга бир хил жавоб бериши керак. Бу эса фанга маълум фактларга зиддир.

Демак, юксак организм ҳужайраларида ташқи таъсир ҳамма геномга эмас, фақат актив фаолиятга қодир генлар тўпламига таъсир қилади. Геномнинг бошқа қисми эса конкрет ҳужайрада тахминан 80-90 % махсус оқсиллар билан бекитилиб қўйилган бўлади ва ҳужайра фаолиятида иштирок этмайди.

Фаолиятга қодир генлар тўплами, функционал генлар учун оперон назариясини қўллаш мумкин.

Шундай қилиб, юксак организм ҳужайралари геноми махсус оперонлардан ташкил топган бўлиб, уларнинг жуда катта қисми ёпиқ бўлади ва оқсил синтезида қатнашмайди деб фараз қилиш мумкин.

Юқорида келтирилган нуқтаи назар оқсил синтези регуляцияси тенгламалари олий организм ҳужайралари геномининг фақат функционал оперонларига нисбатан ўринли эканини кўрсатади.

Ҳужайра биосинтези жараёнини биринчи тенгламалар системаси билан акс эттиришдаги асосий масала унинг ечимларини текширишдан келиб тебраниш хусусиятига эга бўлиши керак. Оқсил синтези тенгламалар системасини чуқур таҳлил қилган Б. Гудвин, шундай системалар вақт бўйича кечикиш звеноларини ҳисобга оладиган функционал тенгламалар билан акс эттирилиши керак деб топди. Битта оперон фаолияти учун оқсил синтези

тенгламаларини текширган Ж. Смит, С.В. Фомин ва Ю. Беркинблит ҳам шундай хулосага келдилар.

Бундан ташқари охириги йилларда ўтказилган тажрибаларнинг кўрсатишига оксил синтези регуляцияси занжирида мавжуд бўлган ўзаро вақт муносабатлари генлар активлиги регуляциясига жуда катта таъсир кўрсатади. Збарский ўтказган тажрибалар, асосий вазифаси ядро-цитоплазма муносабатларини регуляция қилиш бўлган, ядро қобиғида кучли энергетик комплекс мавжудлигини кўрсатди. Шундай қилиб, ядро қобиғи энергетикаси ядро-цитоплазма муносабатлари регуляциясига таъсир қилиш орқали оксил синтезидаги ўзаро вақт муносабатларига катта таъсир қилиши мумкин.

Бу илмий текширишлар хужайра оксил синтези жараёнини математик модел орқали акс эттиришда геномдаги функционал генларни ва ўзаро вақт муносабатларни ҳисобга олишни талаб қилади.

Шундай қилиб, биз хужайрада бошқариш жараёнларига оид Б. Гудвин тузган моделларга тўхтаб ўтдик. Лекин хужайра ҳамма вақт ташқи муҳит билан қандайдир муносабатларда бўлади. хужайра билан ташқи муҳит ўртасида модда ва энергия алмашиши хужайра мембранаси орқали амалга ошади. Мембрана нима ўзи? Унинг кўриниши қанақа? У қандай тузилган? Юқорида ёзганимиздай, хужайранинг юпқа девори-мембрана 70-100 ангстрем (ангстрем - сантиметрнинг юз миллиондан бир қисми эканлиги эътиборга олинсин) қалинликда ва уч қатламли тузилмадир. Унинг ўрта қатламида ёғлар, остки қатламида эса оксил моддалар бўлиб, улар мужассам функционал комплексни ташкил этади.

Мембраналар хужайрани ташқи муҳитдан ҳимоя қиладиган девордир. Лекин бу «девор» хужайра ичидаги модда таркибини хатосиз «сезиб» унинг ичига керакли моддаларни киритади ва бошқаларини ушлаб қолади. Бу ақл бовар қилмайдиган ҳодисанинг молекуляр ва физик-химик механизми жуда ҳам мураккабдир.

Мембрана «иши»нинг оддий моделларидан бири 1.9-расмда кўрсатилган.

Биз бу ерда уч гуруҳ параметрларни кўрамиз. Биринчидан, бу ташқи муҳит параметрлари:

$$\vec{Q}(\gamma_1(t), \gamma_2(t), \dots, \gamma_k(t))$$

Буларга хужайра атрофидаги муҳит моддалари концентрацияси P_i ни киритиш мумкин. Албатта, бу параметрлар вақт ўтиши билан ўзгариб боради.

Иккинчидан, мембрана хусусиятларига боғлиқ параметрлар:

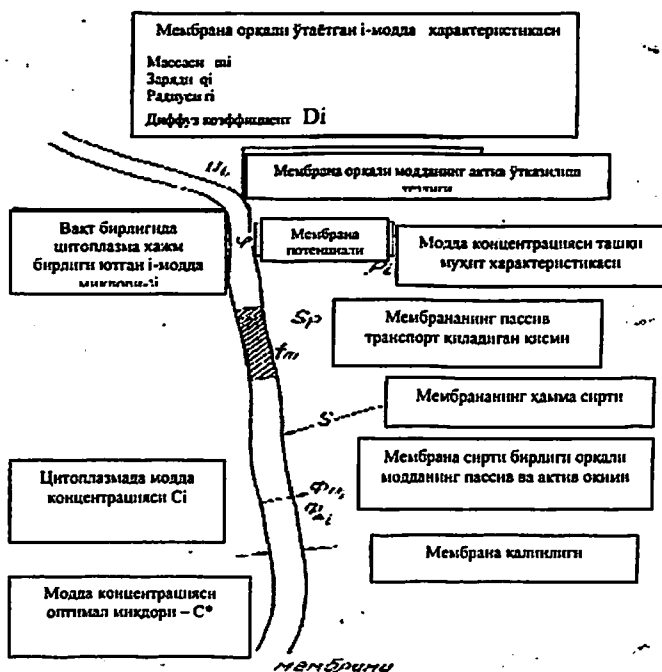
$$\bar{F}(X_1(t), X_2(t), \dots, X_m(t))$$

Масалан: ϕ -мембрана потенциали; U_i - мембрана орқали i -модданинг актив ўтказилиш тезлиги ($U_i > 0$ бўлса модда хужайрага, $U_i < 0$ бўлганда эса хужайрадан ташқарига ўтади).

$P = \frac{S_p}{S}$ мембрана сирти пассив ўтказувчи қисмини ҳамма сиртига нисбатан.

Ниҳоят учинчи гуруҳ, бу цитоплазмадаги моддалар хоссасини белгиловчи параметрлар:

$$\bar{R}(\psi_1(t), \psi_2(t), \dots, \psi_n(t))$$



2.9-расм. Мембрананинг оддий модели

Бу параметрлар цитоплазмадаги модда концентрацияси C орқали ифодаланиши мумкин.

Хужайра ўз ҳолатини бирор оптимал даражада ушлаб туришга «мажбур». Бу ҳолда хужайра ўсиши билан ўзгариши мумкин. Лекин бу ўзгариш характери табиат томонидан аниқ «программалаштирилган» ва ташқи муҳит ўзгаришидан жуда узоқ алоқада.

Жумладан, хужайра оптимал ҳолатини моддалар оптимал концентрацияси (C^*) орқали ифодаласак, унда

$$\bar{R}(\psi_1^*, \psi_2^*, \dots, \psi_n^*)$$

деб ёзишга тўғри келади.

Хужайра оптимал ҳолатини сақлаб қолиш учун энергия манбалари ҳисобига актив ишлайдиган механизмларга эга бўлиш керакки, буни $X_i(t)$ параметрлар орқали ифодалаш мумкин. Бошқаришни амалга ошириш учун албатта «к» сон «п» сонидан катта ($k > n$) бўлиши керак. Агар $k = n$ бўлиб қолса, бирорта бошқариш механизми ишдан чиққан бўлади ва хужайра нобуд бўлади. Юқоридаги расмдан кўринадики, параметрлар орасида

$$\bar{R} = F(\bar{\Phi}, \bar{r})$$

муносабат мавжуд. Вазифа шу муносабатнинг аниқ ифодасини топишга келиб тақалади. Бунинг учун қуйидаги принциплар қабул қилинган.

1. Биосистема, жумладан хужайра, ўз ҳолатини оптимал равишда сақлашга интилади (гомеостазис принципи).

2. Агар хужайра бирор таъсир остида оптимал ҳолатдан чиқарилган бўлса, у шу ҳолатга қандайдир минимал траектория бўйлаб қайтади ва бунда функционал

$$J = \int_{t_0}^t \Phi(\bar{R} - \bar{R}^*) dt$$

минимумга интилади (Φ функция кўриниши ҳам топилиши керак).

3. Шу минимал траекторияни биосистема шундай танлайдики, сарф қилинган энергия минимум бўлади. Энди биз $\bar{R} = F(\bar{\Phi}, \bar{r})$ муносабатлардан баъзи бирини ёзишимиз керак.

Кўрилатган мембрана мисолида биринчи гуруҳ муносабатлар цитоплазмадаги i -модда баланси тенгламасидир (2.7-расмга қаранг):

$$\Phi_n PS + \Phi a(1-P)S + \lambda V = \frac{d}{dt}(C_i V)$$

V - цитоплазма ҳажми. Бу n -та тенглама, $n+2$ номаълумлар - Φ , P ва C ларни боғлайди.

Бу ерда

$$\Phi_n = -\left(D_i \frac{df_n}{dx} + b_i \frac{\varphi}{\delta} f_n\right)$$

f_n - мембрананинг пассив ўтказадиган жойидаги i -модда концентрацияси,

f_{a_i} - мембрана актив ўтказадиган қисмидан i -модда концентрацияси.

Хужайрага ҳамма моддаларни актив транспорт қилиш учун сарфланган қувват:

$$N = (1-P)S\delta \sum_{i=1}^n \frac{f_{a_i}}{m_i} \left[q_{k_i} \frac{\varphi}{\delta} U_i + 6\pi\mu_a (R_i + r_i) U_i^2 \right] + \left[-q_n \frac{\varphi}{\delta} U_i + 6\pi\mu_a R_i U_i^2 \right] \quad (2.40)$$

Бу ерда, q_{k_i} - комплекс заряди, μ_a - мембрана актив зонаси ёпишқоқлиги, R_i - мембрана модда ўтказадиган молекуляр радиуси.

Агар (6.40) тенгламада U_i ларни φ ва P орқали ифодаланса, унда φ ва P бўйича минимум топишга келтирилиши мумкин. Биз буни ҳозир қилолмаймиз, чунки қўлимизда керакли миқдорлар ҳақида етарли маълумотлар йўқ. Лекин табиат бу операцияларни узлуксиз «бажариб» туради.

Биз хужайра жараёнларини моделлаш ҳақида баъзи бир маълумотлар келтирдик. Кўрдикки, хужайра мураккаб динамик система, бунда молекулаларнинг ҳар қандай тури доимо ўзгариб, яъни пайдо бўлиб ва йўқолиб турар экан. Буларнинг ҳаммаси хужайрада синусоидлар ёки тебранма ҳодисалар мавжудлигидан

далолат беради. Бундан ташқари, ҳужайрада ҳам ташкил топиш концентрацияси асосий ўрин олади. Биологик системалар ҳаёти ҳам, фазода организмлар морфологияси ҳам вақт ичида ўтади.

2.3-§. ЭҲМ ВА ҲУЖАЙРА ТУЗИЛИШИ

Кейинги 10-15 йил ичида ҳужайра структурасини текшириш борасида муҳим тадқиқот ишлари олиб борилди ва бу тадқиқотларнинг кўпчилиги Нобел мукофоти билан тақдирланди. ДНК структурасини, лизоцин ферменти, оксил молекулалари таркибини, мускул тўқималаридаги оксил - миоглобин таркибини аниқлаш борасида олиб борилган илмий тадқиқотлар шулар жумласидандир.

Шу билан бирга тирик ҳужайраларни молекуляр текшириш соҳасида ЭҲМларсиз иш олиб бориш мумкин бўлмай қолди.

1966 йилда Венада биофизика соҳасида ўтказилган бутундунё конгрессида баъзи бир биологик микро-молекулаларнинг ЭҲМ ёрдамида тузилган стереоскопик атласи кўрсатилган эди.

ЭҲМда макромолекула учун ҳисоблаб чизилган 2та расм кўрсатилган. Бу расмларда макромолекула ҳар хил йўналишларда тасвирланган, шунингдек атласга фойдаланиш осон бўлиши учун махсус экранли кўзойнак бириктирилган эди.

Маълумки рентген структура анализ нуклеин кислота ва оксиллар конфигурацияси тўғрисида маълумот берувчи асосий усул эди. Лекин макромолекула структураси ҳажмини билмоқчи бўлсак, шу структурани кўп йўналишларда текширишга тўғри келади. Шунинг учун ҳам олимларимиз оксил молекуласи структурасини рентген структура анализсиз, фақат кимёвий формуласига қараб белгилаш ҳақида ўйлай бошладилар. Лекин бу вазифа жуда мураккаб бўлиб чиқди. Бунда танлаш усули қўлланилар, масалан лизоцин молекуласини тузиш учун 10^{129} вариантни кўриб чиқишга тўғри келар эди. Шунинг учун танлаш вариантларини камайтириш ва ҳисоб-китобни автоматлаштириш муҳим вазифага айланиб қолди.

Сўнгги 15 йил ичида бу соҳада муҳим натижалар олинди. Масалан оксил молекуласидаги ҳар бир звено маълум узунликка ва фазовий боғланишларга эгадир. Одатда оксил молекулалари полипептид занжири охиридан синтезлана бошлайди ва спирал конформация ҳосил қилишга мойилдир. Хуллас, оксил молекуласи

умуман олганда минимум энергияга интилади. Ушбу ҳолатларни ЭХМ ёрдамида алгоритмлаштириш ва амалга ошириш мумкин. Натижада машина телевизион экран, яъни дисплейда фараз қилинган молекула моделини чизади. Лекин дисплей фақат икки ўлчовли ясси тасвир бера олгани учун ЭХМ молекулани ўз ўқи атрофида айлантириб, экранга молекуланинг бир қатор проекцияларини чиқариши керак. Бу проекцияларга қараб олим молекуланинг ҳажмий тасвирини кўз олдига келтиради.

Молекуланинг минимал эркин энергияли геометрик ҳажмий моделини тузишда ЭХМ умумий энергияни баҳолайди, натижада олим минимал энергияли молекула структурасини ва уни ўзгартириш йўллари аниқлайди.

Олим молекула геометриясини ўзгартириб ҳисоб жараёнини бошқариб бориши мумкин. Натижада «ЭХМ-одам» текшириш системаси вужудга келади. Бундай система ёрдамида ҳозиргача миоглобин модели тузилган ва бу модел рентген-структура анализ асосида Д. Кендрю тузган моделга мос келган эди.

Хужайра ички структураларини анализ қилишда электрон микроскопда олинган расмлардан фойдаланилади. Бу расмларни ўрганишда ЭХМ қўллаш лозим бўлган структураларни ажратиш ва у ҳақидаги маълумотни сонлар ёрдамида ифодалаш, структуранинг миқдор характеристикасини олиш алгоритмларини тузиш, хужайра структурасининг қайта ташкил топиш динамикасини ўрганиш мумкин бўлади.

Кейинги даврларга одатда тасвирлар фикран солиштирилади.

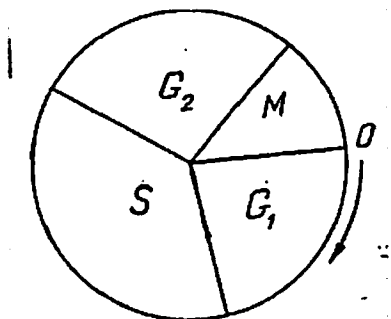
Ҳозиргача гап молекула ва хужайра қисмларини ЭХМ ёрдамида тасвир қилиш ҳақида бораётган эди. Ҳозирги вақтда ЭХМ хужайрада ўтадиган мураккаб жараёнларни моделлаштириб текширишда асосий воситага айланмоқда. Шунинг учун ҳам биз хужайра моделларини тузишга ўқувчилар эътиборини жалб қилишга ҳаракат қилиб кўрдик.

2.4-§. ХУЖАЙРА БЎЛИНИШИ МОДЕЛИ

Кўпайиш ҳар қандай тирик мавжудотнинг асосий хусусияти бўлиб, шу орқали ҳар бир тур яшаб қолади, наслий хусусиятларни сақлайди. Организмнинг барча кўпайиш шакллари асосида хужайранинг бўлиниши ётади. Бу жараён ўсимлик ва ҳайвонларда деярли бир хил қонуниятлар асосида ўтади. Қуйида биз битта

хужайрадан иккита хужайра ҳосил бўлиши жараёнларидан энг кўп учрайдигани хужайранинг митоз йўли билан бўлиниши жараёнини батафсил кўриб чиқмоқчимиз.

Хужайра митоз йўли билан бўлинганда бир қанча босқичлардан ўтади ва булар митотик циклни ташкил қилади (2.10-расмга қаранг).



2.10-расм. Митотик бўлиниш цикли.

G_1 – тайёргарлик даври, S – ДНКни синтез қилиш,
 G_2 – постсинтетик давр, M – митоз даври.

Митотик цикл икки асосий қисмдан: интерфаза G_1 , S , G_2 ва митоздан (M) иборат. Хужайра интерфаза даврида навбатдаги бўлинишга тайёрланади ва айни вақтда ишлаб ҳам туради. Лекин баъзи бир ҳолларда хужайра интерфазага ўтганидан кейин ҳам бўлинишга тайёрланиши тўхтаб қолиши мумкин. Интерфаза уч даврдан иборат. Интерфазанинг биринчи тайёргарлик даврида (G_1) бўлиниши учун керак бўлган оқсиллар ва АТФ тўпланади. Центриола бўлина бошлайди. ДНК ва оқсиллардан тузилган хромосомалар бўлинишга тайёрланади.

Интерфазанинг иккинчи синтетик даврида (S) хромосомалар бўлинади, яъни ДНК миқдори билан хромосомадаги оқсиллар миқдори икки хисса ортади. Бу митотик цикл энг муҳим жараён бўлиб, 6-10 соат давом этади.

Учинчи, постсинтетик даврда (G_2) оқсиллар ишлаб чиқилади ва улар бўлғуси хужайралар учун зарур бўлган қурилмалар тузади (2.10-расм).

ДНКнинг ажойиб хусусиятларидан бири шуки, хужайра бўлинишидан олдин теварак-атроф муҳитдаги бўш турган

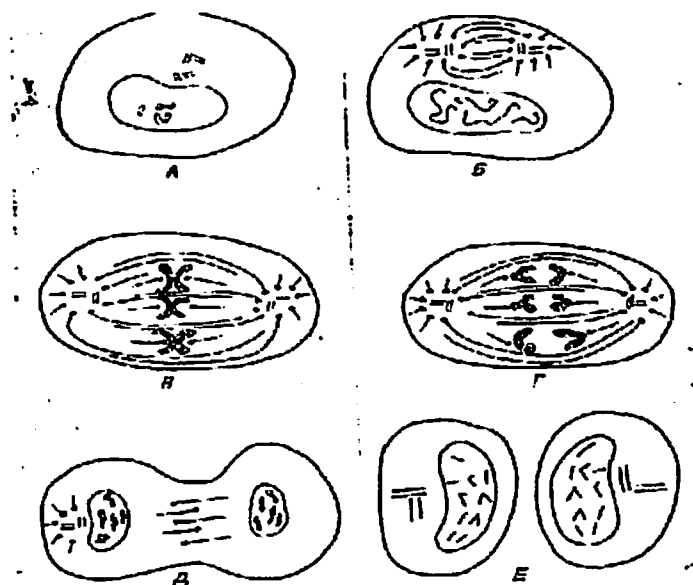
нуклеотидлар ҳисобига ДНК молекулалари сони икки ҳисса ортади ва бир жуфт ўрнига бири иккинчисини айнан такрорлайдиган икки жуфт спирал пайдо бўлади. Бундай жараён редупликация, яъни икки ҳисса ортиш деб аталади.

Редупликация бошланганда ДНК молекулалари полимераза ферменти фаолияти натижасида синтезланади. Табиат насл қолдириш масаласини ҳужайрада шундай «ақлан» ҳал қилган. Бу фермент спиралли узун ДНК молекуласи бир учидан иккинчи учигача гўё чумолидай «ўрмалаб» боради ва орқасидан айрили «дум» - иккита ДНК молекуласини қолдирадики, ҳужайра ирсий хусусиятларини сақлаб, бўлинишга тайёр бўлиб қолади. Митоз фазалардан (2.11-расм) - профазада центриола бўлиниб, қарама-қарши томонларга тарқала бошлайди, центриолалар атрофида цитоплазмадан ахроматин иплари вужудга келади ва центриолалар билан бирга ахроматин дуқини ҳосил қилади.

Центриолалар тарқалиб қарама-қарши қутбларда жойлашади, ўрта текислик эса экваторга айланиб қолади. Ахроматин иплари центриолаларга тортилиб меридианлар бўйича жойлашади ва дукка ўхшаб қолади. Шу вақтда ядро бўрта бошлайди ва спиралланган, яъни қисқариб йўғонлашган хромосомалар калаваси равшан кўриниб қолади. Профаза охирида ядро қобиғи эриб, хромосомалар цитоплазма ичида қолади.

Иккинчи-метафаза даврида аввал тартибсиз жойлашган хромосомалар экваторга силжий бошлайди. Улар экваторда центриолалардан баравар масофада жойлашадилар. Шу пайтда дук ипларининг бир қисми, бир центриоладан иккинчи центриолагача аввалгидай узлуксиз чўзилади, улар таянч ипларини ҳосил қилади, иккинчи қисми эса хромосомаларга келиб ёпишади.

Қисқа паузадан кейин учинчи фаза - анафаза бошланади. Бунда дукнинг тортувчи иплари қисқара бошлаб, центромерлар улар кетидан хромосомаларни турли қутбларга қараб тортади. Хромосомаларнинг тез ҳаракатланишига ёрдам бериш учун анафаза бошида цитоплазмадаги моддаларнинг ёпишқоқлиги камаяди.



2.11-расм. Бўлиниш даврлари.

А – интерфаза I, Б-профаза, В – метафаза, Г –анофаза,
 Д – телофаза, Е – интерфаза II.

Митознинг охириги қисми - телофазада хромосомалар кутбларга яқинлашиб, бир-бирига жипс чирмашади, деспираллашади, бир-биридан ажратиб бўлмайдиган ҳолга келади. Секин-аста цитоплазмадан ядро қобиғи ва ядрочалар ҳосил бўлади.

Анофаза охирида ёки телофаза бошларида цитоплазма бўлина бошлайди ва интерфазадаги ядронинг аввалги тузилиши тикланади.

Ҳайвонлар ҳужайраси ҳалқасимон ингичкалашиб бўлакка ажралади. Ўсимликларда эса цитоплазматик қобиғ вужудга келиб, ҳужайрани қоқ ўртасидан бўлиб ташлайди. Кейинроқ целлюлоза қобик вужудга келади.

Митоз жараёнида ядро хромосомалар билан, цитоплазма эса ахроматин дук билан қатнашади. Ҳужайра бўлинишида ҳужайранинг ҳамма органоидлари зўр бериб хизмат қилади.

Митоз циклида интерфаза билан митоз ўртасида вақт куйидагича бўлинади.

Тўқима хужайралари	Интерфаза-нинг давом этиши (соат)	Митоз-нинг давом этиши (соат)
Сичқон ингичка ичагининг эпителийси	12 - 18	0,5 - 1
Сичқон ўн икки бармоқ ичагининг эпителийси	11	0,5
Бурчок илдизининг хужайралари	25	3

Митоздаги фазаларнинг ўтиш тезлиги ҳам ҳар хил:

Профаза	20-35 дақиқа
Метафаза	6-15 дақиқа
Анофаза	8- 4 дақиқа
Телофаза	10-40 дақиқа

Кейинги вақтларда мамлакатимиз ва чет эл олимлари томонидан хужайра фаолиятининг асосий қонуниятлари ва бошқариш механизмлари тўғрисида бир қанча ишлар қилинди. Бреслер, Нейфах, Колчин ва бошқа олимлар томонидан қилинган ишлар диққатга сазовордир.

Яқинда матбуотда биолог, кимёгар, физик ва тиббиёт олимлари томонидан ҳамкорликда қилинган 8-йиллик илмий иш натижалари эълон қилинди (гуруҳ бошлиғи Бреслер).

Унда бактериялардаги бошқариш назариясини соматик хужайраларга қўллаш танқид қилинган ва хужайралар учун энергетик бошқариш механизми принципи эълон қилинган.

Нейфах ўз ишларида ДНК ва РНК оксил боғланишини ўрганати ва дифференцировка, генерация назарияларини олға суради. Илмий ишлари асосан регенерация ва дифференцировка механизмларининг асосий принципларини ишлаб чиқишга бағишланган.

Колчин ўз илмий ишларида мураккаб органнинг ўсиш ва регенерация жараёнини анализ қилади. Анализ популяциянинг экспотенциал ўсув назариясига асосланган.

Бу метод унча яхши натижалар бермаслигини бир неча олимлар (Романов, Прилуцкий, ва бошқалар) ўз ишларида таъкидлаб ўтдилар.

Кейинги вақтларда хужайра бўлиниши эҳтимоллик назарияси орқали таҳлил қилинмоқда (Прилуцкий, Романов ва бошқалар). Лекин юқорида келтирилган барча моддалар хужайра фаолиятининг кимёвий регуляциясига унчалик аҳамият берилмайди.

ДНКнинг генетик тузилишини ва актив ферментларнинг индукция системасининг очилиши хужайралар фаолиятини характерлаш учун математик усуллар қўллашга имкон беради.

Генларнинг бошқарув механизмини тушунишда Жакоб ва Моно (1961) катта қадам қўйдилар. Бактериялар генетик фондини бир неча генлар гуруҳига бўлиб, ҳар бир гуруҳ ген-оператор ва структура гендан иборат битта оперон деб қабул қилдилар. Шунда хужайрада модда алмашиш жараёнини бошқариш оперонларнинг функционал алоқасига боғлиқлиги аён бўлиб қолди.

Оперонлар ўзаро *репрессор* ва *дерепрессорлар* деб аталувчи биомолекулаларнинг ген-операторларга таъсир қилиши орқали амалга оширилади.

Олимлар Жакоб ва Моно кашфиётларидан фойдаланиб бактерия ва бир хужайрали организмларни функционал фаолиятини моделлаштирдилар. Шу билан бирга кўп хужайрали организмлар учун ҳам бу назарияни қўллаш, йўлларини ўйлаш мумкин.

Болгар олимлари Сендов ва Цанев Жакоб ва Моно кашфиётини кўп хужайрали организм фаолиятига қўллаб, хужайраларнинг умумий фаолияти митоз орқали бўлинишининг математик моделини туздилар.

Бу моделни сут эмизувчилар жигари хужайраларига тадбиқ этиб, тажрибада қоникарли натижалар олдилар. Бири катта математик, иккинчиси машхур кимёгар бўлган болгар олимлари модел тузишда ва унинг параметрлари қийматини аниқлашда юқори даражада маҳорат кўрсатдилар.

Хужайрадаги асосий бошқарув занжири

ДНК → РНК → Оксил → ДНК

чизикли бўлмаган дифференциал тенгламалар ёрдамида берилган. Булар ичида энг муҳими РНКни ишлаб чиқариш тенгламаларидир. Бундан ташқари модел рибосомалар, бирламчи протеинлар,

протеидлар ва репрессорлар орасидаги боғланишни ўз ичига олади. Болгар олимлари бу модел ёрдамида сут эмизувчилар жигарини текшириб, зарарли ўсма мембрана ўтказувчанлигига, хужайра парчаланиши даражасига ва бошқа параметрларга боғлаб ўргандилар. Мембрана ўтказувчанлиги зарарли ўсишда катта рол ўйнамас экан. Зарарли ўсма (рак)нинг бир неча мумкин бўлган ривожланишлари кўрсатилган. Зарарли ўсмага олиб келадиган бир неча сабаблар кўриб чиқилган ва таҳлил қилинган.

Агар бузилган хужайра жигар бўлакчасининг ичида бўлса, касаллик ошкормас ҳолда ўтиши мумкин экан. Бундан ташқари авторлар ўсиш даражасининг жигарни қисман зарарлантиришга операция орқали боғлиқлигини ўрганишган. Текширишлар натижасида бузилган хужайрали жигар моделида кам даражада кесиб ташлаш оқибатида зарарли ўсманинг кўпайиб кетиши аниқланди.

Энди тери хужайралари регуляциясининг математик моделини кўриб чиқишга ўтамиз. Бу ерда болгар олимлари оперонларнинг ўзаро боғланиш занжири асосида тузилган моделни икки қаватли тери учун қўллашган. Бу моделнинг кўпайиш хусусияти ва зарарланишга қарши реакцияси тажриба натижаларига жуда мос келди. Моделга суткалик ритмда ўзгарувчан эффектор (қон параметри) киритилган ва модел хужайранинг митотик активлигининг суткалик ритми мавжуд эканлиги кўрсатилган. Митотик циклда G_2 даврни узайтириш мумкинлиги кўрсатилган.

Авторлар фикрича, олинган натижалар оперонлар ўзаро боғланиши асосида қурилган, хужайранинг митотик бўлиниши регуляция схемаси тўғри тузилганига далил бўла олади.

Энди хужайра кўпайишининг ўз-ўзидан бошқариш моделини қуришга ўтамиз. Б. Сендов ва Р. Цаневнинг тузган модели куйидаги фаразларга асосланган:

1. Юсак организм хужайраларида ўзаро боғланган шундай оперонлар гуруҳи борки, унинг бири ишлаб чиқарган маҳсулот бошқасининг фаолиятини пасайтиради. Бундай ўзаро боғланган оперонлар гуруҳи функционал ва митотик оперонлар гуруҳини ташкил қилади.

2. Репрессор билан ген-оператор алоқа массалар ўзаро таъсири қонунига бўйсунди.

3. ДНКдан РНКни ёзиб олиш тезлиги репрессор миқдори билан куйидагича боғлиқ:

$$Q = \frac{1}{1 + \sigma R}$$

бу ерда, σ - const, R - репрессор микдори. Структура генидан и-РНК ёзиб олиш учун ген-оператор репрессордан минимал вақт ичида озод бўлиши керак. Репрессорларнинг критик концентрацияси мавжудлиги куйидаги ўзгарувчилар билан белгиланади:

$$\varepsilon_i = \begin{cases} 0 & \text{агар } R_m > A_i \\ 1 & \text{агар } R_m \leq A_i \end{cases}, \quad \varepsilon_m = \begin{cases} 0 & \text{агар } R_1 > A_m \\ 1 & \text{агар } R_1 \leq A_m \end{cases},$$

$$\varepsilon_r = \begin{cases} 0 & \text{агар } R_1 > A_r \\ 1 & \text{агар } R_1 \leq A_r \end{cases},$$

ε -ўзгарувчи орқали хужайранинг ДНК синтези даврига кириши белгиланади.

$$\varepsilon = \begin{cases} 0 & S \text{ ва } M \text{ даврларда} \\ 1 & \text{колганларида} \end{cases}$$

и-РНК концентрацияси куйидаги тенгламалар билан ифодаланади:

$$\frac{dC_i}{dt} = \varepsilon \varepsilon_i P \frac{Q_i}{1 + \sigma_i R_m} - b_i C_i$$

$$\frac{dC_i}{dt} = \varepsilon \varepsilon_i P \frac{Q_i}{1 + \sigma_i R_i} - b_i C_i \quad (i = m, r)$$

бирламчи протеинлар концентрациялари:

$$\frac{dX_i}{dt} = \nu_i C_r - \lambda_i X_i \quad (i=1, m, r)$$

рибосомалар микдори:

$$\frac{dR}{dt} = k P_r C_r$$

протеидлар концентрацияси:

$$\frac{dP_l}{dt} = q_l X_l - h^l P_l$$

$$\frac{dP_r}{dt} = q_r X_r - h_r P_r$$

$$\frac{dP_m}{dt} = q_m X_m - h_m DP_m$$

репрессорлар концентрациялари:

$$\frac{dR_l}{dt} = q_l^r X_l - h_l^r (R_l - R_c)$$

$$\frac{dR_m}{dt} = q_m^r X_m - h_m^r R_m$$

$$\frac{dR_r}{dt} = h_r N (R_l - R_c) - h_r R_r$$

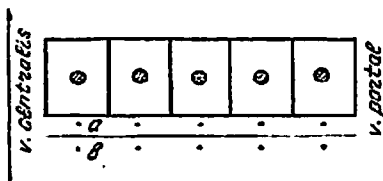
Бу ерда N - ҳужайралар миқдори ва R_c - ташқи репрессорларнинг концентрациясини белгилайди. ДНК миқдори қуйидаги тенглама билан ифодаланади:

$$\frac{dD}{dt} = K_D(1-\varepsilon)(2D_0 - D)\varepsilon_1.$$

Бу ерда t_s - синтетик даврнинг бошланадиган вақти, D_0 -синтетик давргача бўлган ДНК миқдори. Бу тенгламалар системаси ҳужайра $N=1$ учун бўлган модел, ёки $N \neq 1$ бўлмаганда синхрон бўлинадиган ҳужайра гуруҳи моделидир. P_r , P_m концентрациялари орқали митотик циклниң ҳар хил даврларга кириши белгиланади.

Тенгламалар коэффициентлари қийматларини шундай бериш керакки, унда ҳужайра нормал фаолияти акс этсин, M давргача рибосомалар сони икки баробар кўпайсин ва G_1 , G_2 , S , M даврларнинг нисбий узунликлари тажриба қийматлари билан мослашсин. Ишлаб чиқарилган тенгламалар жигардаги регенератив жараёни моделлаштиришда қўлланди.

Жигарнинг соддалаштирилган моделида қон капиллярининг атрофида жойлашган « N » ҳужайрадан иборат бўлган тўқимаси асосий функционал бирлик қилиб олинган (чизма 2.12, а - ҳужайралар орасидаги фазо, в - капилляр).



2.12-расм. Жигар бўлагининг соддалаштирилган модели.

Бу ерда ҳар бир ҳужайра алоҳида ҳисобга олинган. Жигарнинг тўлиқ модели мана шундай бир хил фаолият кўрсатувчи «m» бирликдан ташкил топган.

Ҳужайраларнинг ўзаро таъсири ҳар бир ҳужайранинг қўшни ҳужайра билан репрессорларнинг диффузияси орқали ҳисобга олинган. Оперонга таъсир этувчи факторни ўрганиш учун қуйидаги ўзгарувчи η^k киритилган

$$\eta^k = \begin{cases} 1 & \text{Агар ҳужайрада } O^k \text{ оперони бўлса} \\ 0 & \text{агар } O^k \text{ оперони йўқ бўлса} \end{cases}$$

$$k = \Delta, m, r$$

Моделда учта оперон кўрилади:

O^Δ - функционал оперон,

O^m - митотик оперон,

O^r - рибосом оперон.

Агар ҳамма O^k -лар учун $\eta^k = 0$ бўлса, у ҳолда ҳужайра ўлик.

Ҳар бир ҳужайра қуйидаги миқдорлар билан ифодаланади:

C_i^Δ, C_i^m, C_i^r - функционал, митотик, рибосом оперонлардан ёзиб олинган и-РНК концентрациялари.

X_i^Δ, X_i^m, X_i^r - бирламчи оқсиллар концентрациялари.

P_i^Δ, P_i^m, P_i^r - оқсиллар концентрациялари.

$R_i^\Delta, R_i^{\Delta'}$ - ҳужайра ичидаги ва ташқарисидаги митотик опероннинг репрессорлар концентрацияси.

D_i - ДНК миқдори.

r_i -рибосома миқдори.

i - жигар пардасининг i -ҳужайрасига тегишлидир.

Моделнинг асосий тенгламалар системаси:

$$\frac{dC_i^\Delta}{dt} = Q_\Delta \left[\frac{\varepsilon_i^\Delta \varepsilon \eta_i^\Delta}{1 + \sigma_\Delta R_i^\Delta} - C_i^\Delta \right],$$

$$\frac{dC_i^m}{dt} = Q_m \left[\frac{\varepsilon_i^m \varepsilon \eta_i^m}{1 + \sigma_m R_i^\Delta} - C_i^m \right],$$

$$\frac{dC_i^r}{dt} = Q_r \left[\frac{\varepsilon_i^r \varepsilon \eta_i^r}{1 + \sigma_r R_i^\infty} - C_i^r \right],$$

$$\frac{dX_i^k}{dt} = v_k [C_i^k - X_i^k] \quad k = \Delta, m, r,$$

$$\frac{dP_i^m}{dt} = q_m [X_i^m - \Delta P_i^m]$$

$$\frac{dP_i^r}{dt} = q_r [X_i^r - P_i^r]$$

$$\frac{dr}{dt} = UP_i^r C_i^r,$$

$$\frac{dD_i}{dt} = [2D_{oi} - D_i] \max[0, t - t_i^s]$$

$$\frac{dR_i^\Delta}{dt} = q_\Delta \{ X_i^\Delta - \lambda_\Delta [R_i^\Delta - R_i^{\Delta*}] \},$$

$$\frac{dR_i^m}{dt} = q_m^r \{ X_i^m - \lambda_\Delta [R_i^m - R_i^{m*}] \}$$

Бу ерда t_i^s - хужайранинг S даврига кириш дақиқаси.

Q, G, v, λ - коэффициентлар, K = Δ , m, r биринчи моделдаги маънода ишлатилади. Хужайранинг тириклик вақти киритилади:

$$T_i^P = T^0 (1 + P \bar{R}_i^\Delta),$$

бу ерда, T^0 , P - ўзгармас.

ЭХМда ишлаш учун дифференциал тенгнамалар ўрнига чекли-айирма тенгнамалари қўлланган.

Хужайралараро фазода ва капиллярларда хужайраларнинг ҳар бири учун алоҳида репрессорлар концентрациялари ҳисобланган.

Репрессорлар диффузияси учун:

$$\Delta R_i^{k_1} = q_K^1 \left\{ X_i^k - h_k \left[-\alpha_k (R_{i+1}^{k_1} - 2R_i^{k_1} + R_{i-1}^{k_1}) + (1 - 2\alpha_k)(R_i^{k_1} - R_i^{k_2}) \right] \right\} \Delta t$$

$$0 \leq \alpha_k \leq 1/2, \quad k = \Delta, m$$

$$\Delta R_i^{k_2} = q_K^2 \left\{ (1 - 2\alpha_k)(R_i^{k_1} - R_i^{k_2}) + \beta_k (R_{i+1}^{k_2} - 2R_i^{k_2} + R_{i-1}^{k_2}) - \delta_k (R_i^{k_2} - R_i^{k_3}) \right\} \Delta t$$

$$K = \Delta, m$$

$$\Delta R_i^{k_3} = q_K^3 \left\{ \delta_k (R_i^{k_2} - R_i^{k_3}) + \beta_k (R_{i+1}^{k_3} - 2R_i^{k_3} + R_{i-1}^{k_3}) - \nu_k (R_i^{k_3} - R_{i+1}^{k_3}) \right\} \Delta t$$

$$K = \Delta, m$$

бу ерда, $R_i^{k_1}, R_i^{k_2}, R_i^{k_3}$ ($k = \Delta, m$), i - хужайраларнинг хужайралараро фазосидаги, хужайра атрофидаги ва унга мос келган капилляр нуктасидаги репрессорлар концентрацияси.

Параметрлардан

α_k - кўшни хужайралар орасидаги диффузияни,

β_k - хужайралар билан хужайралараро диффузияни,

δ_k - хужайралараро фазо билан капиллярдаги диффузияни,

ν_k - капиллярдаги қон оқимининг тезлигини ифодалайди.

Моделда чегаравий шартлар қуйидагича ифодаланган:

$$\Delta R_0 = \beta_k (-R_0^{k_q} + 2R_1^{k_q} - R_2^{k_q}) \Delta t; \quad K = \Delta, m; \quad q = 1, 2, 3$$

$$\Delta R_{n+1}^{k_q} = \beta_k (-R_{n+1}^{k_q} + 2R_n^{k_q} - R_{n+1}^{k_q}) \Delta t$$

$$K = \Delta, m; \quad q = 1, 2, 3$$

Капиллярнинг V.portal тўқимаси атрофидаги репрессор концентрацияси қуйидаги тенглик билан берилади

$$\Delta R_{n+1}^{k_3} = I[m(R_1^{k_3} - R_{n+1}^{k_3}) - \rho_{k_3} R_{n+1}^{k_3}] \Delta t$$

$$K = \Delta, m$$

Бу ерда, n - жигардаги функционал бирикмалар сони, l ва ρ_{k_3} организмдаги репрессорнинг хусусиятлари.

Агар ҳар бир хужайра учала оперонга эга бўлса, системада ўлик хужайралар ва бўлиниш бўлмаса, у ҳолда вақт бўйича концентрациялар учун зарурий шартлар ўзгармайди ва улар қуйидагича бўлади:

$$R_i^{\Delta q} = R_0^{\Delta q} - idq \quad q = 1, 2, 3; \quad i = 1, 2, \dots, n$$

$$d_1 = d_2 = d_3 = d$$

$$(1 - 2\alpha_{\Delta}) h_{\alpha} d' = 1$$

$$\delta_{\alpha} d'' = 1$$

$$\rho_{\Delta} \nu_{\Delta} R_{n+1}^{\Delta q} = mn$$

бу ерда,

$$d' = R_i^{\Delta_1} = R_i^{\Delta_2}$$

$$d'' = R_i^{\Delta_2} - R_i^{\Delta_3}$$

$$d_q \frac{R_1^{\Delta_1} - R_{n+1}^{\Delta_1}}{n}$$

У ҳолда, тургун ҳолат қуйидагилар билан характерланади:

$$\varepsilon_i^{\Delta} = 1; \quad \varepsilon_i^m = \varepsilon_i^r = 0;$$

$$C_i^{\Delta} = X_i^{\Delta} = 1;$$

$$C_i^m = C_i^r = X_i^m = X_i^r = 0;$$

$$R_i^m = R_i^r = R_i^{m_1} = R_i^{m_2} = R_i^{m_3} = 0$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

Модел ЭХМ да қурилганда $\Delta t = T/400$ деб олинган (Т-митотик цикл вақти).

Коэффициентлар шундай танлаб олинганки, хужайра тургун ҳолатда кўп турмай бўлинишга кирсин ва митотик циклниң ҳар бир даври учун тажрибадан олинган маълумотларга мос келсин.

ЭХМда модел билан бирга қилинган жуда кўп ҳисоб-китоб орқали коэффициентлар қиймати аниқланган. Кейин авторлар ЭХМда модел билан тажриба ўтказишга ўтишган.

Аниқланишича, капиллярдаги қон оқимининг тезлиги жуда аҳамиятли параметр бўлиб чиқган.

Репрессорлар диффузиясига асосланиб тузилган шу модел билан ЭХМда тажриба ўтказишдан мақсад хужайралараро ўзаро боғлиқ бўлган бутун системанинг баъзи бир реакцияларини ва хужайраларнинг ўзаро таъсирини ўрнатиш эди. Қуйидаги муаммолар кўриб чиқилди:

1. Қисман кесиб олинган жигар моделининг реакцияси.

2. Жигар моделида қайта тикланиш жараёнидаги митотик хужайранинг фазовий ва вақт бўйича тақсимоти.

3. Танлаб олинган параметрлар қиймати ўзгартирилганда моделнинг реакцияси ($n = 5, m = 30$ олинган).

Биринчи муаммо бўйича ЭХМда ўтказилган тажрибаларда жигарни 66, 50, 30 ва 10 фоиз кесиб ташлаш кўрилди. Агар кесиб ташланган бўлак 30 фоизгача бўлса, тикланиш 100 фоиз бўлади. 66 фоиз кесиб ташланса, 94 фоиз тикланиш бўлади.

ЭХМда тажрибалар олиб бориш шуни кўрсатадики, қайта тикланиш бир қанча митотик тўлқинлар билан бажарилар экан. Агар биринчи тўлқин 24 соатда пайдо бўлади деб олсак, у ҳолда 2-митотик тўлқин 45 соатларда бўлиши кузатилади. Демак, кечикиш (латент) даври 24 соатни ташкил қилади.

ЭХМ тажрибада хужайраларнинг фазовий тақсимотини кўриб чиқиш, фазовий тақсимот V_{portal} дан бошланишини кўрсатди.

Параметрларнинг таъсирларини ўрганиш учун қилинган тажрибаларда «қисман зарарлантириш» 66 фоизни ташкил этади. Қайта тикланиш жараёнида A_0, A_1, σ ва α нинг таъсири ўрганилган. Система фаолиятини аниқловчи параметрларнинг баъзи бир ўзгариш интервалларида хужайралар тўпламининг қайта тикланиш реакцияси шу параметрлар ўзгаришига жуда таъсирчан эканлиги қандайдир резонанс ҳодисага ўхшашликни эслатди. Баъзи бир интервалларда параметр қийматларининг озгина ўзгариши ҳам қайта тикланиш реакциясига катта таъсир қилиши мумкин.

Энди ЭХМ ёрдамида ўрганилган зарарли ўсма (рак) моделини кўриб чиқамиз. Бу ишда авторлар томонидан ишлаб чиқилган жигар моделининг зарарли ўсишини моделлаштириш татбиқ қилинган.

Улар функционал оперон билан боғланган митотик оперон бузилган деб ҳисоблаб, бузилган ҳужайраларнинг жигардаги ўрнига қараб зарарли ўсишнинг динамикасини ўргандилар. Агар бузилган ҳужайра жигар бўлакчасининг чегарасида бўлса, унда дарҳол ҳужайраларнинг чексиз кўпайиши вужудга келар экан. Кўпчилик олимлар (Бреслер, Нейфах ва бошқалар) Жакоб ва Моно кашфиётларини бактериялардан организм ҳужайраларига ўтказиш мумкинлигини шубҳа остига олиб, уни озгина ўзгартиришни таклиф қилганлар. Келгуси текширишлар Жакоб ва Моно таклиф қилган регуляция занжири мураккаблаштириш томонига кетиши эҳтимол. Бу ҳужайралар ва ҳужайра қисмлари орасидаги мураккаб алоқаларни яхшироқ тушунтириши ва шу билан ҳужайрадаги асосий ва ёрдамчи программалар маъносини яхшироқ очиб бериши мумкин.

2.5-§. ҲУЖАЙРАНИНГ ЎЗ-ЎЗИНИ БОШҚАРИШ УСУЛЛАРИНИ ЭҲМДА ТАҲЛИЛ ЭТИШ

Олдинги саҳифаларда биз ҳужайра кимёси ва биологияси билан қисқача танишиб ҳужайра фаолиятининг айрим томонларини моделлаштириш бўйича инглиз олими Б. Гудвин ва болгар олимлари Б. Сендов, Р. Цаневлар томонидан қилинган илмий изланишларни кўриб чикдик. Энди 70-йилларда бошланган, ҳужайранинг ўз-ўзини бошқариш усулларини ЭҲМда ўрганиш бўйича илмгоҳимизда олиб борилган тадқиқотларга тўхталиб ўтамиз.

Рисоланинг биринчи саҳифаларида айтганимиздек, ҳужайрага кибернетикани қўллаш бўйича республикамизда илмий ишларнинг бошланишига хурматли собиқ президентимиз академик О.С. Содиковнинг хизматлари катта бўлган. Обид Содикович топширигига кўра, ҳужайра кимёси ва биологияси билан бирга ўша вақтда маълум бўлган ҳужайра фаолиятининг айрим томонлари, моделлари билан чуқур танишиб чиқилган. Шу моделлар орасида Б. Гудвин, Б. Сендов ва Р. Цанев моделлари ўзининг изчиллиги, молекуляр биологиянинг ўша даврда маълум бўлган қонуниятларига чуқур асосланганлиги ва кибернетикада маълум бўлган бошқарув принциплари асосида тузилганлиги билан ажралиб турарди. Биз ўз изланишларимизни шу моделларни бир йўла уч томонлама: математик, кибернетик ва биология фанлари асосида чуқур таҳлил қилишдан бошладик.

Хужайра кибернетикаси соҳасидаги илмий ишларимизда Б.Н. Хидиров ва М. Сайдалиева ҳам иштирок этишган. Улар ҳисоблаш марказли Кибернетика илмгоҳида 1970 йиллардан бери ишлайдилар. Ҳозир хужайра кибернетикаси соҳасида етук мутахассис бўлиб етишдилар ва катта ютуқларни қўлга киритдилар. Шу даврда Б.Н. Хидиров ва М. Сайдалиева жуда кўп ташкилотлар билан алоқа боғладилар ва ЭҲМларда олинган фундаментал натижаларни бир қанча муҳим соҳаларга татбиқ қилишга эришдилар.

Биз бу ерда шу мутахассислар тадқиқотлари ҳақида ҳикоя қилмоқчимиз.

Маълумки, Б. Гудвин асосий илмий ишларини ЭҲМсиз, биология фанига таяниб олиб борган.

Б. Сендов ва Р. Цанев ўз изланишларида ЭҲМни қўллаб, анча катта ютуқларга эришганлар; фақат хужайра бўлиниши моделини тузиш билан кифояланмай, бу модел асосида айрим органлар фаолиятини ЭҲМда таҳлил қилганлар.

Б.Н. Хидиров ва М. Сайдалиевалар ўша даврдаги энг кучли ЭҲМларда ишлаганлар. Бу ЭҲМ танлаб олган моделларни жуда тез орада тўлиқ таҳлил қилиб чиқишга имкон беради ва уларни хужайра фаолиятини ЭҲМда моделлаштириш учун асос қилиб олиш мумкинлигини кўрсатади. Шундай қилиб, 1970 йилдаёқ республикамизда хужайра кибернетикаси бўйича илмий изланишларни инглиз олими Б. Гудвин ва болгар олимлари Б. Сендов ва Р. Цанев моделлари асосида бошлаб юборишга имкон очилди. Ўтган давр танланган йўл тўғри эканлигини кўрсатди. Мана 30 йилдан ортиқроқ вақт ўтибдики, ҳали-ҳали илмгоҳимизда хужайра кибернетикаси соҳасида олинган натижалар бутуниттифоқ илмий йиғилишларида катта қизиқиш уйғотмоқда. Бу соҳада республикамиз бутун-иттифоқ даражасидан анча илгарилаб кетди.

Б.Н. Хидиров ва М. Сайдалиева илмий изланишларни хужайра моделлари параметрларига қиймат беришни тартибга солишдан бошладилар. Маълумки, хужайрадаги ҳар бир жараённинг ўз ички хусусиятлари, ташқи муҳит таъсирига жавобан ўзгарувчанлиги ва умумий хужайра бошқарув занжиридаги ўрни билан аниқланадиган хоссалари бўлади. Булар шу жараён моделида параметрлар қиймати билан белгиланади ва моделлаштиришнинг энг қийин масалаларидан бири деб ҳисобланади.

Хужайра ўз-ўзини бошқарув усулларининг моделларида параметрларни икки гуруҳга: модда ҳосил бўлиш жараёнида

иштирок қилувчи параметрлар ва модда емирилиши жараёнида иштирок қилувчи параметрларга бўлиш мумкин. Агар модда ҳосил бўлиши ҳужайрада ўз-ўзини бошқарув занжиридаги хусусиятларга боғлиқ бўлса, модда емирилиши анча содда ҳамда модда учун деярли бир хил қонуниятга асосланиб, вақт ўтган сари моддани бир бутун қилиб, унинг қисмларини ушлаб турган кимёвий алоқаларнинг парчаланиши натижасида рўй беради. Шунинг учун аввал модда емирилиши жараёнида иштирок этувчи параметрларни кўриб чиқамиз. Агар $X(t)$ ҳужайрадаги модда миқдори бўлса, унинг емирилиш жараёни қуйидаги тенглама асосида ёзилади:

$$\frac{dX(t)}{dt} = -bX(t).$$

Биз бу тенгламанинг ечимини топишимиз мумкин

$$X(t) = X(t_0)e^{-b(t-t_0)}.$$

Бу ерда t_0 - жараён бошланган вақт, $X(t_0)$ - модданинг бошланғич қиймати.

Биологияда модданинг «ярим емирилиш даври» (T_x) деган қиймат маълум бўлиб, у модда миқдорининг емирилиши натижасида икки баробар камайиши учун кетган вақтни билдиради. T_x ни ҳисобга олсак:

$$X(t_0 + T_x) = X(t_0)e^{-bT_x} = \frac{1}{2}X(t_0).$$

Демак,

$$e^{-bT_x} = 1/2,$$

ёки

$$b = \frac{\ln 2}{T_x}.$$

Ҳужайрадаги оксил ҳосил бўлиш моделини қуйидаги кўринишда ёзишимиз мумкин:

$$\frac{dC}{dt} = \frac{a_1}{1+dR} - \frac{\ln 2}{T_c} C;$$

$$\frac{dP}{dt} = a_2 C - \frac{\ln 2}{T_p} P;$$

$$\frac{dR}{dt} = a_3 P - \frac{\ln 2}{T_R} R.$$

Шу модел асосида модда ҳосил бўлиш жараёнларини кўриб чиқамиз. Моделдаги a_1 , a_2 , a_3 , d параметрлар қийматини бошқарув системасининг кучайтириш даражасини ҳисобга олиб аниқлашимиз мумкин. Бу ерда (ва хужайрага онд жуда кўп бошқарув масалаларида) ўз-ўзини бошқарув занжирининг уч поғонаси мавжуд: I - генлар фаолияти, II - бирламчи оксил ҳосил бўладиган рибосомалар фаолияти ва III – оксил, ферментлар фаолияти. I-поғонага a_1 , d параметрлари, II-поғонага a_2 , III-поғонага a_3 параметрлари тегишли. Агар биз шу параметрларни бир хил қийматга ўзгартирсак, ҳар хил натижа оламиз. I-поғона параметрлари ўзгариши хужайра фаолияти моделига жуда кучли, II-поғонанинг параметрлари ўрта таъсир, III-поғона параметрлари эса кучсиз таъсир қилади. Демак, агар бизга биологиядан хужайрадаги бирорта ўз-ўзини бошқарув жараёнининг кетиши (маҳсулоти) маълум бўлса, унда параметрлар қийматини поғонасига қараб ўзгартириб, шу жараён модели параметрларини аниқлашимиз мумкин. Биз бу усулни умумлаштириб, БЭСМ-6 ЭХМи учун хужайра моделларини сошлаш программасини туздик. Агар БЭСМ-6га бирор хужайра ўз-ўзини бошқариш жараёнининг биологик хусусиятлари (масалан, хужайра бўлинишининг асосий даврлари, вақти) ва модели киритилса, бу программа моделнинг параметрлари қийматларини жуда тез аниқлаб беради, бошқача қилиб айтганда шу жараённинг аниқ моделини ЭХМда тузиб беради. Мисол тариқасида шуни айтишимиз мумкин: хужайра бўлиниши модели асосида бирорта масала ечишга болгар олимлари 960 соат сарфлаган бўлсалар, бизлар эса ҳаётда оддий бўлиниш усули билан 12 соат ичида бўлинадиган хужайрани бўлинишига хужайра моделини сошлаш программаси билан БЭСМ-6да бор-йўғи 10-12 дақиқа сарфлашга эришдик. Бу программа хужайра моделини тузиш, таҳлил қилиш ва молекуляр биология қонуниятларига асосланиб мукамаллаштиришга кенг йўл очиб берди.

Б. Гудвин, Б. Сендов ва Р. Цанев моделларини ҳар томонлама таҳлил қилиш уларда хужайра фаолияти бошқарув системасининг жуда муҳим томонлари ҳисобга олинмаганини кўрсатди. Масалан, бу моделларда хужайра ўз-ўзини бошқариш занжиридаги вақт муносабатлари, хужайра бўлиниши даврида хужайра ҳажмининг

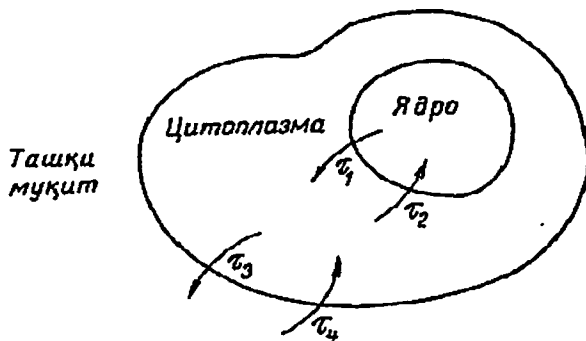
Ўзгариши ҳисобга олинмаган. Бу параметрлар жуда муҳим аҳамиятга эга. Агар хужайрада бўлаётган жараёнларда ядро-цитоплазма орасидаги муносабат узилса, унда генлардан ёзиб олинган ахборот цитоплазмага ўтмай қолиши ва натижада ҳеч қандай оқсил ҳосил бўлмай қолиши мумкин. Цитоплазма-ташқи муҳит орасидаги муносабатлар ҳам жуда катта аҳамиятга эга. 2.13-расмда хужайра ўз-ўзини бошқариш занжиридаги асосий вақт муносабатлари кўрсатилган.

Демак, агар и-РНКнинг ядродаги миқдори $C(t)$ бўлса, унинг цитоплазмадаги миқдори

$$C^y(t) = f(C(t - \tau_1))$$

билан аниқланиши керак. Генлар активлигига таъсир қилувчи репрессорнинг ядро ($R^*(t)$) ва цитоплазмадаги ($R(t)$) миқдори эса қуйидагича боғланган:

$$C^*(t) = g(R(t - \tau_2)).$$



2.13-расм. Цитоплазма-ташқи муҳит орасидаги вақт муносабатлари.

Агар вақт муносабатларини ҳисобга олиб, f , g функцияларини энг оддий кўринишда (чизикли деб) олсак, унда оқсил ҳосил қилиш модели қуйидагича кўринишга келади:

$$\frac{dC(t)}{dt} = \frac{a_1}{1 + dR(t - \tau_2)} - \left(\frac{\ln 2}{T_C} + b_1 \right) C(t);$$

$$\frac{dP(t)}{dt} = a_2 C(t - \tau_1) - \left(\frac{\ln 2}{T_P} + b_1 \right) P(t);$$

$$\frac{dR(t)}{dt} = a_3 P(t - \tau_3) - \left(\frac{\ln 2}{T_R} + b_1 \right) R(t).$$

Бу ерда, b_1 - умумий хужайра фаолиятига тегишли параметр - хужайра ҳажми миқдорини, $\{\tau\}$ - вақт муносабатларини билдиради. Энди хужайра ҳажмининг ўзгаришини моделларда ҳисобга олиш йўлларида бирини кўриб чиқамиз.

Хужайра ҳажми айниқса бўлиниш даврида жуда тез ўзгаради. Ҳажм ўзгариши хужайра молекулалари: ДНК, репрессорлар, и-РНК, рибосомалар ва бошқалар орасидаги кимёвий реакциялар тезлигига жуда катта таъсир қилиши мумкин. Масалан, агар цитоплазмада и-РНК миқдори ўзгармасдан хужайра ҳажми ошиб борса, бу и-РНКнинг концентрацион қийматини камайтиради ва демак бирламчи оксил ҳосил бўлиши камаяди.

Оксил ҳосил бўлиш моделидаги модда емирилиш параметрининг ҳажмга боғлиқ қисмини куйидагича ёзиш мумкин:

$$f = \frac{1}{T_X} \ln \frac{V(t_0 + T_X)}{V(t_0)}.$$

Агар ҳажм ўзгармаса унда b_1 қиймати нолга тенг. Бу ифодада ҳажм ўзгариши моддалар емирилишига боғлаб олинган.

Оксил ҳосил бўлиш жараёни моделида хужайра ҳажми ўзгариши ҳисобга олинса:

$$\frac{dC(t)}{dt} = \frac{a_1}{1 + dR(t - \tau_2)} - \frac{C(t)}{T_C} \ln \frac{2V(t_0 + T_C)}{V(t_0)};$$

$$\frac{dP(t)}{dt} = a_2 C(t - \tau_1) - \frac{P(t)}{T_P} \ln \frac{2V(t_0 + T_P)}{V(t_0)};$$

$$\frac{dR(t)}{dt} = a_3 P(t - \tau_3) - \frac{R(t)}{T_R} \ln \frac{2V(t_0 + T_R)}{V(t_0)}$$

кўринишда ёзиш мумкин.

Б. Гудвин модели таҳлил қилиниб, ҳужайра фаолиятининг умумий қонуниятлари ҳисобга олиниб, шу кўринишда мукаммаллаштирилди. Худди шу усулда ҳужайра бўлиниши моделини ҳам мукаммаллаштириш мумкин. Ҳужайранинг бўлиниши соҳасидаги олимлар Р. Цанев ва Г. Марков фикрича, митоз бўлиниш даврида ҳужайра ҳажми экспотенциал ўзгарар экан. Агар бўлиниш бошланиши вақтини t_0 деб, даврени T деб ва давр ичида ҳужайра ҳажми икки баробар ошади деб олсак, унда

$$V(t) = V_0 \cdot 2^{\frac{t-t_0}{T}}.$$

Шуни ҳисобга олиб ва дифференциал-айирма тенгламаларни қўллаб, болгар олимлари Б. Сендов, Р. Цаневларнинг ҳужайра бўлиниши модели тенгламаларини қуйидагича ёзишимиз мумкин:

$$\frac{dC_i(t)}{dt} = \begin{cases} -\frac{T+T_{C_i}}{TT_{C_i}}(\ln 2)C_i(t) & \text{агар } Y(t) < Y_1; \\ \frac{\varepsilon \varepsilon_i a_i D(t)}{1 + \sum_{j=1}^3 d_j R_j(t - \tau_j)} - \frac{T+T_{C_i}}{TT_{C_i}}(\ln 2)C_i(t) & \text{агар } Y(t) \geq Y_1; \end{cases}$$

$$\frac{dX_i(t)}{dt} = \begin{cases} -\frac{T+T_{C_i}}{TT_{C_i}}(\ln 2)C_i(t) & \text{агар } Y(t) < Y_2; \\ \nu_i C_i(t - \tau_1) - \frac{T+T_{C_i}}{TT_{C_i}}(\ln 2)C_i(t) & \text{агар } Y(t) \geq Y_2; \end{cases}$$

$$\frac{dP_n(t)}{dt} = \begin{cases} -\frac{T+T_{P_n}}{TT_{P_n}}(\ln 2)P_n(t) & \text{агар } Y(t) < Y_3; \\ g_n X_n(t) - \frac{T+T_{P_n}}{TT_{P_n}}(\ln 2)P_n(t) & \text{агар } Y(t) \geq Y_3; \end{cases}$$

$$\frac{dP_m(t)}{dt} = \begin{cases} -\frac{T+T_{P_m}}{TT_{P_m}}(\ln 2)P_m D(t) & \text{агар } Y(t) < Y_m; \\ g_m X_m(t) - \frac{T+T_{P_m}}{TT_{P_m}}(\ln 2)P_m(t) D(t) & \text{агар } Y(t) \geq Y_m; \end{cases}$$

$$\frac{dR_n(t)}{dt} = g_n X_n(t) - h_n (R_n(t) - R_n(t - \tau_3));$$

$$\frac{d\tilde{R}_m(t)}{dt} = g_m X_m(t) - \frac{T + T_{\tilde{R}_m}}{T T_{\tilde{R}_m}} \tilde{R}_m(t);$$

$$\tilde{R}_n(t) = \frac{R_n(t)}{1 + \Xi(t)R_n(t)}; \quad Y(t) = \sum_{i=1}^3 \alpha_i Y_i(t);$$

$$\frac{dD(t)}{dt} = K_D (1 - \varepsilon) (2D_0 - D(t)) t_S;$$

$$\varepsilon_n = \begin{cases} 0 & \tilde{R}_M \geq A_n \\ \text{агар} & \\ 1 & \tilde{R}_M < A_n \end{cases}, \quad \varepsilon_M = \begin{cases} 0 & \tilde{R}_n \geq A_M \\ \text{агар} & \\ 1 & \tilde{R}_n < A_M \end{cases},$$

$$\varepsilon = \begin{cases} 0 & S \text{ ва } M \text{ даврларда} \\ 1 & G_1 \text{ ва } G_2 \text{ даврларда} \end{cases}$$

Бу моделда биз хужайранинг ташқи муҳитдан шимиб олган моддаларнинг бўлиниш жараёнига таъсирини ҳисобга олганмиз. $Y_1(t)$, $Y_2(t)$ ва $Y_3(t)$ орқали амина-кислоталар, ёғлар ва углеводлар микдори белгиланган.

Хужайранинг бўлиниш моделини таҳлил қилиб шу модел асосида биологик масалалар ечганимизда хужайра фаолиятининг модда шимиб олиш жараёни ва бошқа жараёнларини ҳар томонлама ўрганиб, уларнинг ҳам моделларини тузишга мажбур бўлдик. Ҳозир шу моделларни қисқача кўриб чиқишга ўтамиз.

Хужайраларнинг модда шимиб олиш жараёнини моделлаштиришда икки хил ферментларни ҳисобга олишимиз зарур: моддаларни бирламчи парчалаб хужайра қобиғига олиб келувчи ва хужайра қобиғидан олиб ўтувчи ферментлар. Агар $Y_i(t)$ орқали шимилувчи модданинг хужайра ёнидаги микдорини белгиласак, унинг хужайра қобиғи олдидаги микдори $Y_i^1(t)$ ни қуйидаги тенглама билан ифодалаш мумкин:

$$\frac{dY_i^1(t)}{dt} = (\alpha_i + \beta_i \Phi_i^0(t))(Y_i(t) - Y_i^1(t)),$$

бу ерда, Φ_i^0 - парчаловчи фермент ва

$$\beta_i = \begin{cases} 1 & \text{агар } Y_i(t) < A_i, & \text{бўлса;} \\ e^{B_i - A_i} & \text{агар } B_i > Y_i(t) \geq A_i, & \text{бўлса;} \\ e^{B_i} & \text{агар } Y_i(t) \geq B_i, & \text{бўлса;} \end{cases}$$

Хужайра қобигидан моддаларни гидролитик-ташувчи ферментлар $\Phi_i^{F-T}(t)$ ўтказди. Агар $Y_i^2(t)$ орқали шимилган модда миқдорини белгиласак, унга мос тенгламани қуйидагича ёзишимиз мумкин:

$$\frac{dY_i^2(t)}{dt} = \gamma_i \frac{\Phi_i^{F-T}(t) Y_i^1(t)}{1 + \Phi_i^{F-T}(t)} - b_i Y_i^2(t).$$

Хужайра ичидаги модда алмашинувини метаболик ферментлар $\Phi_i^M(t)$ амалга оширади:

$$\frac{dX_i(t)}{dt} - \gamma_i C_i(t-h) - b_i X_i(t);$$

$$\frac{d\Phi_i^M(t)}{dt} = g_i X_i(t) - \lambda_i \Phi_i^M(t);$$

$$\frac{dY_i^3(t)}{dt} = g_i \frac{\Phi_i^M(t) Y_i^2(t)}{1 + \Phi_i^M(t)} - \lambda_i Y_i^3(t).$$

Бу ерда $C_i(t)$, $X_i(t)$ - метаболик ферментларга хос бўлган и=РНК ва оксил миқдори. $Y_i^3(t)$ орқали хужайрадан чиқарилувчи модданинг миқдори белгиланган. Хужайрадан чиқарилувчи модданинг ташқи муҳитдаги миқдори $Y_i^B(t)$ ўзгаришини қуйидаги тенглама билан ёзиш мумкин:

$$\frac{dY_i^B(t)}{dt} = \tau_i (Y_i^3(t) - Y_i^B(t)).$$

Энди ёш хужайраларнинг табақаланиши (дифференцировка-каланиши) моделига ўтамиз. Асосан ёш хужайра иккита табақа йўлидан бирини танлаши туради. Танлов борасида ташқи муҳит таъсири остида иккала табақа фаолиятини бошлаб берувчи генлар маҳсулоти $C_i(t)$, бирламчи оксил занжирлари $\Pi_i(t)$, ферментлари

$E_i(t)$, моддалари $S_i(t)$ ва махсулотлари $P_i(t)$ орасида рақобат (конкуренция) бошланади. Бу рақобатда ўз-ўзини бошқариш усули кучлироқ бўлади ҳамда ташқи муҳит талабларига яхшироқ жавоб берадиган табақа системаси голиб келади ва хужайрада ўзига хос фаолиятини бошлаб юборади. Шу икки табақа рақобати жараёнини қуйидаги тенгламалар асосида

моделлаштириш мумкин.

$$\frac{dP_1}{dt} = \frac{a_1 S_1 E_1}{(1 + b_1 E_1)(1 + b_2 E_2)} - \frac{f}{T_{P_1}} P_1;$$

$$\frac{dP_2}{dt} = \frac{a_4 S_2 E_2}{(1 + b_4 E_1)(1 + b_5 E_2)} - \frac{f}{T_{P_2}} P_2;$$

$$\frac{dE_1}{dt} = \frac{a_2 C_1 + a_3 P_1}{1 + b_3 P_1} - \frac{f}{T_{E_1}} E_1;$$

$$\frac{dE_2}{dt} = \frac{a_5 C_2 + a_6 P_2}{1 + b_6 P_2} - \frac{f}{T_{E_2}} E_2;$$

$$\frac{dC_1}{dt} = \frac{a_7 + a_8 P_1}{1 + b_7 \Pi_1 + b_8 \Pi_2} - \frac{f}{T_{C_1}} C_1;$$

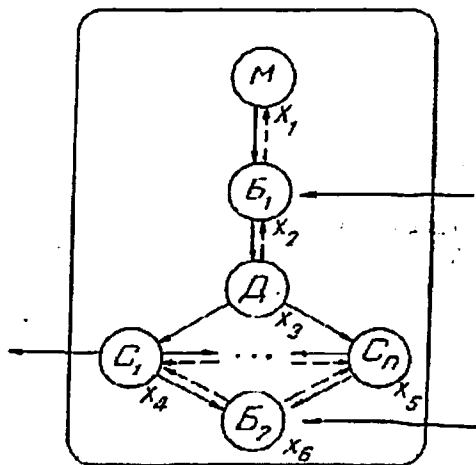
$$\frac{dC_2}{dt} = \frac{a_9 + a_{10} P_2}{1 + b_9 \Pi_1 + b_{10} \Pi_2} - \frac{f}{T_{C_2}} C_2;$$

$$\frac{d\Pi_1}{dt} = a_{11} C_1 - \frac{f}{T_{\Pi_1}} \Pi_1;$$

$$\frac{d\Pi_2}{dt} = a_{12} C_2 - \frac{f}{T_{\Pi_2}} \Pi_2.$$

Бу тўпلامларда бўлинувчи (M), ташқи муҳит билан яқиндан алоқа қиладиган (B), ташқи муҳитга мослашиш учун ички фаолиятини тартибга солувчи - табақаланувчи (L), шу тўпلامга мос бўлган вазифаларни бажарувчи (C_1, \dots, C_n) ва вазифасини бажариб бўлган хужайралар (E_i) гуруҳлари бир-бири билан жуда мураккаб муносабатда бўлар экан (24-расмга қаранг).

Шундай қилиб, юксак организмларда хужайра, орган, тўқималар бирикмалари қаторида, фаол хужайралар тўплами бирлиги мавжуд экан. Фаол хужайралар тўплами бирлиги - ФХТБ схемасида узлуксиз чизиклар орқали асосий йўналиш, пунктир чизиклар орқали эса асосий бўлмаган, лекин мумкин бўлган йўналиш кўрсатилган (2.14-расм).



2.14-расм. Фаол хужайралар тўплами бирлиги схемаси.

Хужайралар тўплами фаолиятини текшириш ва моделлаштиришда ФХТБ тушунчаси муҳим аҳамиятга эга. Моделни таҳлил қилиш шуни кўрсатадики, хужайралар орасидаги асосий, ўз-ўзини бошқариш занжиридан

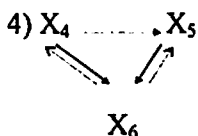
$$X_1 \rightarrow X_2 \rightarrow \dots \rightarrow X_6 \rightarrow X_1$$

ташқари, қуйидаги кичик ўз-ўзини бошқариш занжирлари ҳам мавжуд:

1) $X_1 \leftrightarrow X_2$

2) $X_2 \leftrightarrow X_3$

3) $X_1 \leftrightarrow X_2 \leftrightarrow X_3$



Бу кичик ўз-ўзини бошқариш занжирларини моделлаштиришни икки ёки уч хужайра моделлари тенгламалари асосида амалга ошириш мумкин.

Хужайралар фаолиятини ҳам ҳисобга олувчи моделлар асосида ФХТБни кўллаб органлар, тўқималар ва юксак организмлар фаолияти моделларини тузиш мумкин. Бу соҳада параллел процессорлик ЭҲМлар ишлатилса айни муддао бўлар эди, чунки организмда ҳамма хужайралардаги жараёнлар бир вақтнинг ўзида бир-бири билан узвий боғлиқ равишда кечади.

Хужайралар тўплами, орган, тўқима ва организм фаолиятини хужайралар ички фаолияти орқали моделлаштирувчи тақлидий хужайралар ривожланиши моделини (ИКМР) тузиш навбатдаги кадам бўлди. Бу модел 1986 йил Бутуниттифоқ алгоритмлар ва программалар фондига қабул қилинган.

ИКМРда 400 хужайра гуруҳи, 13 турдаги хужайра фаолияти, хужайралараро муҳит ва ташқи муҳит кўрилади. Ҳар бир хужайрада унинг наслий программаси, фермент системаси, энергетик жараёнлари, хужайралараро алоқа ва ҳоказо фаолиятлари моделлаштирилган. ИКМР билан ишловчи мутахассис ўзи истаган хужайра тўплами, орган, тўқима ёки организмнинг хужайравий тузилишини 400 ўлчамли майдон орқали ЭҲМга киритиши мумкин. Хужайралар фаолиятининг бошланғич кўриниши ва ташқи муҳит хусусиятлари берилса, унда ЭҲМда мутахассис жойлаштирган биосистема «яшай» бошлайди. Ички ва ташқи хусусиятларини ўзгартириб, биосистема фаолиятининг ўзгаришини кузатиш мумкин.

Демак, ИКМР асосида биз биологик тажриба сингари ҳисоблаш (ЭҲМ тажриба) ўтказишимиз мумкин. Шуни айтиб ўтиш керакки, ЭҲМ тажрибада биологик тажрибага нисбатан бир қанча ютук кўлга киритилади. Аввало, тажриба учун тирик мавжудот нобуд қилинмайди, жуда қимматбаҳо реактив ва асбоб-ускуналар ишлатилмайди, ЭҲМнинг тезкорлиги натижасида тирик мавжудотда, масалан бир ой ичида рўй берадиган ўзгаришлар ЭҲМ тажрибада бир неча дақиқада таҳлил қилиниши мумкин ва ҳоказо.

шимиз мумкин. Демак, бу модел ёрдамида пахтани етиштириш масалаларига оид кўп муаммоларни ҳал қилиш мумкин. Ишлаб чиқилган ғўза модели асосида ТошДУ олимлари билан ҳамкорликда вилт муаммоси соҳасида илмий иш олиб борган эдик. Вилт касаллигига олиб келувчи замбуруғ алоҳида хужайралар тўплами сифатида моделлаштирилди ва уларнинг ғўза хужайралари билан муносабати ЭҲМда тажриба орқали ўрганилди. Ҳар хил ички ва ташқи муҳит параметрлар қийматлари учун ўтказилган ЭҲМ тажрибалари кўрсатишича, ғўза ва замбуруғ ўз фаолияти даврида бир-бирига ёрдам бериб, симбиотик равишда (инок) яшашлари мумкин экан. Ташқи муҳитнинг кескин ўзгариши улар муносабатида озукавий рақобатни келтириб чиқарар ва бу рақобат маданийлаштирилган ғўза учун кўпинча ҳалокатли бўлар экан.

Демак, агар биз ЭҲМ тажрибалари асосида вилт муаммосини ҳал қилмоқчи бўлсак, унда ташқи муҳитни яхшилашга, ғўза ва замбуруғларнинг инок яшашини таъминлашга интилишимиз керак.

Энди хужайранинг ўз-ўзини бошқариш усулларини ЭҲМда таҳлил қилиш соҳасида кўрилган масалаларидан яна бири - рақобат касаллигининг келиб чиқиш сабабларини моделлаштириш орқали текшириш натижаларига ўтамиз.

70-йиллар бошида илмгоҳимизда бу муаммони биология ва тиббиёт қонуниятларига асосланиб хужайра кибернетикаси нуқтаи-назаридан чуқур таҳлил қилиш, рақобат билан касалланган хужайралар фаолияти организмнинг бошланғич ҳомила давридаги хужайралар фаолияти билан мос келишини, иккаласи ҳам бирхил наслий режа асосида ривожланишини кўрсатди. Бу наслий режани ҳомиланинг мустақил ўсиш режаси (МЎР) деб аташ мумкин.

Моделлаштириш асосида ИҚда олиб борилган илмий изланишлар шуни кўрсатдики, МЎР бир-бири билан боғланган, кетма-кет ишга тушадиган 4-та программадан иборат экан:

$M \dot{U} R \in (P_f \cup P_m \cup P_s \cup P_b)$.

Бу ерда,

P_f - МЎР фаолиятини бошлаб юборувчи программа;

P_m - мустақил ўсиш учун зарур бўлган оксил ва ферментлар ёзилган программа;

P_s - P_m дан и-РНК шаклида кўчириб олинган ахборотни хужайра уруғлангунча сақлаб туришни ташкил қилувчи программа;

P_b - энг кейин ишга тушиб, МЎРни бутунлай бекитишни ташкил қилувчи программа.

МЎРдаги ахборот жинсий хужайра ривожланиши даврида жуда эҳтиёткорлик билан и-РНК шаклида ёзиб олинади ва уруғланишдан кейин ҳомиланинг хужайралари мустақил равишда ривожланиб кетиши учун ишлатилади. И-РНК қисқа вақт яшагани учун МЎР тез орада ўз кучини йўқотади ва организм хужайралари бир-бири билан чамбарчас боғлиқ равишда ривожланади.

МЎРдаги ахборотнинг очилишида Пф программасининг аҳамияти катта. Уруғдонда ва жинсий хужайрада ҳамма шароит мавжуд бўлгандагина Пф фаоллашади ва Пм, Пс, Пб программаларини кетма-кет ишга туширади. Мустақил ўсиш учун керак бўлган оқсил ва ферментлар тўғрисидаги ахборот и-РНК шаклида кўчирилиб махсус оқсиллар туркуми билан боғланади ва кейин МЎР беркитиб ташланади. Жинсий бўлмаган организм хужайраларида МЎРнинг очилиши уларнинг мустақил равишда ривожланиб, зарарли ўсимта - рак ҳосил бўлишига олиб келиши мумкин. Бу жараён асосан ташқи муҳит таъсири остида Пф программасининг фаоллашиб кетиши натижасида рўй беради.

Албатта, Пфнинг фаоллашуви ҳали рак ҳосил бўлади деган сўз эмас. Бунда хужайрада фақат зарарли ўсимтага олиб келувчи ахборотни молекула бирлашмалари ишлаб чиқаради. Лекин организм анча вақт қаршилик қилиб, умуман ўсимтанинг пайдо бўлишига йўл қўймаслиги мумкин. Бунда организмнинг бақувватлиги, наслий турғунлиги, ташқи муҳитнинг орасталиги катта аҳамиятга эга. Организм хужайраларига, уларнинг органоидлари ва генларига таъсир қилувчи радиация, зарарли микроэлементлар, пестицид ва гербицидлар хужайра фаолиятини бузиб юбориши ва МЎРнинг очилиб кетишига олиб келиши мумкин. Олимларимиз томонидан олиб борилган илмий текширишлар натижаларининг кўрсатишича, ташқи муҳитнинг зарарли таъсири хужайра қобиғи, органоидлар, айниқса, энергия ишлаб чиқариш манбаи - митохондриялари ва ядросининг фаолиятини бузиб юборар экан (А.К. Мирахмедов, М.М. Жўраева, Д.Х. Хамидов. «Реакция биологических мембран на факторы внешнего воздействия», Ташкент, «Фан», 1988). Организмга радиация таъсир қилса, хужайра қобиғи ишдан чиқиб, модда алмашинувини бошқариш зарарланар экан. Пестицид ва гербицидлар хужайра органоидларини емириб, наслий программа жойлашган хроматинлар тузилишини бузиб юборар экан. Ташқи

муҳитнинг зарарли таъсири айниқса хомила хужайраларига нисбатан ҳалокатли.

Бунда МЎРнинг ҳам таъсирланиши ва очилиб кетиши мумкин. Натижада организмда зарарли ўсимта ҳосил бўлади.

Демак, рак касаллигининг камайиши ҳам худди юқорида кўрилган вилт сингари ташқи муҳитнинг радиация ва зарарли моддалардан тоза бўлишига, табиатни асраб, сунъий ўғитларни камроқ ишлатиб экин етиштиришга, умуман табиатни муҳофаза қилишга катта эътибор беришимизга боғлиқ. Б.Н. Хидиров, М. Сайдалиевалар рак касаллигининг келиб чиқиши сабабларини хужайра кибернетикаси асосида текшириб чиққанларига йигирма беш йилдан ошди (Вопросы кибернетики, No 88, Ташкент, 1976, С. 85-89). Ўша даврларда асосан раkning вирус назарияси олимлар орасида ҳукмрон эди. Геномнинг ўзида рак келтириб чиқарувчи программалар бор деган фаразга ишонқирамай қаралар эди. Ўтган вақт ичида молекуляр биология соҳасидаги олимлар томонидан хужайра геномида эллиқдан ортиқ рак касалига алоқадор генлар топилди (уларга протоонкогенлар деб ном берилди), улардаги ахборот асосида ишлаб чиқиладиган оқсиллар аниқланди. Рак касаллигининг организм наслий программаси геномга алоқадор эканини узил-кесил исбот этган Дж.М. Бишоп ва Г.Э. Вармус 1989 йили Нобел мукофотига сазовор бўлдилар. Улар протоонкогенларни, рақда иштирок қилувчи оқсилларни аниқлашда ва хужайраларнинг зарарли ўсимтага айланиш йўллариини ўрганишда жуда фаол иштирок этдилар. Бу эса рак касаллигида иштирок этувчи генлар фақатгина геномга алоқадор бўлиб қолмай, балки улар организм ривожланиши учун жуда зарур бўлган мустақил ўсиш даврини бошқарувчи программалар гуруҳини ташкил қилишига аниқлик киритди. МЎРнинг хужайра геномида мавжуд эканлигини исботлаб берди.

Б.Н. Хидиров ва М. Сайдалиеваларнинг илмий ишларида кўрсатишича МЎР тўғрисида тушунча ва унинг организм фаолиятидаги ўрни рак касаллигини олдиндан аниқлаш, даволаш ва олдини олиш масалаларини ечишда жуда катта ёрдам бериши мумкин. МЎР фаолиятини бошлаб берувчи Пф программаси маҳсулоти рак касаллигини олдиндан аниқлашга имкон беради. Пф дан анча кейин ишга тушадиган Пм ва Пс программалари маҳсулотлари орқали (уларни қон таркибида аниқлаш мумкин) рак касаллигининг кетиши тўғрисида ахборот олиш мумкин. Энг

асосийси, Пб программаси маҳсулоти (онкорепрессорлар) МЎРни беркитади, яъни рак касалини тўхтатади. Демак, рак касалигининг давоси организмнинг ўзида мавжуд.

Хужайра кибернетикаси, биология ва тиббиёт соҳасида илмий иш олиб борувчи олимлар ҳамкорлигида онкорепрессорлар тузилишини аниқлаш асосида рак касаллигининг олдини олувчи дори-дармонлар яратишни йўлга қўйиш мумкин. Бу соҳадаги илмий ишлар асосан қуйидаги вазифаларни бажариши керак:

1. Биологик ва ЭҲМ тажриба асосида МЎР программаларининг ишлаш даврини аниқлаш.

2. Рак касаллигини олдиндан диагностика қилиш учун Пф программаси маҳсулотларини аниқлаш.

3. Протоонкогенларни беркитувчи онкорепрессорларни (Пб маҳсулотини) топиш.

4. Клиник тадқиқотлар, ЭҲМ тажриба орқали онкорепрессорлар таъсири кучини аниқлаш ва энг кучлиларини ажратиб олиш.

5. Профилактика ва даволаш мақсадида онкорепрессорларни сунъий ишлаб чиқариш усуллари яратиш.

Агар шу илмий ишлар яхши йўлга қўйилса, яқин йилларда рак касаллигини олдиндан аниқлаш, даволаш ва профилактика қилиш мумкин бўлади. Лекин бу фақат олимларга эмас, илм-фан ривожига мутасадди ҳукумат арбоблари ташаббусига боғлиқ.

Бу параграфда хужайра кибернетикаси соҳасида олиб борилаётган илмий ишларнинг жуда оз қисмининг илк натижаларини келтирдик. Ҳозир қилинаётган ва айниқса келгусида режаланган илмий ишлар хужайра биологиясининг деярли ҳамма соҳаларини қамраб олган ва кибернетиканинг энг замонавий воситалари асосида биология ва халқ хўжалиги соҳасидаги долзарб муаммоларни ечишга бағишланган. Вақти келиб улар ҳам илмий изланишлар, мунозаралар ва ЭҲМ тажрибалар қозонида етилиб, оммабоп кўринишда ёзиладиган даражага келар ва албатта сиз китобхонларга тақдим қилинар деган умиддамиз. Эҳтимол ўз фаолиятини илм-фан чўққиларини забт этишга бағишладан кўрқмайдиган ёш китобхонлар бу изланишларда бизнинг ҳамроҳимиз бўлар.

III БОБ. НАНОТЕХНОЛОГИЯЛАР

3.1-§. НАНОТЕХНОЛОГИЯЛАР XXI АСР ТИББИЁТИДА

Ҳозирги даврда *нанофан* инсон фаолиятининг жўшқин ривожланаётган соҳаларидан бирига айланди. Гапни у нима учун *нано* деб аталишидан бошлайлик. Нано узунлик бирлиги бўлиб, нанометр (нм) 10^{-9} м га тенг, яъни микрометрдан 1000 марта кичик (ёки метрнинг миллиарддан бир қисмига, яна қиёслайдиган бўлсак, миллиметрнинг миллиондан бир қисмига тенг) ҳамда тахминан битта атомдек келади. Тасаввуримизни янада аниқлаштириш учун яна шундай мисол келтирамиз: инсоннинг битта соч толаси битта нанометрдан олтмиш минг марта йўғонроқ. Шундай қилиб, нанооламнинг асосий ўрганиш объектлари ўлчамлари битта нанометрга яқин бўлган атомлар ва молекулалардир. Куролланмаган кўз билан инсон диаметри тахминан 10 минг нанометр бўлган предметни кўра олади. Агар одамнинг бўйини 1 нанометр деб тахмин қилсак, бу ҳолда ердаги атиги бир метрга тенг масофа 1 миллилард метрга (яъни 1 млн км га) айланган бўлар эди, бу Ердан Ойгача бўлган масофанинг (356 минг км) учга кўпайтирилганига тенг. Яъни ойдан қайтиб келиш имкониятининг ўзи қолмас эди.

Ўлчамлари 1дан 100 нанометргача бўлган заррачалар одатда *нанозаррачалар* деб аталади. Катта-кичиклиги ақалли битта ўлчамда 100 нм дан кичик қийматни ташкил этган заррачаларни нанометрли заррачалар деб аташ қабул қилинган. Айрим материалларнинг нанозаррачалари жуда яхши каталитик ва адсорбциялаш хусусиятига эга экани маълум бўлди. Бошқа материаллар эса ажойиб оптик хусусиятларга эга экан. Масалан, нанокукунлар асосида ўлчамлари 2-28 нм бўлган, хусусиятлари эса кронникидан ҳам яхшироқ шаффоф сопол материаллар олинди (синиш бурчаги кўрсаткичи 1,2 ўрнига 2,8 га тенг). Сунъий нанозаррачаларнинг нанометрли табиий объектлар – оксиллар, нуклеин кислоталари ва ҳ.к. билан ўзаро алоқалари олинди. Яхшилаб тозаланган нанозаррачаларнинг ўзи мустақил равишда маълум тузилмалар ҳосил қилиб теририлиши мумкин. Бундай

тузилма қатъий тартибга солинган нанозаррачалардан иборат бўлади ҳамда у ҳам аввал мисли кўрилмаган муҳим хусусиятларни намоён этади.

Нанотузилмалар квант қонунларига бўйсунди ҳамда кароолам хусусиятларидан фарқланадиган хусусиятларга эга бўлади. Мана шундан *нанофан* атамаси юзага келди. Нанофан атамаси ҳозирги пайтда атом ва молекуляр даражадаги ҳодисаларга бағишланган тадқиқотларни аташ, пировард мақсади наномаҳсулотлар олиш бўлган нанотехнология жараёнларини илмий асослаш учун қўлланади. Шундай қилиб, нанофан нанотехнологиянинг дастлабки босқичи сифатида олиб қаралиши мумкин [1].

Нанозаррачаларга биринчи бор эътибор қаратган олим америкалик назариётчи-физик, Нобель мукофоти лауреати Ричард Фейнман [2, 3] бўлди. У 1959 йил 29 декабрда ўқиб эшиттирилган ўзининг машҳур рождество маърузасида: «У ерда – пастда жой тўлиб ётибди»: - деган эди. «Пастда» дегани физиклар тилида микрооламни билдиради. Олим индивидуал атомлар ва молекулаларни бошқаришга қодир бўлган жараённи тавсифлаб берди, бу жараён шунингдек аниқ инструментлар тўпламининг биридан кичикроқ ўлчамли бошқа бир тўпламни яратиш учун, бунисидан ундан ҳам кичикроқ ўлчамли тўпламни яратиш учун ва ҳ.к. фойдаланиб ривожлантирилиши мумкин. Шундай қилиб, у пропорционал кичикроқ бошқа заррачаларни бошқариш учун хизмат қилади. Анъанавий кимёвий таркибли моддалардан нанометрли диапазонда тузилмаларнинг яратилиши ушбу моддаларга мутлақо янги хусусиятлар бахш этиш имконини берадики, булар ноёб механик пишиқлик, махсус спектрал, электр, магнит, кимёвий, биологик хоссалардир. Тиббиётда нанотехнологиялардан жарроҳликда қўлланадиган янги конструктив материалларни, антисептик хоссалари юқори бўлган боғлаш воситаларини яратиш, дориларни тўқималарга адресли етказиб бериш, самарали вакциналарнинг янги авлодига, шу жумладан организмга перорал йўл билан киритиладиганларига эга бўлиш учун фойдаланилади.

Тиббиётда микроскопик қурилмаларни қўллаш тўғрисидаги фикрни ҳам биринчи бор 1959 йилда Р.Фейнман билдирган эди. Аммо унинг бу соҳадаги таклифлари фақат сўнгги йиллардагина ҳақиқатга яқинлашди. Олим қон томирлари тизими орқали юрак ичига кириб, у ерда клапанда операцияни амалга оширишга қодир

бўлган микроробот тавсифини берди. Албатта, бугунги кунда биз бундан анча узоқдамиз. Ҳозирча бу хаёлот, фантастика! Бирок бугунги кунда «нанотехнология» сўзини жаҳоннинг етакчи давлатлари президентлари оғзидан кўймайди.

Нанороботлар (инглиз тилидаги адабиётларда «наноботлар», «наноидлар», «нанитлар» атамалари ҳам қўлланади) – наноматериаллардан яратилган ҳамда ўлчамлари молекулага яқинлашадиган роботлар бўлиб, ҳаракатланиш, ишлов бериш ва ахборот узатиш, дастурларни бажариш функцияларига эга. Нанороботларнинг катта-кичиклиги бир нечта нанометрдан ошмаслиги керак. Нанороботлар иккиёқлама алоқани амалга оширишни билишлари лозим: акустик сигналларни сезиши ва товуш ёки электр тебранишлар воситасида ташқаридан зарядланиши ёки қайта дастурланишга қодир бўлиши керак. Шунингдек репликация функцияси ҳам муҳимдир. Бу дегани нанороботлар ўзлари янги нанороботларни йиғишлари, дастурда кўзда тутилганидек ўз-ўзини йўқ қилишлари лозим. Бу нима учун керак? Айтайлик, ишлаш муҳити, масалан, инсон танаси ўзида нанороботларнинг бўлишига эҳтиёж сезмай қолганда, бунинг учун улар организм учун зарарсиз ва ундан тез чиқиб кетадиган компонентларга парчаланиши лозим. Ўз нусхаларини яратишга, яъни ўзини-ўзи қайта ишлаб чиқаришга қодир нанороботлар *репликаторлар* деб аталади. Нанороботларни яратиш имкониятлари Эриком Дрекселернинг «Машины созидания» («Яратувчи машиналар») [4] китобида кўриб чиқилган.

2009 йилга келиб нанороботлар яратилиш босқичида турибди. Айрим олимларнинг таъкидлашларича, нанороботларнинг айрим компонентлари яратиб бўлинган. Молекуляр машиналарнинг айрим ибтидоий прототиплари ихтиро қилинган. Масалан, катта-кичиклиги 1,5 нм га яқин переключателга эга бўлган, кимёвий намуналарда алоҳида молекулаларнинг ҳисобини юритишга қодир бўлган датчик шулар жумласидандир.

Беморга укол билан юборилиб, нанодаражада симсиз алоқа вазифасини ўтайдиган тиббий нанороботларни яратиш режалари мавжуд. Бундай роботларни мустақил нусха кўчириш жараёнида яратиб бўлмайди, чунки бунда нусха кўчириш пайтида хатоларнинг юзага келиш эҳтимоли бўлади, улар эса наноқурилма ишончлилигини пасайтириши ва тиббий вазифаларнинг бажарилишини ўзгартириб юбориши мумкин. Шунинг учун нанороботларни

ихтисослашган тиббий нанофабрикаларда ишлаб чиқариш режалаштирилади.

Нанороботлар ёки молекуляр роботлар хужайра геномини қайта лойиҳалашда, хужайра функцияларини такомиллаштириш учун генларни ўзгартириш ёки янгиларини қўшишда қатнашиши мумкин. Бундай трансформацияларни истиқболда жонли, яшаб турган организм хужайралари устида, айрим хужайралар геномини ўзгартирган ҳолда амалга ошириш, организмнинг ўзини ҳам ҳар қанча трансформациялаш мумкин.

Микроскопик роботлар инсоният учун муҳим бўлган кўплаб масалаларни ҳал қилиши, тиббиётда тўнтариш ясаши, зарарли чиқиндиларни йўқ қилиши, ҳатто кишиларнинг бошқа сайёраларда яшаши учун керакли инфратузилмани яратиши мумкин. Бироқ, ҳар қандай, ҳатто энг арзимас кичик дастурий адашиш ҳам инсоният учун фожияли бўлиши мумкин.

Ҳозирги пайтда молекулалар ўртасида куч алоқалари, навигация, манипуляциялар учун инструментарий, ҳаракатлан-тириш аппарати, тиббиёт масалаларини ҳал қилиш учун мўлжалланган молекуляр моторлар ва борт компьютери масалалари ўз ечимини кутмоқда. Гарчи ушбу масалаларнинг катта қисми ҳозирча ҳал қилинмаган, батафсил муҳандислик таклифлари берилмаган бўлса-да, «Нанофабрикаларни ишлаб чиқиш бўйича ҳамкорлик» ташкил этилди. 2000 йилда асос солинган ушбу ҳамкорлик фаолияти назорат қилинадиган олмос механик-синтетик нанофабрикани яратишга қаратилган бўлиб, у олмос бирикмалари асосида тиббий нанороботлар ишлаб чиқара олади.

XXI аср техника тараққиёти аввал жуда қиммат бўлган товарлар ва машиналарни, шу жумладан олмослар ёки наноматериаллардан тайёрланганларини оммавий ишлаб чиқариш имконини беради. Масалан, компьютерлар, уяли телефонлар ва Интернет атиги 50 йил аввал ақл бовар қилмайдиган ажойибот бўлиб туюлар эди, энди эса улар инсоният қандай заковат чўққиларига эришганини ва келажакда яна қандай тафаккур мевалари кутилаётганини англаб етган мутахассислар ва олимлардан бошқа ҳеч кимни ҳатто ҳайрон ҳам қолдирмайди. Улар кундалик ҳаётнинг оддий зарур ашёларига айланиб қолди.

Кўпчилик нарсалар бир хил атомлардан таркиб топади, шу атомларнинг жойлашиш тартиби, яъни уларнинг тузилиши бу қандай модда эканини белгилаб беради. Масалан, кимёвий

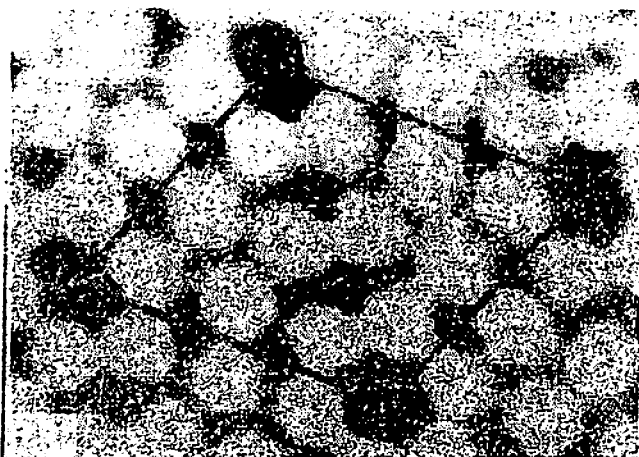
реакциялар ёрдамида, атомлар тартибини ўзгартира бориб, табиат тупрок, сув ва гўнган қулупнай яратади. Мана шу ўринда мияга ғоят жозибали фикр келади: истиқболда бизнинг ўзимиз ўз истагимиз билан бир моддаларнинг атом тузилишини ўзгартириб, бошқа моддаларга эга бўла оламизми?! Қарангки, инсоният нанотехнологиялар ёрдамида мана шу имкониятни амалга оширишга яқинлашди.

«Нанотехнологиялар» атамасини 1974 йилда биринчи бор япон олими Нораёо Танигучи қўллади. Бу атамадан олим алоҳида атомлар устида манипуляциялар ёрдамида янги объектлар ва материалларни тузиш жараёнини тавсиф этиш учун фойдаланди [5]. Эрик Дрекслер 1986 йилда молекуляр технологияларнинг умумий номини келтирди. 1992 йилда эса АҚШ Конгресси комиссияси ҳузурда айтган сўзларида эса ўзи ихтиро қилган *нанотехнология* фанининг асосий тамойилларини ифодалаб берди. Айнан Эрик Дрекслер илмий жамоатчиликни бўлажак ўзгаришлар моҳиятини англаб етишга ундади. Олим ўзининг «Машины созидания. Прибывающая эра нанотехнологии» (Яратувчи машиналар. Кириб келаётган нанотехнологиялар асри«), «Наносистемы: Молекулярные машины, Производство и вычисление» («Наносистемалар: Молекуляр машиналар, Ишлаб чиқариш ва ҳисоблаш») [4, 6, 7] ва бошқа китобларида наномасштабдаги ҳодисалар ва қурилмаларнинг технологик аҳамиятини очиб берди ва ривожлантирди.

Швейцария олимлари Герд Бинниг ва Генрих Рорер 1982 йилда Цюрихда сканлайдиган туннель микроскопига (СТМ) патент олдилар. Унда «туннель эффекти» деб аталувчи ҳодиса қўлланган. Бунинг моҳияти нимада? Иккита атом бир-бирига жуда яқин турганда, электрон биттасидан иккинчисига ўта олади. Сканирлайдиган туннель микроскопида ўткир вольфрам игнадан зонд каби фойдаланилади. У тадқиқ этилаётган юзадан бир неча атом диаметрига тенг масофада жойлаштирилган бўлади. Игна учидан юзагача бўлган вертикал масофа z аниқ бошқарилиши мумкин, учнинг ўзи билан эса $x - y$ яссилигида сканлаш ва бир пайтнинг ўзида ё берилган доимий кучланишда игнанинг электр тоқини ёки доимий тоқда кучланишни ўлчаб бориш мумкин [8].

Бундай сканирлашда вужудга келадиган даврий манзара юзанинг атом тузилиши даврийлигини акс эттиради. Дастлабки эълон қилинган тасвирлар кремний монокристалли текнслигининг

юзакни қайта қурилишини {II} ва бунинг натижасида 7 x 7 ромбсимон тузилма шаклланганини кўрсатиб берган эди (3.1-расм). Игна ва намуна ўртасидаги потенциал айирмасини ўлчаб, намуна сатҳигача бўлган масофага боғлиқ ҳолда электрон зичликни аниқлаш мумкин бўлади.



3.1-расм. Кремний монокристалли текислигининг ромбсоздрик 7 x 7 қайта қурилган якка ячейкаси {II} [9].

Сканирлайдиган туннель микроскоплари намуна сатҳининг усти ва остида электрон зичлигининг фазовий тақсимланиши тўғрисида ахборот беради. Бу кашфиёт нанотехнологияларнинг ривожланишида улкан аҳамиятга эга бўлди, чунки бу алоҳида атомларни кўрсата оладиган биринчи микроскоп эди.

Бироқ сканирлайдиган туннель микроскопининг битта камчилиги бор эди: унинг ёрдамида фақат электр токини яхши ўтказадиган материалларнигина ўрганиш мумкин эди.

1986 йили Герд Биннинг янги атом-куч микроскопини таклиф этди. У ҳар қандай сатҳларни ўрганиш имконини беради, ўрганилаётган материал рельефи битта атомгача аниқликда акс эттирилади. Мўъжизакор микроскоп игнаси атомларни нафақат кўриш, балки улар устида турли амалларни бажариш (манипуляция қилиш) имконини ҳам беради. Бундай микроскоп ёрдамида атомни «илиб олиб», керакли жойга олиб ўтиш ва жойлаштириш мумкин. Бошқача қилиб айтганда, назарий жиҳатдан атомлар

устида турли амалларни бажариш ва улардан нима керак бўлса, шуни, ҳар қандай предмет ёки моддани бевосита йиғиш имконияти туғилди. Бу эса, ўз навбатида, аввалдан берилган ва ғайриоддий хусусиятларга эга бўлган материалларни яратиш имконини беради. Атомлар ёки молекулаларни жойдан жойга олиб ўтиш, бирлаштириш ёки айириш бўйича хатти-ҳаракатларни бажаришда бир қатор техник қийинчиликлар юзага келади. Уларни енгиб ўтиш учун ўта юқори вакуум шароитини яратиш (10^{-11} Тор.) талаб қилинади, микроскоп ва унинг таглигини ўта паст температурагача (4-10 К) совутиш зарур бўлади, таглик юзаси атомар даражада тоза ва силлиқ бўлиши шарт. Бунинг учун унга механик-кимёвий ишлов беришда махсус технологиялар қўлланади. Чўктирилаётган атомларнинг юзаки диффузиясини камайтириш учун таглик сови-тилади. Келажакда катта-кичиклиги молекулага тенг наномашиналар – механизмлар ва роботларни яратиш кўзда тутилмоқда. Шундай микроскопларни яратган муаллифлар 1986 йилда Нобель мукофотига сазовор бўлдилар.

Зонд микроскопияси ёрдамида ҳозирги пайтда алоҳида молекулалар ва атомларнинг жойдан жойга кўчиши амалга оширилади. Бироқ у ҳаракат диапазонида чекланган, молекулалардан объектларни йиғиш процедурасининг ўзи ҳам «инсон – компьютер – манипулятор» интерфейсининг мавжудлиги туфайли нанодаражада автоматлаштирилиши мумкин эмас.

Тунеллашувчи микроскопларнинг ишлаб чиқарилиши ҳозирги пайтда Зеленоград технопаркида (Россия) НТ-МДТ хусусий фирмаси томонидан йўлга қўйилган.

2000 йилда чет элда 10 жилдлик энциклопедия чоп этилди, унда нанотехнологияга шундай таъриф берилган: *«Материаллар, функционал тузилмалар ва қурилмаларни атом, молекуляр ва нанометрли даражада яратиш, тайёрлаш, тавсифлаш ва амалга ошириш фани ва техникаси».*

Нанотехнологиялар анъанавий фанлардан сифат жиҳатдан фарқ қилади, чунки бундай масштабларда одатий бўлган (макроскопик) технологияларни материя билан ишлашда кўп ўринда қўллаб бўлмайди, оддий масштабларда назарга илинмайдиган даражада заиф кўринган микроскопик ҳодисалар эса анча салмоқли бўлиб бормоқда ва қутилмаган янгилликлар келтирмоқда: алоҳида атомлар ва молекулаларнинг (ёки молекулалар агрегатларининг) хусусият-

лари ва ўзаро алоқалари, квант эффектлари мутлақо янги тус касб этмоқда.

Амалиётда нанотехнологиялар бу ўлчамлари 1дан 100 гача нм оралиғида бўлган атомлар, молекулалар ва заррачаларни яратиш, ишлаш ва улар устида манипуляцияларни амалга ошириш учун зарур қурилмалар ва уларнинг таркибий қисмларини ишлаб чиқариш технологияларидир. Натижада объектлар уларнинг каттароқ масштабдаги тўлақонли фаолият кўрсатувчи тизимларга интеграциясини амалга ошириш имконини берадиган мутлақо янги сифатларга эга бўладилар.

Нанотехнология фундаментал ва амалий фан ва техниканинг фанлараро соҳаси бўлиб, назарий асослаш, амалий тадқиқот, анализ ва синтез методларининг мажмуи, шунингдек аввалдан берилган атомар тузилмага эга бўлган маҳсулотларни алоҳида атомлар ва молекулалар устида назоратли манипуляцияни амалга ошириш йўли билан ишлаб чиқариш ва қўллаш методлари мажмуи воситасида иш кўради.

Бироқ ҳозирда нанотехнология жадал ривожланиш босқичида турибди, ва бу соҳада башорат қилинаётган асосий кашфиётлар ҳаётга татбиқ этила бошлади. Олиб борилаётган тадқиқотлар амалий натижалар бера бошлади. Нанотехнологияда илғор илмий натижаларнинг қўлланиши уни *юқори технологиялар* қаторига қўйиш, «янги sanoat инқилоби» тўғрисида сўз юритишга тўла асос беради.

«Нанотехнологиялар: Янги катта ғояга кириш» [10] китобининг муаллифи Марк Ратнернинг ҳисоблашича, нанотехнологиялар айнан 2001 йилда инсоният ҳаётининг бир қисмига айланди. Шу йили «Science» журнали нанотехнологияларни «йилнинг портлаши» деб, «Forbes» журнали эса «янги истикболли ғоя» деб атади.

Нанотехнологиялардан бугунги кунда ҳарбий соҳада, электроника, биология, тиббиёт, фармацевтика, энергетика, атроф муҳит муҳофазаси, қурилиш ва материалшунослиқда фойдаланилади (3.2-расм).

Янги моддаларни олиш нанотехнологиясида иоматериаллар билан алоқага киришган наноматериалларнинг ғайриоддий феъл-атвориға таъсир кўрсатадиган катализаторлардан фойдаланиш масаласи алоҳида ўрин эгаллайди. Биоматериалларни ишлаб чиқиш соҳасида олимларнинг диққати ҳозирги замон имплантологияси,

ортопедияси, стоматологиясини янги босқичга кўтариши лозим бўлган нанозаррачаларга, шу жумладан нанокристалларга қаратилган.

Жаҳонда нанотехнологияларни амалга оширишга қаратилган инвестицияларнинг йиллик ҳажмини 20-50 млрд. долларда баҳолаш мумкин. Нанотехнологиялар соҳасида СМР Cientifica консалтинг компаниясининг асосчиси Тим Харпер ҳисоб-китобига кўра, нанофармацевтика бозорининг 2012 йилдаги умумий обороти 3,2 трлн. долларни ташкил этади, нанотехнологиялар бозорининг умумий ҳажми 2012 йилда 2 трлн. долларга етиши мумкин. Нанотехнологияларга йўналтирилган жами жаҳон инвестицияларининг тахминан учдан бир қисми АҚШ ҳиссасига тўғри келади. Нанотехнологияларга инвестицияларни кўзга кўринарли даражада жойлаётган бошқа мамлакатлар қаторида Европа Иттифоқи ва Японияни кўрсатиш мумкин. Ҳозирда нанотехнологиялар билан жаҳоннинг тахминан элликка яқин мамлакати фаол шуғулланиб келмоқда. Бунда АҚШ, Япония, Жанубий Корея ва Германия пешқадамлик қилмоқда. Бу соҳадаги тадқиқотлар шунингдек собик Иттифоқ мамлакатларида, Австралия, Канада, Хитой, Исроил, Сингапур, Бразилия, Тайвань, Буюк Британия, Францияда ҳам олиб борилмоқда. Бундай мамлакатлар қаторида Россия иккинчи ўнликда ўрин эгаллаган [11].

Башоратлар шундан далолат берадики, 2015 йилга келиб нанотехнология саноати соҳалари ходимларининг умумий сони 2 млн. кишини ташкил этади. 2007 йилнинг 20 июлида «Россия нанотехнологиялар корпорацияси» таъсис этилди. Россия ҳукумати ушбу корпорация фаолиятига 2015 йилгача 318 млрд. рубл ажратди. 2008 йилнинг 8 октябрида «Россия нанотехнология жамияти» тузилди. Жамият вазифалари қаторига «россия жамиятига нанотехнологиялар соҳасида билим бериш ва мамлакатда нанотехнологик ривожланиш фойдасига мақбул ижтимоий фикрни шакллантириш» киради. Францияда турли соҳа олимлари ва саноатчиларини бирлаштирган нанотехнологлар клуби очилди. Буюк Британияда биринчи ихтисослашган «Нанотехнология» ва «Нанобиология» журналлари чоп этила бошлади. Уларда нанотехнологик комплекслар, нафақат Ерда, балки космосда ҳам қўлланиши кўзда тутилган нанороботларни яратиш учун ушбу комплекслардан фойдаланишга бағишланган кўплаб илмий ишлар эълон қилинмоқда.

1997 йилда Буюк Британияда Европада биринчи Нанотузил-мали материаллар институти ташкил этилди. Жаҳоннинг кўплаб институтларида (АҚШ, Германия, Япония, Англия, Франция, Италия, Швейцария ва б.) нанотузилмалар лабораториялари ва бўлимлари очилди. Бешинчи Форсайт конференциясида К.Э.Дрекслер 2020 йилга келиб алоҳида атомлардан нанокурул-маларни йиғиш имконияти яратилишига ишончи комил эканини эълон қилди. Нанотехнологияларнинг юзага келиш ва ривожланиш жараёнини мувофиқлаштириш мақсадида 2002 йилда Европада нотижорий ташкилот бўлган «Европа нанобизнес ассоциацияси» яратилди. Унинг асосий мақсади нанотехнологияларнинг қўлланишига асосланган кучли ва рақобатбардош Европа саноати ривожини қўллаб-қувватлаш деб эътироф этилди. Нанотехнологиялар соҳасидаги бундай маълумотларни яна давом эттириш мумкин.

Калифорния университети қошидаги Нанотехнологиялар марказининг башоратига кўра 2014 йилга келиб наномахсулотлар бозорининг йиллик обороти 14 триллион доллардан ошиб кетади, бу умумий товар ишлаб чиқаришининг 15%ни ташкил этади.

Бугунги кунда илмий тадқиқотларнинг фаоллиги бўйича дастабки бешта ўринни АҚШ, Япония, Хитой, Германия ва Франция эгаллаб келмоқда. ХХРда 2000-2007 йиллар мобайнида нанотехнологиялар билан шуғулланадиган 600 компания очилди. Берилган дастур бўйича атомлардан ҳар қандай нарсени туза оладиган микроскопик нанороботлар яратиб бўлинди. Эндиликда бутерброддан автомобилга қадар ҳар қандай молекуляр тузилмани яратишни ўзлаштириб олиш қолди. Ва бу нанотехнологик ишланмаларнинг гултожи бўлади. Уларнинг пайдо бўлишини яна камида 40-50 йил кутиш керак.

Нанотехнология – бу кимё, физика ва биология соҳасидаги фундаментал билимлар асосида ҳаётнинг турли соҳаларида нанообъектларни яратиш ёки табиатнинг ўзидан топиш, уларни назорат қилиш ва қўллаш дегани (3.3-расм). Нанотехнология дарахтидан анча шоҳлар ўсиб чиқиб бўлди: булар наноматериаллар, кейинги авлод наноэлектроникаси ва компьютерлари, углерод асосидаги ажойиб тузилмалар – фуллеренлар ва нанотрубкалар, тиббиёт учун нафдорилар ва нанороботлар ва б.

2025 йилга келиб нанотехнологиялар асосида яратилган дастлабки роботларнинг пайдо бўлиши кутилмоқда. Улар тайёр

атомлардан исталган предметни яратишга, қишлоқ хўжалигида инқилоб яшашга қодир бўлади. Молекуляр роботлар қишлоқ хўжалик ўсимликлари ва ҳайвонларининг ўрнини босадиган озик-овқат ишлаб чиқарадилар. Масалан, назарий жиҳатдан сутни оралиқ ҳалқа бўлган сингирсиз тўғридан-тўғри ўтнинг ўзидан ишлаб чиқариш мумкин. Нанотехнологиялар шунингдек экологик ҳолатни барқарорлаштириши мумкин. Янги саноат турлари сайёраизни заҳарлайдиган чиқиндиларни ишлаб чиқармайди. Нанороботлар бошқа сайёраларни ишғол қилиб, уларда инсон ҳаёти учун яроқли ҳаёт кечириш муҳитини ярата оладилар. Кимёвий жиҳатдан барқарор ҳар қандай тузилманинг тавсифини бериш мумкин бўлса, нимага энди уни қуриш ҳам мумкин бўлмас экан?! Нанотехнология мана шунга интиломда ва бу йўлда қатта ютуқларга эришди. Модомики нанороботни ҳар қандай тузилмани қуришга, жумладан, бошқа нанороботни яратишга дастурлаш мумкин экан, улар жуда арзон бўлади. Улкан гуруҳларда иш олиб бориб, нанороботлар ҳар қандай объектларни кам сарф ва юқори аниқликда ярата олади.

Қариликка нисбатан иккита нуқтаи назар мавжуд [16]. Биринчисига кўра қарилик – бизнинг хужайраларимиз, тўқималаримиз, органларимизда тасодифий хатоларнинг тўпланиш жараёни. Бу уларнинг аста-секин заифлашувига олиб келади. Бу жараённи амалда орқага қайтариб ёки ақалли тўхтатиб бўлмайди. Пировард натижада хатолар миқдори ҳаёт билан келишолмайди ва инсон ўлади. Бошқа нуқтаи назар шундаки, биз генларимизда ўрнашган махсус дастур таъсир оқибатида қариймиз. Бу махсус дастурни, модомики унга эҳтиёж йўқ экан, «синдириш», унинг амалга ошишига аралаштириш мумкин. Шунинг учун қариликдан ўзига мос дори яратиш лозим. Ахир қарилик, қариш организмнинг эркин радикаллари ва оксидланиб бузилишига тўғридан-тўғри боғлиқ. Хужайраларимизни шикастлайдиган эркин радикаллар нафақат ташқи муҳитдан олинади, балки асосан хужайраларнинг ичида ҳосил бўлади. Организмимизда хужайра озуқа моддаларини кислород ёрдамида қайта ишлайди. Бу жараёнда деярли барча энергия организмга фойда келтириб сарфланади. Энергиянинг фақат 1% хужайрада эркин радикалларнинг ҳосил бўлишига кетади: улар эса бизнинг барча тўқималаримиз ва органларимизни шикастлайдиган заҳар. Инсон қатта бўлган сари, хужайранинг муайян қисми – митохондрияларда заҳар тобора кўпроқ ишлаб чиқарилади. Бу ортиқча радикаллардан халос бўлиш керак. Шундай

қилиш керакки, 70 ёшдаги киши хужайрасидаги митохондриялар миқдори 25 ёшдаги кишиники билан тенг бўлсин. Мана шунда киши қариб мункайиб қолиш жараёнидан қутулади. Бунинг учун антиоксидантни митохондриялар ичида бир нечта нм аниқлигида жойлаштириш ҳамда уларни эркин радикаллардан ҳимоя қилиш имконини берадиган махсус моддаларни муттасил қабул қилиб туриш керак. Нанотехнологияларнинг кудрати яна шундаки, бунда модданинг ниҳоятда кичик миқдори ҳам кифоя қилади. Якуний препарат аспиридан қиммат бўлмайди.

Бу ҳали қариликдан даволайдиган таблетка эмас, ҳозирча бу айрим қарилик кўз касалликларига қарши томизиладиган дори холос. Агар томизма дори иш берса, «таблеткалар» тўғрисида ҳам гап юритиш мумкин бўлади. Гап боқий умр ҳақида кетаётгани йўқ, ҳозирча гап ёшлик даврини чўзиш, кишининг қариликдан мункайиб қолишига қарши курашиш устида кетаяпти. Балки қарилик касалликлар устидан ғалаба қозониш эмас, ақалли уларни кўп йилларга орқага суришга эришиш мумкин бўлар. Эҳтимол, биз қарилик ожизлигидан эмас, ўлимни келтириб чиқарадиган бошқа бирон сабабгача умр кўрармиз.

Инсон танаси кўплаб табиий наномеханизмларга эга: кўплаб нейтрофиллар, лимфоцитлар ва оқ қон таначалари организмда муттасил фаолият кўрсатиб, унга бостириб кирган микроорганизмларни йўқ қилади, бегона заррачаларни турли органлардан чиқариб юборади. Нанороботлар қон ёки лимфага оддий укол билан киритилиши мумкин. Ташки қўллаш учун эса нанороботли эритма тўқима участкасига суртилади. Зарарланган хужайраларга дорини етказиб бериш муҳим аҳамиятга эга. Дори одатдагидек киритилганда юз мингта молекуладан фақат биттаси нишонга етиб боради. Оқсил қобиғидаги наноқурилма эса самарадорликни икки марта оширади, истиқболда фагоцитлар томонидан «бегона» сифатида қабул қилинмайди ва ўз вазифасини бажаргач, зарарсиз компонентларга парчаланиб кетади. Нанороботлар саратон шишларини дори воситасида даволашда катта самара бериши мумкин. Улар ҳар қандай органлар ҳолати ва жараёнларни ташхислай олади, шу жараёнларга аралашади, дориларни етказиб беради, тўқималарни бириктиради ва емиради, янгиларини синтезлайди. Нанороботлар кишини муттасил ёшартира олади. Олимлар нанороботларнинг киши организмдаги феъл-атвори дастурини ишлаб чиқдилар, нанороботларнинг артериал муҳитда

ҳаракатланиш, датчиклар ёрдамида оксилларни қидириш аспекти батафсил ишлаб чиқилди. Нанороботларнинг қандли диабетни даволаш, қорин бўшлиғи, мия аневризмаси, саратонни текшириш, захарловчи моддалардан биохимоялаш бўйича виртуал тадқиқотлар олиб борилди.

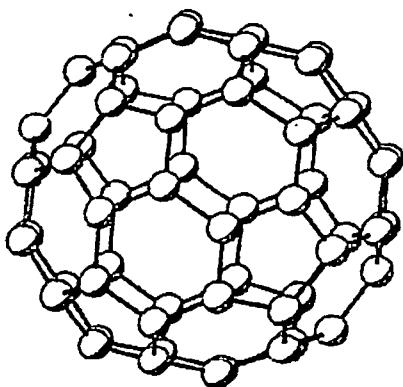
Нанороботлар туфайли азоб берувчи ташхислаш манипуляцияларига, органларни рентген нурлари билан нурлантиришга зарурат қолмайди. Тиббиёт лабораторияларининг кийёфалари ҳам ўзгаради. Томографлар, ультратовуш сканерлари, электрон микроскоплар, қон тўла пробиркаларга эҳтиёж бўлмайди, чунки барча таҳлиллар тананинг ичида санокли сонияларда амалга оширилади. Профессор Сильвин Мартель ҳамда унинг Массачусетс технология институтидagi ҳамкасблари «Наноконвалгич» («Nanowalker») лойиҳаси устида иш олиб бормоқдалар. Бу лойиҳа орқа мия суюқлигини таҳлил учун олиш ёки бўлмаса сут беги функциясини амалга ошириш билан боғлиқ эскирган амалиётдан тиббиётни халос қилиш имконини беради. Ташхислаш асбобларининг ўзи ҳам хужайра ўлчамларига етказилади ҳамда жойида, яъни касаллик юзага келган муҳитнинг ўзида таҳлил ўтказиш учун органга кириб боради. Нанороботлар учун зарарли ўсманинг ҳосил бўлишидан 3-5 йил олдиндан аномал хужайраларни аниқлаш ҳеч қандай муаммо туғдирмайди. Нанороботлар носозликларни молекуляр даражада аниқлайди ва назарий жиҳатдан шу ернинг ўзида уларни созлай олади: мутант генларни жойдан-жойга олиб ўтади, бузилган молекулаларни таъмирлайди ёки хатто айрим атомларнинг ўрнини алмаштиради.

Нанотехнологиялар жаҳонда янги технологик инқилоб содир қилиши, фақат иқтисодийнигина эмас, балки инсоннинг ҳаёт кечириш муҳитини тўлиқ ўзгартириб юбориши мумкин. Шунинг учун бутун ер қуррасининг олимлари нанозаррачаларни ҳаётимизни ўзгартиришга мажбур қилиш усулларини қидирмоқдалар. Ривожланган мамлакатлар бу соҳага жуда катта маблағ қўйиб, наномарказлар яратмоқдалар, университетларда янги мутахассисликлар очмоқдалар, йилига ўнлаб илмий конференциялар ташкил этмоқдалар.

Шунинг учун биз ҳам бу ерда сунъий наноматериалларни яратиш ва табиийларини қидириб топиш бўйича мавжуд ҳолатни тавсифлайдиган маълумотларни келтираемиз, шунингдек нано-

объектлардан келажакда тиббиёт ва фармацевтиканинг турли соҳаларида фойдаланиш имкониятларини кўриб чиқамиз.

1996 йилда фуллеренни кашф қилган олимлар гуруҳига Нобель мукофоти берилди. Фуллерен футбол тўпи қобиғига ўхшаб кетадиган ичи бўш заррача бўлиб, 20та олтибурчакли ва 12та бешбурчакли углерод циклларида таркиб топади, ундаги углерод атомларининг умумий миқдори 60та бўлади. Шунинг учун фуллерен C_{60} кўринишида белгиланади. Фуллереннинг тузилиши 3.4-расмда келтирилган. Фуллерен номи архитектор Бакминстер Фуллер номидан олинди, чунки у бино гумбазларини ушбу углерод тузилмаларининг кўринишига ўхшаш лойиҳалаштирар эди.



3.4-расм. Фуллерен C_{60} -тузилиши

C_{60} тузилмасида пентагонларни гексагонал графит текисликларига сингдириш амалга оширилади. Натижада ичи эркин алоқаларга эга бўлмаган, π -алоқалар билан мувозанатлаштирилган тузилма ҳосил бўлади. C_{60} тузилмасининг ноёблигини шундан ҳам тасаввур қилиш мумкинки, барча атомлари эквивалент ва кучланишлар йўқ бўлган 5/6 ҳалқасимон тузилма барча пентагонлар изоляцияланиши мумкин бўлган минимал тузилмани ҳосил қилади. Навбатдаги ўхшаш C_{70} ҳам кўп марталаб кузатилди.

Шундай қилиб, ичи бўш углерод қобиклар 28, 32, 50, 60, 70, 76 ва ҳ.к. углерод атомларидан таркиб топиши мумкин, уларнинг шакллари қандай бўлмасин, – юмалок, чўзинчоқ, регби тўпларига ўхшаш – ҳаммаси бирдек каркасни эслатади. Уларнинг бу хусусияти олимларга фуллеренларни, ҳозирда маълум графит,

олмос ва карбин билан бир қаторда, углероднинг янги шакли деб аташга асос берди.

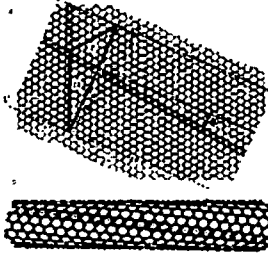
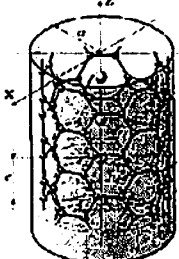
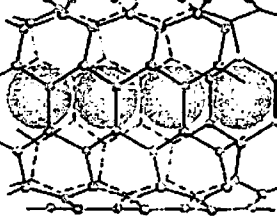
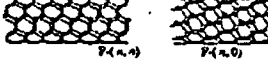
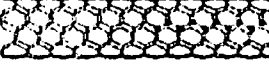

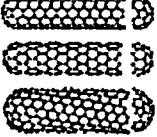


Тиббиёт учун эса фуллеренлар шуниси билан қизиқарлики, улар ДНК молекуласига кириб бориш, уларни қийшайтириш ёки хатто ўримини ёзишга қодир. Тажириба шуни кўрсатдики, нурлантиришдан олдин ёки бевосита кейин юборилган фуллеренлар органларнинг шикастланишини икки марта камайтирганлар. Фуллеренлар кишиларнинг тўқималарини радиация ва кимё терапиясининг кўшимча таъсирларидан химоялашга ёрдам бериши мумкин. Бироқ, фуллеренларни тиббиёт амалиётига киритишдан олдин, препаратнинг кишилар учун клиник самарадорлиги борасида ҳам, унинг хавфсизлиги борасида ҳам кўплаб тадқиқотлар ўтказиш талаб қилинади.

1991 йилда япон профессори Сумио Иижима [18] фуллерендан углерод нанотрубкаларини яратди. Уларнинг диаметри инсон соч толаси диаметрининг бирдан бир неча минг қисмини ташкил қилди, узунлиги эса 100 нм га тенг бўлди.

Фуллеренлар молекуляр бирикмалар бўлиб, углероднинг аллотроп шакллари синфига мансуб (бошқалари – олмос, карбин ва графит) ва ўзи билан уч марта координацияланган углерод атомларининг жуфт сонидан таркиб топган бўртма туташ кўп қиррали шаклни ифодалайди.

Профессор Иижима графит электр ёйида сочилганда катодда ҳосил бўладиган чўкмани ўрганиб чиқди. Бунда микроскопик иплар ва толалардан иборат чўкманинг ғайриоддий тузилмаси унинг эътиборини жалб этди. Электрон микроскоп ёрдамида ўтказилган ўлчашлар шуни кўрсатдики, бундай ипларнинг диаметри бир неча нанометрдан ошмас экан, узунлиги эса бирдан бир неча микронгача келар экан. Ингичка трубка бўйлама ўқ бўйлаб кесилганда шу нарса маълум бўлдики, у битта ёки бир неча қатламдан иборат экан, ҳар бир қатлам графитнинг гексагонал тўридан иборат бўлиб, унинг асосини бурчаклари учида углерод атомлари жойлашган олтибурчаклар ташкил қилар экан. Барча ҳолатда қатламлар ўртасидаги масофа 0,34 нм га тенг, яъни кристалли графит қатламлари ўртасидаги масофа билан бир хил. Одатда трубкаларнинг юқориги учлари кўпқатламли яримсферик қопқоқчалар билан ёпилган. Ҳар бир қатлам олтибурчаклар ва бешбурчаклардан таркиб топган ва фуллерен ярим молекуласининг тузилишини эслатади [19, 20].

Углеродли нанотрубкалар – бу диаметри бирдан бир неча ўн нанометр, узунлиги бир неча микронга тенг бўлган чўзинчоқ цилиндрсимон тузилмалар бўлиб, углерод атомлари гексагонал ташкиллаштирилган трубкасимон ўралган графит қатламларидан иборат (3.5-3.15-расмлар). Трубкалар яримта фуллерендан ҳосил қилинган яримсферик қаллақча билан тугалланади (3.11-, 3.12-расмлар). Углеродли нанотрубкалар ўзларида нанокластерлар ва оғир қаттиқ жисм хусусиятларини бирлаштиради ҳамда фуллеренлар хусусиятларини ўзгартириш имконини беради. Бунда янги механик, сорбцион, оптик электрик ва бошқа хусусиятлар юзага келади.

		
<p>3.5-расм. Нанотрубка моделининг тузилиши</p>	<p>3.6-расм. Цилиндрсимон потенциал барьер ичидаги металл билан легирланган углерод нанотрубкаси.</p>	<p>3.7-расм. Зонали металл тузилманинг шаклланиши.</p>
		
<p>3.8-расм.</p>	<p>3.9-расм.</p>	<p>3.10-расм.</p>
<p>Нанотрубкаларнинг ҳар хил моделлари</p>		
 <p>3.11-расм. Нанотрубкалар.</p>	 <p>3.12-расм. Углеродли нанотрубканинг 100.000.000 марта катталаштирилган кўриниши.</p>	 <p>3.13-расм. Зичлангандан олдин ва кейинги углеродли нанотрубкалар боғламлари.</p>



3.14-расм. Боғлам учи шаклининг ишлов берилгандаги ўзгариши.



3.15-расм. Зичлаштирилган боғлам тузилиши.

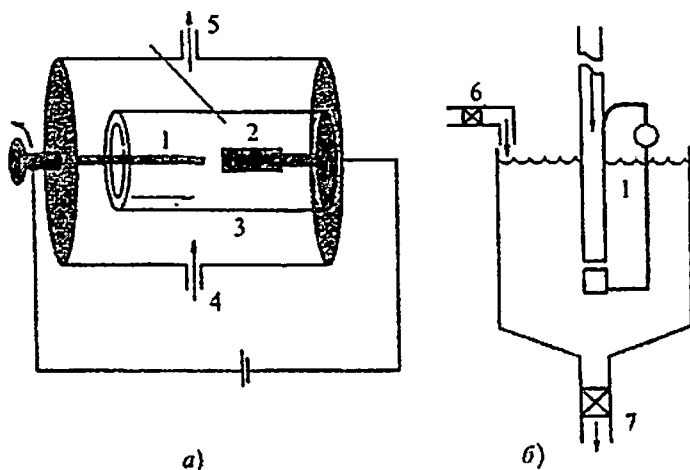
Углеродли нанотрубкалар янги наноматериаллар ва наноқурилмаларга эга бўлишда катта иқоният яратади. Нанотрубканинг тузилишини ўзгартириб, унинг ўтказувчанлигини бошқариш мумкин. Бундан ташқари, нанотрубка диаметри унга берилган ўртача кучланишга нисбатан анча кичик бўлганлиги туфайли юқори кучланишдаги электр майдонига эга бўлиш имконини беради. Бу нисбатан кичик кучланишларда аномал юқори эмиссия токини келтириб чиқаради.

Нанотрубкалар бир қатламли ва кўп қатламли бўлиши мумкин. Идеал даражадаги бир қатламли нанотрубка тўғри олтибурчаклардан таркиб топган графит сатҳининг цилиндрсимон юзага ўралиши ёрдамида ҳосил бўлади (3.5-расм). Ўралиш натижаси графит юзасининг нанотрубка ўқиға нисбатан йўналиш бурчагига боғлиқ. Идеал нанотрубқада ўралиш пайтида чоклар ҳосил бўлмайди ҳамда у олтибурчакдан ташқари яна бешта бешбурчакни ўз ичига олган фуллерен яримсфералари билан тугалланади (3.11-расм).

Нанотрубкаларни олишнинг бир нечта технологиялари мавжуд. Энг кенг тарқалган методикаға кўра молекуласида углерод атоми бўлган газдан фойдаланилади. Газ сифатида кўп ҳолларда метан CH_4 қўлланади. Бунда газ тахминан 700°C гача қиздирилади ва турли металллар (Fe, Ni ёки Co) нано заррачалари қатлами орасидан ўтказилади. Металл метаннинг углерод ва водородга парчаланиш реакциясининг катализатори вазифасини ўтайди. Углерод атомлари трубкаларни ҳосил қилиб, металл нано заррачаларига «чўқади». Янги метод асосчилари металл заррачаларини диаметри 5 нм келадиган ва бир-бирига ёпишиб қолмайдиган олмос нано заррачаларига алмаштирдилар. Метан

газсимон ҳолатдаги этанол билан алмаштирилди. Этанолни олмос нанозаррачалари қатлами орасидан ўтказиб, муаллифлар кўп сонли нанотрубкаларга эга бўлдилар.

Нанотрубкалар – бу квази бир ўлчамли тузилмалар. Нанотрубкалар табиатдаги материаллардан шунгитда учрайди. Бироқ ҳозирги пайтда углеродли нанотрубкалар бир нечта сунъий усул билан ҳосил бўлади. Кенг тарқалган усуллардан бири синтез усули бўлиб, у графит электродли ёйсимон разряддан фойдаланишга асосланган. Бу усул Кретчмер томонидан курумдан фуллерен олиш учун ишлаб чиқилган (3.16-расм) [21].



3.16-расм. Нанотрубкаларни олиш схемаси:

- а – газ муҳитидан фойдаланиш; б – суюқ азотдан фойдаланиш;
 1 – сарфланаётган графит аноди; 2 – катод; 3 – сув билан совитиш;
 4 – инерт газ бериш; 5 – насос; 6 – суюқ азот бериш;
 7 – нанотрубкаларни саралаб олиш.

Графитлар ўртасидаги ёйсимон разряд деворлари совитиладиган камерада тахминан 500 Тор бўлган буфер газ (He ёки Ar) босимида ёнади. Сарфланаётган ҳаракатдаги анод ҳисобига электродлараро масофа бир хил даражада (1 мм атрофида) ушлаб турилади. 100 А токда ва электродлардаги кучланиш 25-35 В да электродлараро соҳада плазма температураси 4000 К га етади. Конвекция ҳисобига углерод атомлари плазманинг совуқроқ

соҳасига етиб кетади, бу ерда уларнинг бир қисми нанотруб-каларни ҳосил қилади.

Нанотрубкаларни олишнинг бошқа усуллари: буфер газни атмосферасида лазер нурланиши ёрдамида графитни абляциялаш ва углеводородларнинг каталитик парчаланishi усуллари. Ҳозирги пайтда углеродли нанотрубкаларни ўстиришнинг янги нанотехнологияси ишлаб чиқилди. Бунда олмос нанозаррачаларидан фойдаланилади. 3.1-жадвалда наноматериалларни ҳосил қилишнинг энг кенг тарқалган усуллари келтирилди [14].

3.1-жадвал

Наноматериалларни олишнинг асосий усуллари

Олиш усули	Олиш усулининг тавсифи	Ҳосил бўладиган объектлар
Фуллерен ёйи	Графит электродлари ўртасида ёйсимон разряд плазмасидаги синтез	Фуллерен куруми, углеродли нанотрубкалар
Газ фазали метод	Температура 4000°C ва ундан ҳам юқори фуллерен C ₆₀ СНТ ни олиш учун	«Меҳмон» наномолекулалар
Углеводородларнинг каталитик парчаланishi	Газсимон углеводород ва буфер газини металл кукунли кварц трубка ичидан 700-1000 °C температурада ҳайдаб ўтиш	Углерод иплари, кўп қатламли нанотрубкалар, графит қобиғи билан қопланган металл заррачалар
Кукун қўлланадиган технология	Глейтер методи (газ фазали чўктириш ва компактлаш); электр разрядли қиздириб бириктириш; босим остида иссиқлик билан ишлов бериш; ҳар хил температураларда	Металлар, қотишмалар, кимёвий бирикмалар

	юқори статик ва динамик босимлар	
Интенсив пластик деформация	Бурчак ҳосил қилиб тенг каналли пресслаш; Бураб деформациялаш; кўп қатламли композитларга босим остида ишлов бериш	Металлар, қотишмалар
Аморф ҳолатдан кристаллаш	Оддий ва юқори босимлар	Аморф металл қопламалар
Пленка технологияси	Газсимон фазадан қопламаларни кимёвий чўктириш (CVD)/газсимон фазадан физик чўктириш (PVD); электр чўктириш; золь-гель-технология	Металлар, қотишмалар, полимерлар, кимёвий бирикмалар

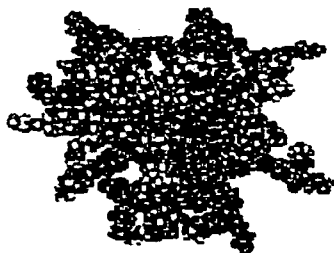
Айнан мана шу углеродли нанотрубкалар амалда биринчи наноматериал бўлди. Моҳият эътибори билан углеродли нанотрубкалар – имкониятдаги нанотузилмаларнинг миллиарддан биттаси холос ва биз бугунги кундаёқ уларнинг имкониятларидан нақадар кенг фойдаланиш мумкинлигининг гувоҳи бўлаяпмиз. Нанотрубканинг ҳайратланарли хусусияти уларнинг мустаҳкамлиги ва энгиллигидир. Графит тахтасидаги углерод атомлари ўртасидаги алоқалар амалиётда маълум алоқаларнинг энг кучлигидир, шунинг учу. дефектсиз углеродли трубкалар пўлатдан икки марта пишиқроқ ва тахминан 6 марта энгилроқ. Уларнинг электр ўтказувчанлиги мисниқидан минг марта юқори: улар ўз вазнларидан миллион марта ортиқроқ юкламаларга дош бера олади. Улар 3500°C температурагача эримайди ва 600 атмосферага тенг босимда ҳам деформацияга учрамайди. Бундай трубкалардан техника учун ўта пишиқ энгил композит материалларни тайёрлаш мумкин. Булар кўприклар ва иншоотларнинг куч элементлари, учуш аппаратлари қанотларининг юзи, турбиналар элементлари,

самолетлар ва космик кемалар учун ўта пишиқ қопламалар, ҳозирча жаҳонда ўхшаши йўқ қуроллар ва ҳ.к.

Нанотрубкалар кўплаб приборларнинг сифатини яхшилаш ва айрим технологияларни арзонлаштириш имконини беради. Масалан, нанотрубкалардан «супмермушаклар» ишлаб чиқилган эди [22].

Нанотехнологиялар ривожланишидаги биринчи босқич – нанотрубкаларни яратиш босқичини бажарилган деб ҳисоблаш мумкин [23]. Уларнинг ишлаб чиқарилиши кенг йўлга қўйилган. Жаҳоннинг юздан ортиқ компаниялари нанотрубкалар ва нанотола ишлаб чиқариш билан шуғулланмоқда. Бугунги кунда Япония наноматериалларни яратишда пешқадамлик қилмоқда.

Катта қизиқиш туғдираётган бошқа бир материал бу *дендримерлар*дир (юнонча *dendron* – дарахт) [24]. Булар шохлаб кетган тузилишга эга полимерларнинг янги туридир (3.17-расм). Шундай тузилмага эга бўлган дастлабки бирикма ХХ асрнинг 50 йилларидаёқ олинган эди, улар синтезининг асосий методлари эса асосан 80 йилларда ишлаб чиқилди.



3.17-расм. Дендример

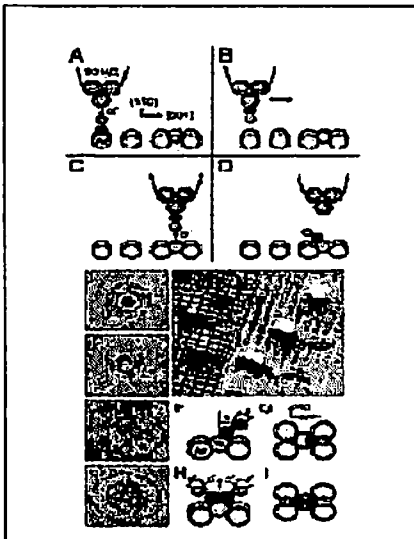
«Дендримерлар» атамаси «нанотехнология» атамасидан олдинроқ пайдо бўлди ва дастлабки пайтда улар ўзаро боғланмади ҳам. Бироқ сўнгги даврда дендримерлардан нанотиббидида фойдаланиш устида тобора кўп гап бормоқда. Дендримерларнинг афзаллиги уларнинг хатти-ҳаракатини башорат қилиш, назорат қилиш, молекулалар ўлчамларини такрорлаш мумкинлигида, улар каналлар ва ғовақларга эгаллигида. Бу полимерлар сўнгги ўн йилликда синтезлаб олинган бўлиб, мутлақо янгича тузилишга эга: уларнинг тузилиши яхлит эмас, улар маржонлар ёки дарахтни эслатади ҳамда бутокланган ёки каскадли полимерлар деб аталади.

Агар бутокланиш такрорланса, демак бу дендримердир. Ҳар бир шундай сфера ёки наносенсор диаметри атиги 5 нм га етадики. бу фазонинг кичик бир участкасида миллиардлаб мана шундай наносенсорларни жойлаштириш имконини беради. Дендримерлар ўзларига тирқалган дориларни тўппа-тўғри хўжайраларга, масалан саратон хўжайраларига етказиб беришга қодирлар. Дори воситаларини организмнинг керакли ерига етказиб бериш учун ғовакли мўъжазгина капсулалардан (~1 мк) фойдаланиш мумкин. Шу каби микрокапсулалар диабетда инсулинни етказиб бериш ва уни физиологик жиҳатдан бошқарилган ҳолда организмдан чиқариш учун синовдан ўтказилмоқда.

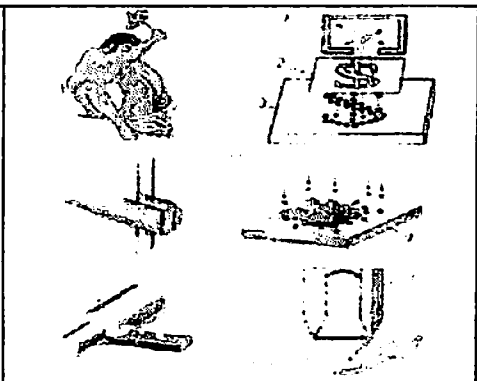
Ҳозирги пайтда нанотехнологиялар уч йўналишда ривожланмоқда. Биринчидан – молекула ёки атом каттали-гидаги электрон схемаларни яратиш. Иккинчидан – шу катталикдаги механизмларни яратиш. Учинчи йўналиш – молекула ва атомлардан жисмларни йиғиш. Кўп компаниялар молекула ва атомлардан маълум бир конструкциялар йиға олади (3.18–3.20-расм). Одамдаги барча молекулаларнинг тўлиқ таърифини яратиш, яъни атом даражасидаги одам организми харитасини яратиш тиббиётнинг муҳим этапларидан ҳисобланади. Учинчидан, молекулаларни таъмирлай оладиган молекуляр роботларни ишлаб чиқиш ва яратиш керак. Бунинг учун наномашиналарни бошқара оладиган нанокомпьютерларни ишлаб чиқиш ва яратиш керак.

Нанотиббиёт жўшқин ривожланиб бормоқда. Р.Фрейтас таърифига кўра: «Нанотиббиёт – бу ишлаб чиқилган нанокурималар ва нанотузилмалардан фойдаланиб, инсоннинг биологик тизимларини молекуляр даражада кузатиш, тўғрилаш, тузиш ва назорат қилиш» [25]. Юқорида нанотиббиёт – бу ҳозирги замон тиббиётидаги инсоннинг биологик тизимларини молекуляр даражада кузатиш, тузиш ва ўзгартириш учун наноматериаллар ва нанобъектларнинг ноёб хусусиятларидан фойдаланишга асосланган йўналиш эканлиги айтиб ўтилган эди.

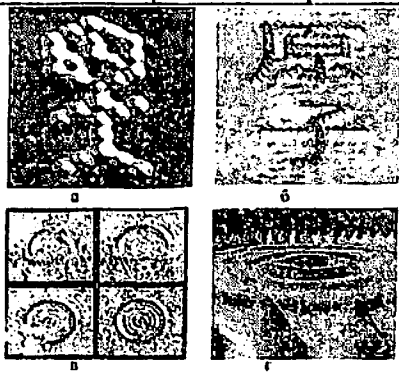
Шундай қилиб, нанотиббиёт манипуляциялар концепциясини нанодаражада, тиббиёт фанларидан клиник даражада фойдаланиш билан қўшган ҳолда қабул қилади. Ундан касалликларни ташхислаш, профилактика қилиш ва даволашда, шунингдек патологияларнинг мураккаб механизмлари тўғрисида чуқур билимлар олиш учун фойдаланилади.



3.18-расм. Атом-куч микроскопи ёрдамида механосинтез.



3.19-расм. Икки технологик парадигмалар: «юкоридан—пастга», яни, тешиш, арралаш, силлиқлаш, ва «пастдан—юкорига», яни, нурли—молекулар эпитақсияси, макет устида наноструктураларни йиғиш, тунел зонд микроскопи нинаси ёрдамида атомларни териш (1— ионлар ёки атомлар йиғини, 2— маска-трафарет, 3— асос, 4— тунел зонд микроскопи нинаси).



3.20-расм. Атом дизайни натижалари: а) Ёлр нечта атом воситасида тасвирланган рақс тушаётган одамча; б) япон иероглифлари; в) ва г) юзадаги бир нечта атомдан электрон учун «кўтон» йиғиш

Эволюция жараёнида биологик молекулалар улардан нанотехнологияда фойдаланишда анча қулайлик туғдирадиган хусусиятларга эга бўлдилар. Биринчидан, биологик «ғиштчалар» (аминокислоталар, липидлар, нуклеотидлар) биологик жихатдан турли тумандир. Иккинчидан, улар ўз-ўзидан (спонтан ҳолатда) мураккаб фазовий тузилмаларни ҳосил қилишга мойилдирлар. Учинчидан, «қурилиш блоклари»нинг бошқариладиган йиғилиши турли усулларда амалга оширилиши мумкин, бу ҳар хил наноконструкцияларни яратиш имконини беради [26].

Ўз-ўзини йиғадиган биологик тузилмаларнинг поғоналари мономерлардан, яъни нуклеотидлар ва нуклеозидлар, аминокислоталар, липидлардан бошланади. Улар ДНК, РНК, оқсиллар, полисахаридлар каби полимерларни ҳосил қилади. Навбатдаги поғонада полимерлар ансамбллар (мембраналар, органеллалар)га бирлашади. Кейин хужайралар, органлар ва организмлар шаклланади.

Сунъий нанотузилмаларнинг синтезида табиатнинг ўзи таклиф қилган тамойилларга асосланган биологик молекулалардан фойдаланиш ғоят табиий ҳолдир. Ўз-ўзини йиғиш натижасида нодир хусусиятли моддаларга эга бўлиш мумкин. Масалан, таркибида аминокислоталар ва синтетик органик занжирлар бўлган молекулаларни яратиш мумкин. Бу эса наноматериалларни конструкциялашда мўъжизавий имкониятлар яратади.

Бугунги кунда нанотехнологиялар тиббиётда бир нечта йўналишларда қўлланиб келинмоқда [27]:

Биофармацевтика:

- 1) дориларни организмнинг керакли ерига етказиб бериш тизимида
 - дориларни капсулага жойлаш,
 - функционал дори ташувчилар.
- 2) Янги дориларни яратиш.

Имплантиция қилинадиган материаллар:

- 1) тўқималарнинг тикланиши ва алмаштирилиши
 - имплантларнинг биологик жихатдан мос келадиган қопламалари,
 - тўқимавий регенерация учун тагликлар.
- 2) имплатация қилинадиган тузилмавий материаллар
 - суякларни тиклаш,

-имплантация учун биодеградацияланувчи (ўзи сўрилиб кетадиган) материаллар,

- «ақлли» (smart) материаллар.

Имплантация қилинадиган қурилмалар:

▪ Мониторланадиган ва даволайдиган қурилмалар

- имплантация қилинадиган сенсорлар;

- имплантация қилинадиган тиббиёт қурилмалари.

▪ Сенсор томонидан қўллаб-қувватлаш

- кўз тўр пардаси имплантлари;

- эшитиш органларини протезлаш.

Жарроҳлик:

▪ Операцион асбоб-ускуна

- «ақлли» (smart) асбоблар;

- жарроҳлик ишлари.

Таъхислаш (диагностика):

▪ Генетик тест синовидан ўтказиш

- ўта таъсирчан белгилар ва технологик детекциялар;

- мультипараметрик таҳлил учун юқори ишлаб чиқариш чиплари.

▪ Визуаллаштириш

- нанозаррачалар асосидаги белгилар;

- визуаллаштириш тизимлари.

Бундан ташқари қуйидаги йўналишлар ҳам ғоят муҳимдир:

- нанотузилмали материаллар, шу жумладан нанорельефли юзалар, нанотешикли мембраналар;

- нанозаррачалар, шу жумладан фуллеренлар ва дендримерлар;

- микро- ва нанокапсулалар;

- нанотехнологик сенсорлар ва анализаторлар;

- сканирлайдиган зондли микроскопларнинг тиббиётда қўлланиши;

- наноасбоблар ва наномодуляторларни яратиш;

- турли даражадаги автономликка эга бўлган микро- ва наноқурилмаларни яратиш.

Энг истиқболли нанотиббиёт йўналишлари орасида биринчи навбатда илмий қайта қуриш учун энг яроқли ва тайёр илмий-техник йўналишлардан қуйидагиларни кўрсатиб ўтиш лозим:

- биологик жиҳатдан ўзаро мос келадиган материалларни конструкциялаш;

- табиий газламалар;

- кислород ташувчилари;
- янги ташхислаш (диагностик) зондлар – нанозондлар;
- ташхислаш (диагностик) қурилмалар ва приборлар;
- доривор препаратлар ташувчилари;
- нановакциналар.

Вирусларга қарши препаратлар, вакциналар ва вирусли инфекцияларни ташхислаш воситаларини яратишда олимларнинг диққат-эътибори нанозаррачалар, нановакциналар ва ташхислаш (диагностика) тизимлари асосидаги янги дори ташувчиларини яратиш соҳасидаги нанотехнологиялардан фойдаланишга қаратилган.

АҚШ Биологик нанотехнологиялар маркази ходимлари Жеймс Бэйкер бошчилигида организмдаги саратон хужайраларини аниқлаш ва ушбу даҳшатли касаллик билан курашиш учун қўлланадиган микродатчикларни яратиш устида иш олиб бормоқдалар.

Ушбу мўъжаз датчиклар тана ичига кириб олса, инфекцияга ва касаллик келтириб чиқарадиган бошқа омилларга қарши организмнинг ҳимояланиш реакциясини таъминлайдиган лимфоцитларга (оқ қон хўжайраларига) жойлашади. Масалан, муайян касаллик ёки атроф муҳит шарт-шароити – шамоллаш ёки радиация таъсирига нисбатан лимфоид хўжайраларнинг иммун жавобида хужайранинг оксилли тузилиши ўзгаради. Махсус кимёвий реактивлар билан қопланган ҳар бир наносенсор бундай ўзгаришлар пайтида ёруғлик тарата бошлайди. Доктор Бэйкер ушбу ёруғликни кўриш учун кўз тўр пардасини сканирлайдиган махсус қурилма яратмоқчи. Лимфоцитлар кўз тубининг ингичка капиллярлари орасидан бирин-кетин ўтаётганда бундай қурилма лазери уларнинг ёруғини аниқлаши лозим. Лимфоцитларда белгиланган (тамғаланган) сенсорлар микдори етарли даражада бўлса, шикастланган хужайраларни илғаб олиш мумкин: бунинг учун 15 секундли сканирлаш кифоя қилади.

НАСА раҳбарияти тадқиқотларни келгусида давом эттириш учун 2 млн.доллар ажратди. НАСАни юқорида тавсифи келтирилган датчикларни яратиш имконияти қизиқтириб қўйди, чунки улар космонавт дуч келадиган радиация даражасини ҳамда унинг организмда ҳар қандай касалликлар ва инфекциялар белгиларининг пайдо бўлишини муттасил кузатиб бориш имкониятини беради.

Наноманипуляторлар нанообъектлар – нанозаррачалар, молекулалар ва алоҳида атомлар устида манипуляциялар олиб боришга хизмат қилади. Бир нечта «нанопинцет» вариантларининг прототиплари яратилди. Нанообъектлар учун мўлжалланган манипуляторлар макроасбоблардан фарқ қилади. Нанообъектларни лазер нури ёрдамида жойдан-жойга олиб ўтиш имконияти мана шундай кўрсатиб берилган эди. Корнель ва Массачусетс университетларининг (АҚШ) олимлари нуклеосомадан олинган ДНК молекуласи «калаваси»ни ечдилар. Бунда улар калава учини мана шундай «лазер пинцети» ёрдамида тортдилар.

Юқорида таъкидлаб ўтилганидек, тиббиётда нанотехнологияларнинг қўлланиши нанотузилмали материалларни яратиш, шу жумладан нанорельефли юзаларни, наноюзали мембранани яратиш билан боғлиқ. Тиббиётда нанотузилмали юзага эга материаллар у ёки бу тўқималарни алмаштиришда қўлланиши мумкин. Организм хужайралари бундай материалларни «ўзлариники» сифатида тан оладилар ва уларнинг юзаларига маҳкамланади. Табиий суяк тўқимасига ўхшаш материаллар ишлаб чиқиб бўлинди. Барча тўқималарнинг тузилиши хужайралардан ўзини-ўзи йиғиши билан белгиланади. Хужайра мембраналари ва органоидларнинг тузилиши, ўз навбатида, алоҳида молекулалардан ўзини-ўзи йиғиши билан белгиланади. Масалан, Шимоли-ғарбий университет (АҚШ) олимлари табиий каллоген тўқималарига ўхшаган ҳамда диаметри 8 нм атрофида бўлган ўзини-ўзи уч ўлчамли йиғадиган тўқималардан фойдаландилар. Олинган материалга асл суяк хужайралари жуда яхши маҳкамланди, бу эса ундан суяк тўқимаси учун «елим» сифатида фойдаланиш имконини беради.

Хужайраларнинг юзага маҳкамланишига йўл қўймайдиган материаллар ҳам ғоят катта қизиқиш уйғотади. Бундай материаллардан ствол хужайраларини ўстириш учун биорегуляторларни тайёрлашда фойдаланиш мумкин бўлади.

Ғовакли мембраналар доривор воситаларни етказиб берувчи капсулаларда қўлланиши мумкин. Улардан яна организмдаги суюқликларни зарарли моддалар ва вируслардан филтрлаб тозалашда фойдаланса бўлади. Мембрана нанодатчиклари ва бошқа ўрнаштирилаётган қурилмаларни альбумин ва бошқа чулғаб олувчи моддалардан химоя қила олади.

Тиббиётда токсинларни адсорбциялаш, организм учун зарур ионлар, доривор препаратлар ва ферментларни ўзида ташиш

қобилиятига эга бўлган гемо- ва энергосорбентлар, аппликацион сорбентларга катта эҳтиёж мавжуд бўлгани сабабли, шу мақсадларда адсорбентлар ҳам ишлаб чиқилмоқда. Тиббиётда углеродли сорбентлар айниқса кенг қўлланади, чунки углеродли терапия методлари бу тез суръатларда ривожланаётган ва ниҳоятда кенг соҳа бўлиб, унинг даволашга бўлган таъсири анча катта бўлиши мумкин.

Муаллифларнинг изланишлари шуни тасдиқлайдики [28], наноолмосларнинг адсорбцион хусусиятлари кўпчилик углеродли сорбентларнинг адсорбцион хусусиятларидан кам эмас экан. Наноолмослардан онкология, гастроэнтерология, кардиология, дерматологияда, қонтомир касалликларини даволашда ва ҳ.к. фойдаланиш мумкин. Улар ўзларининг юқори адсорбцион хусусиятлари ва бошқа ўзига хос хоссалари туфайли патоген вируслар, микроблар ва бактерияларни ютиб, бу борада уларга нисбатан юқори фаоллик намоеън этадилар. Улар биологик фаол моддаларнинг ўта фаол сорбентлари, иммобилизаторларидирлар, доривор препаратлар таъсирини кескин оширишга қодирлар. Наноолмослардан фойдаланиш қон босимини нормаллаштиришга ёрдам беради, улар ошқозон-ичак йўли касалликларини даволашда катта самарага эга, куйишлар, турли тери касалликлари, ички интоксикация оқибатлари билан курашишда ҳам ажойиб воситадир [29]:

Наноолмослар сувли ва мойли суспензиялар кўринишида онкологик касалликларни даволашда ҳам қўлланади. Уларнинг ёрдами турли-туман ва ниҳоятда катта. Улар доривор препаратлар таъсирини кучайтиради, оғриқларни камайтиради ёқ бутунлай йўқ қилади, ичак ҳаракатини нормаллаштиради, қон кўрсаткичларини яхшилади, яшаш тонусини кўтаради ва иммун тизимини фаоллаштиради, организмдаги чиқиндилар билан биргаликда ичак орқали токсинларни ҳам чиқаради, бемор ҳаётини узайтиради. Шундай қилиб, наноолмослар доривор воситаларнинг емирилишига йўл қўймай туриб, уларнинг ташувчилари сифатида ҳам, организмдан токсинларни чиқариш учун ҳам, хусусан, гемоперфузияда, қўлланиши мумкин.

Кореялик олим Chongmu Lee ҳамда унинг Inha University дан бўлган ҳамкасблари [30] инфрақизил нурланиш таъсири остида қизиб, организмдаги саратон ҳужайраларини йўқ қиладиган кремнийли наноматериал ишлаб чиқдилар. Улар углеродли

нанотрубкаларни ғовакли кремнийли наноматериал билан алмаштирдилар. Олимларнинг фикрига кўра, янги материал худди углеродли нанотрубкалардек юқори температурага эга. Бундан ташқари у фаол кислород шакллариани анча кам микдорда генерациялайди.

Россия ФА Электрофизика институтида нанотехнологиялардан фойдаланиб жаҳонда энг кичик рентген аппарати намунаси яратилди. Ўзининг мўъжазлиги туфайли, аппарат жойидан қўзғатиб бўлмайдиган беморлар рентгеноскопиясида, шу жумладан «Тез ёрдам» автомобилларида қўлланиши мумкин.

Кўпчилик шунгит (марциал) сувни очик савдода учратган бўлса ажаб эмас. Уни ишлаб чиқарувчилар гўё табиий минерал шунгит таркибида мавжуд бўлган табиий фуллереннинг сувга таъсири туфайли у ноёб соғломлаштириш хусусиятига эга деб ишонтирадилар. Тадқиқотлар шуни кўрсатадики, ҳар битта фуллерен молекуласи ўз атрофида ўзининг диаметридан кўп марта каттароқ ўлчамдаги сув кластерини шакллантириб, ушлаб туришга қодир экан. Ушбу сув кластерлари антиоксидант таъсир ўтказа олар экан, яъни тирик организмларни емирадиган «турли органик бирикмаларнинг синиқлари»дан иборат эркин радикалларни тутиб қолар экан. Шунгит сувидан фойдаланиб ўтказилган тадқиқотлар унинг саратон касалликлари, атеросклероз, диабет, буйрак ва жигар касалликлари, мия фаолиятининг бузилишида ва х.к. катта соғломлаштирувчи самара беришини кўрсатди. Шу билан бирга айрим олимлар шунгит сувининг очик сотилишидан айнан шунинг учун ташвишдаларки, унда ниҳоятда нобарқарор фуллерен фрагментлари учраши мумкин. Шунгитда дамланган сувни истеъмол қилган одам нафақат фойдали кластерларни ичиб олиши мумкин. Фуллеренлар ёки уларнинг синиқлари гематоэнцефалик тўсиқдан осонгина ўта олади, яъни тирик тўқималарга, шу жумладан мияга кириб боради. Бир пайтнинг ўзида ушбу нанометрли заррачалар қўшимча равишда яна нормада тўсиқдан ўта олмайдиган ва нерв тўқималарига кириб бормайдиган ҳар хил моддаларни ўзи билан олиб ўтиши мумкин. Шунинг учун шунгит суви қатъий тиббий назорат остида истеъмол қилиниши ва унинг организмга ҳам ижобий, ҳам салбий оқибатлари узоқ вақт давомида ўрганилиши лозим.

Углерод ва водороднинг қатор бирикмалари ҳам худди олмосникидек хусусиятларга эга (қаттиқлик, зичлик, эриш

температураси). Ушбу гидрокарбонатлар алмазондлар деб аталди [31]. Алмазондларни тайёрлашда кўмир ёки графит хом ашё вазифасини ўтайди. Алмазонд – алмазсимон тузилма бўлиб, углерод атомларидан механосинтез методлари билан яратилган ҳамда олмосдек маҳкам ва кимёвий инерт. Алмазонд нанороботларни қуришда асосий материал сифатида қўлланади. Бу гидрокарбонат бўлиб, унда углерод атомлари олмосдагидек тетраэдрал фазовий тўрни ҳосил қилади. Алмазонднинг фазовий тузилмасига турли атомларни қўшар эканмиз, электр ўказувчанлиги, эгилувчанлиги, гидрофоблиги турлича бўлган материалларга эга бўлишимиз мумкин. Бундан ташқари алмазондлардан толалар тайёрлаш мумкин, яъни материаллар жуда енгил бўлади. Ўзининг ноёб хусусиятлари туфайли алмазонд XXI асрнинг универсал ва арзон материали бўла олади.

Бир қатор фирмалар нанокристаллик материаллар ва имплантатлар юзасини гидроксилapatит билан қоплаш билан анчадан буён иш олиб борадилар. Бошқа методга кўра юза нанокристаллик олмос қоплама билан қопланади. У ҳам имплантатларнинг ишлаш муддатини узайтириш ва мустаҳкамлигини ошириш имконини беради. Тажрибалар кўрсатишича, остеоластлар субмикротузилмаларни танийдилар ва уларга маҳкамланиб олишга қодирлар. Бу натижалар олмос қопламаларнинг ажойиб биомослашиш қобилиятига эга эканлигини кўрсатади. Нанокристаллик гидроксилapatитдан тайёрланган материаллар суяк нуқсонларини даволашда қўлланади. Нанокристаллик тузилиш туфайли бундай имплантатда остеогенез жараёни амалда сунъий материални табиий суякка сингдиради.

Интеллектуал деб аталувчи наноматериалларнинг ҳам келажаги порлоқ. Улар муҳит шарт-шароитлари, атмосфера босими, температура, газ ёки суюқ фазали молекулалар таъсири ва ҳ.к. остида ўз хусусиятларини дастурлаштириб ўзгартиришлари мумкин. Бундай наноматериалларни *сенсорлар* деб аташ ҳам мумкин [32].

Олимлар шунингдек автоматик нишонли микроскопик шприцни ҳам тақлиф этдилар ва уни *стингер* (инглизча *stinger* - чақадиган ҳашарот) деб атадилар. Ўзи нишонга оладиган қурилма ОИТС билан оғриган бемор қонида вирусдан захарланган Т-лимфоцитларни топади ва унга ОИТВни йўқ қиладиган препаратни юборади. Онкологик касалликларни даволашда ҳам таъсир

кўрсатишда синчиклаб танлаш хусусиятига эга бўлган айнан шу хужайравий кимётерапиядан фойдаланиш мумкин. Бунда беморнинг умумий ҳолати ёмонлашмайди, чунки стингерлар фақат касал хужайраларни топиб «отади», бемор эса нур билан ёки кимётерапиясида кузатиладиган ҳолсизлик, кўнгил айнаш, қусиш, иштаҳа йўқолиши каби нохуш ҳолатларни сезмайди. Олимларнинг ваъдаларига кўра, яна 15-20 йилдан кейин онкологик касалликларни даволаш учун хатарли хужайраларни топиб зарасизлантирадиган миллионлаб нанороботлардан таркиб топган биттагина таблеткани қабул қилиш кифоя қилар экан. Ҳозирги пайтда олимлар нанороботларнинг ички муҳитда ҳаракатланиши масаласини ҳал қилмоқдалар. Бунинг учун организмда уларнинг юқори тезликда ҳаракатланишини таъминлайдиган минимоторчалар керак бўлади. Тадқиқотчилар бунинг учун бактериал тяга, хролофилл асосида фаолият кўрсатадиган двигателларни ва ҳатто ДНК асосидаги шарнирли механизмни таклиф этмоқдалар. Шарнирли қурилма ниҳоятда кичик: у иккита ДНК спиралидан таркиб топади, улар худди шундай спиралли кўприкча билан бириктирилган бўлади (3.21-, 3.22-расмлар) [26].

Наноркўприкчаларни қуриш учун материал сифатида антрациклин гуруҳига кирадиган бирикмалар танлаб олинган (3.23-расм).

Биринчидан, антрациклинлар катта қизиқиш уйғотади, чунки улар ичида шишга қарши антибиотиклар, жумладан дауномицин бор. Иккинчидан, улар икки валентли метал ионлари билан чузилган комплекслар ҳосил қилади. Бироқ антрациклинларнинг асосий хусусияти нуклеин кислоталарининг қўшни молекулалари орасига симметрик тарзда туриб олишга қодирлигида.

Агар эритмага муайян кимёвий модданинг бир нечта молекуласи қўшилса, бу ҳолда ушбу тузилманинг бир қисми оёқ тиззаси каби букилади ва нанороботлар ҳақиқий роботлардек юра олади.

Аризона университети (АҚШ) ходимлари нанороботларни керакли жойга ёруғлик ёрдамида етказишни таклиф этадилар. Нанороботларга мўъжаз куёш батарейкалари маҳкамланади, уларга оддий нур йўналтирилади ва нанороботлар керакли томонга «чоппиб» кетади.

Франциянинг Лидс шаҳридаги университетда фаолият кўрсатаётган олимлар наномоторча асосида динейн оксиди туфайли

чаққон ҳаракатланадиган сперматозоидларнинг ҳаракатланиш тамойилидан фойдаланишни тақлиф этдилар. Динейн молекулалари эркаклар жинсий хужайраларининг дум қисмидаги трубкачаларга уланган бўлади ва автомобиль двигателининг поршени ва клапанлари каби амал қилади. «Спермотяга»даги нанороботлар эркаклар ва аёллар бепуштлигини даволашда қўлланиши мумкин. Улар, тухумхужайралар ва сперматозоидларга бирикиб, улар бир-бирлари билан тўлиқ қўшилиб кетгунга қадар бир-бирлари томон итарадилар [33].

Бир гуруҳ АҚШлик олимларнинг кўрсатишича, нанотехнология ва ген терапияси ёндошувларининг ўзаро бирикуви хужайраларга бир пайтнинг ўзида ҳам нанозаррачаларни ҳам генларни етказиб бериш имконини яратади. Бу эса кўпчилик касалликлар билан курашда янада нозикроқ ва маҳоратлироқ ёндошувларни ишлаб чиқиш учун қулай имкониятларни яратади.

Инфекцион касалликларни даволашда патоген организмларнинг антибиотикларга чидамлилиги муаммоси тобора долзарб бўлиб бормоқда. Жанубий Каролина университети олимларининг кузатишлари шуни кўрсатадики, касаллик келтириб чиқарувчи бактериялар билан курашишнинг оддий усуллари натижа бермаган ерда нанозаррачалар ёрдамга келиши мумкин.

Олий федерал политехника мактаби (Швейцария) тадқиқотчилари боросиликат наношишадан нанозаррачалар яратишнинг янги усулини ишлаб чиқдилар. Ушбу заррачалар юқори температуралар ва агрессив кимёвий муҳитларга нисбатан полимерлар ёки силикат шишадан ҳам кўпроқ бардошлидирлар. Бундай нанозаррачаларнинг ишлаб чиқилиши улардан биотиб-биётда, дориларни етказиб бериш ва ташхислашда фойдаланишда янгидан-янги имкониятларни очиб беради. Биотиббиётдан ташқари, ушбу заррачалар фотон кристалли қурилмаларда, ультратовушли микроскоплар учун контраст агентлар сифатида, наноғовакли филтёрларда қўлланиши мумкин.

Чебоксарида (Россия) линияли-занжирли углерод ишлаб чиқарилиши йўлга қўйилди. У ортопедик ва тиш имплантатлари, сунъий кўз гавҳарларини яратишда барча сунъий материалларнинг ўрнини босади. Москва давлат университети олимлари билан ҳамкорликда улар томонидан тенги йўқ чоклаш материали ишлаб чиқилди. У юқори даражада тромборезистентлик хусусиятига эга ҳамда атроф тўқималарга жароҳатловчи ва захарловчи таъсир

кўрсатмайди. Ижевскда олимлар кальций глюконати препаратининг нанодисперс шаклини олишга муваффақ бўлдилар. У синишлар, остеопороз, парадантоз ва организмда кальций алмашинувининг бузилганлиги билан боғлиқ бошқа касалликларни даволашда ноёб самарадорлиги билан ажралиб туради. Ушбу препарат уч йил давомида клиник синовлардан ўтказилди. Булар натижасида суяк тўқималарида нуксонлар кузатилган болаларнинг 80%ида қондаги кальций моддаси алмашинуви тўлиқ нормал ҳолга келди, бу эса уларни ногиронликдан сақлаб қолди.

Атомлар ва молекулаларни йиғиш имконияти сканирлайдиган зондли микроскопда ишлаш пайтида намойиш этилган. Дрекслер наномеханизмларни йиғиш қурилмасини ассемблер деб атади. У микрон ўлчамларига эга. Алоҳида атомлардан тўғри келган нарсани йиғиш мумкин. Бундай ассемблер ўз нусхасини ҳам тайёрлаши мумкин. Бу эса чекланмаган миқдордаги ассемблерлар ва ҳар қандай бошқа наноқурилмаларни тайёрлаш учун кенг йўл очиб беради. Бундай ёндошув, масалан, сайёраларни ерга ўхшаш шаклантириш – инсон яшашига яроқли қилиш мақсадида глобал қайта қуриш учун қўлланиши мумкин. Бошқа томондан, ассемблерларнинг бошқариш тизимининг тасодиф туфайли ёки қасддан бузилиши оқибатида уларнинг кўпайиши назоратдан чиқиб кетиш хавфи юзага келиши мумкин. Назарий жиҳатдан бундай ассемблер ўз авлоди билан биргаликда санокли соатлар ичида Ернинг бутун биомассасини қайта ишлашга қодир бўлади (сайёра юзаси бўйлаб сурилиш вақти бундан мустасно). Ушбу хавф «кул ранг шилимшиқ муаммоси» (Grey goo problem) номини олди.

Нанотиббиёт нанотехнология ютуқларидан инсонни даволаш ва ёшартиришда, шу жумладан жисмоний боқийликка эришишда фойдаланишни кўзда тутаяди [34]. Бугунги кунда макромалекулалар ва сунъий йўл билан олинган заррачалар ташхислаш, турли касалликларни даволаш ва шикастланган тўқималарни тиклашда қўлланади. Саратонни унинг юзага келишидан олдин даволаш ҳамда ОИТС ва бошқа инфекцияли касалликларнинг тарқалишини олдини олиш ваъдасини бераётган технологиядан воз кечиш қийин, албатта. Бу яна шу билан ҳам боғлиқки, ҳозирги замон технологияси микрометрли ва нанометрли масштабларда ишлаш имконини беради. Асосий биологик тузилмалар (хўжайралар ва уларнинг таркибий қисмлари – органеллалар ва молекулалар) айнан мана шундай ўлчамларга эга. Бизни ўраб турган кўплаб майиш

турмуш предметлари, дарвоке, бизнинг ўзимиз ҳам, мураккаб тузилишга эга биологик мавжудотлар сифатида. айнан мана шу атомлар ва молекулаларнинг улкан миқдоридан таркиб топади. Ҳар қандай организмда муҳим ўрин тутган ДНК, оксиллар, ёғлар, углеводлар нанометрли ўлчамларга эга.

Кўпчилик ташхислаш (диагностика) аппаратлари шовқин-суронли маҳлуқлардан бежирим жомадончаларга айланади. Суюқ дорилар солинган анчайин ҳажмдор мензуркалар ва осма дорилар митти таблеткалар, тери ости резервуарлари ёки ҳатто пластирлар кўринишига эга бўлади. Қорин бўшлиғини ёриб амалга ошириладиган кўрқинчли жарроҳлик яраларининг ўрни кўз аранг илғайдиган тешиқларга айланади ва улар орасидан хирурглар видеокамера остида иш кўрадилар.

Ўрганилаётган кўпчилик биологик объектлар микрометрдан кичик. Масалан, пептидлар 1 нм га тенг, оксиллар 10 дан 100 нм гача боради. Инсон ҳужайрасининг ДНКси узунасига 1,5 м гача етади, бироқ жойланган ҳолатда унинг эни атиги 100 нм ни ташкил этади. Антижисмлар, вируслар, органеллалар ҳам тахминан шундай ўлчамларга эга, бактериялар эса микрооламга мансуб.

Тиббиётда нанотехнологияларни қўллаш муаммоси ҳўжайра тузилмасини молекуляр даражада ўзгартиришга, яъни нанороботлар ёрдамида «молекуляр жарроҳлик»ни амалга оширишга бориб тақалади. Кўпчилик касалликлар инсон танасидаги бир нечта ҳужайралардаги ўзгаришлардан бошланади, касаллик келтириб чиқарувчи бактериялар ва вируслар ҳам микроскопик моддалардир. Шунинг учун тиббиётнинг орзуси – касалликни у пайдо бўладиган ерида, яъни ҳужайрада даволаш.

Нанороботларни яратиш йўлларида бири кимёвий синтездир. Эҳтимол, эритмада ўзини-ўзи йиғишга қодир бўладиган уддабурон кимёвий компонентларни лойиҳалаш ва синтезлаш керакдир. Бошқа йўл биокимёдан ўтади. Рибосомалар (ҳужайра ичида) ихтисослашган нанороботлардир ва улардан янада универсалроқ роботларни яратиш учун фойдаланиш мумкин бўлади.

Молекулалар устида механик манипуляцияларни амалга ошириш ва ўзини-ўзи қайта ишлайдиган манипуляторларни яратиш имконияти тиббиётда улкан потенциалга эга: улар инсоннинг шикастланган ҳўжайраларини таъмирлашга қодир, бу эса амалда инсоннинг техник боқийлигига йўл демакдир. Ҳужайра тузилмасини молекуляр даражада ўзгартириш, нанороботлар

ёрдамида «молекуляр жарроҳлик»ни амалга ошириш зарур бўлади. Инсон организмда «яшаб», юзага келадиган барча бузилишларни бартараф этадиган ёки шундай бузилишларнинг юзага келишини олдини оладиган молекуляр шифокор-роботларнинг яратилиши кутилмоқда. Молекуляр роботлар хужайра геномини қайта лойиҳалашда, хужайра функциясини такомиллаштириш учун генларни ўзгартириш ёки янгиларини қўшишда қатнашишлари мумкин.

Шундай датчиклар яратилганки, улар кичик сигналларни қайд этишда фундаментал квант чегараси яқинида катта, яъни аъъанавий яримўтказгичли қурилмаларникига қараганда минг, ўн минг марта каттароқ таъсирчанликка эга. Бу уларни контактсиз тиббий ташхислашда қўллаш имконини беради (магнитокардиографлар, магнитоэнцефалографлар). Кун тартибда магнит майдонининг манзарасига қараб, органларнинг ишлаши, ҳомиланинг она қорнида ривожланишини реал вақт масштабида кузатиш имконига эга бўлган магнит томографиясини яратиш турибди.

Молекуляр электроника янада йирикроқ соҳа бўлган нанобиотехнология таркибига киради. У биообъектлар ва биожараёнлар билан молекула ва хужайра даражасида шуғулланади. Шунингдек экология, тиббиёт, соғлиқни сақлаш ва яна бошқа қатор соҳаларга тегишли муаммоларни ҳал қилишга ёрдам берадиган қалит ҳам молекуляр электроника қўлида.

Аналитик кимёвий лаборатория яратилган бўлиб, у атиги ~ 1 см² майдонда жойлаштирилган. Заҳарловчи жанговар моддалар, биологик қурол анализаторлари, озик-овқат маҳсулотлари (винолар, пишлоқлар, мевалар, сабзавотлар)нинг аттестацияси учун сунъий бурун ва тил ихтиро қилиб бўлинди.

Ҳозирги пайтда олимлар ташхислаш ва даволаш мақсадида инсон организмнинг ичида ишлай оладиган микроқурилмаларни яратиш устида иш олиб бормоқдалар. Бу қурилмалар тўқималарга кимирламай ёпишиб олиши, секин ёки фаол ҳаракатланиши, масалан, ошқозон-ичак йўли бўйлаб, мумкин. Фаол ҳаракатланганда улар инсон организмнинг ички бўшлиқлари юзасидан «судралиб» юриши, ички суюқликларда сузиши ёки хатто тўқималарни «пармалаб» ўзига йўл очиши мумкин. Бу қурилмалар нанотехнологияга асосланган бошқарув, алоқа ва йўл топиш борт тизимлари, наносенсорлар ва наноманипуляторлар билан жиҳозланган бўлади [35]. Ошқозон-ичак йўлини текширадиган

замонавий курилма бир неча миллиметр келади, унинг бортида мўъжаз видеокамера ва ёритиш тизими жойлашган. Олинган кадрлар ташқарига узатилади.

Янада инсонпарвар лойиҳалар ҳам мавжуд: инсоннинг кон томир, лимфатик ёки бошқа тизими бўйлаб ҳаракатланиб, ташхисчи, терапевт ва жарроҳ вазифаларини ўзида бирлаштирадиган махсус «шифокор» микророботларини яратиш. Санаб ўтилган барча вазифаларни бажарадиган узелларга эга бўлган, ўзи 1 мм га яқин бўлган шундай роботлар намуналари тайёрлаб бўлинди. Истиқболда уларнинг ўлчамларини микронгача ва субмикронгача етказиш имконияти мавжуд.

C-Sixty Inc. америка компанияси C60 фуллерен наносфералари асосида тайёрланган ҳамда юзасида кимёвий гуруҳлар тартибли жойлашган воситаларнинг клиник шароитлардан олдинги синовларини ўтказмоқда. Бу гуруҳлар аввалдан танланган биологик нишонлар билан кўшилиш имкониятига эга қилиб танлаб олинади. Эҳтимоллий қўлланиш соҳаларига вирусли касалликлар (грипп ва ОИТВ, онкологик ва нейродегенератив касалликлар, остеопороз, томирлар касалликлари) га қарши кураш киради. Наносфера ичида радиоактив элемент атоми, ташқарисида эса унинг саратон хужайрасига маҳкамланиб олиб, ушбу хужайранинг организмдаги ҳолатини кўрсатиш имконини берадиган гуруҳлар жойлашади.

Шунга ўхшаш тадқиқотлар Экспериментал тиббиёт институтида (Санкт-Петербург) олиб борилади. Олимлар фуллерен билан поливинилпирролидон (ПВП) аддуктидан фойдаландилар. ПВП сувда яхши эрийди, унинг тузилишидаги бўшлиқлар эса каттакичкилиги бўйича C60 молекулаларига яқин. Бўшлиқлар фуллерен молекулаларига осон тўлади ва натижада вирусга қарши фаоллиги юқори бўлган сувда эрийдиган аддукт ҳосил бўлади. ПВПнинг ўзи вирусга қарши таъсирга эга бўлмагани учун, бутун фаоллик аддуктдаги C60 молекулалари ҳиссасига тўғри келади. Фуллеренда ҳисоблаганда унинг фаоллик дозаси 5 мкг/мл ни ташкил этади. Бу грипп вирусига қарши курашда анъанавий қўлланиб келаётган ремантадинга хос кўрсаткичдан анча паст (25 мкг/мл). Агар ремантадин касалланишнинг илк даврида самарали бўлса, унга нисбатан C60/ПВП аддукти вирус кўпайиш даврининг бутун давомида барқарор таъсирга эга бўлади. Бундан ташқари грипп вирусининг А ва В турларига қарши курашда бирдек самарали,

ремантадин эса фақат грипп вирусининг А турига таъсир кўрсатади [36].

Яқин орада инсон тўқималари бўйлаб эркин ҳаракатлана оладиган ва унда биологик моддалар мавжудлиги ва концентрациясини аниқлай оладиган биологик тузилмаларнинг яратилиш эҳтимоли бор. 3.24-расмда нанороботларнинг қандай қилиб қон томирлари ва лимфатик тизим бўйлаб ҳаракатланиб, томирларни тозалаши ва дориларни керакли ерга етказиб бериши, шишлар, вируслар ва бактерияларни йўқотиши кўрсатилган. Келажакда биокимё анализи лабораториялари, тиббий клиник диагностикада айнан мана шундай биоаналитик тизимлар кенг қўлланади (3.25-3.28-расмлар).

Мана шунга ўхшаш молекуляр машина Мичиган университетиде синовдан ўтказилди. Нанороботлар учта қисмдан таркиб топди: ташувчи молекулалар, саратон хужайраларини аниқловчи молекулалар (ДНК фрагментига эга бўлган) ва люминафор молекулалари. Бундай конструкциялар организмга киритилганда, улар шиш хужайралари устида тўпланди ва люминесценция ёрдамида уларни кўрсатиб берди. Керакли ерга дориларни ҳам худди шундай етказиб бериш мумкинлиги ўз-ўзидан маълум (3.29-расм). Физик Тед Сэржент ўзининг «Молекулалар рақси. Нанотехнологиялар қандай қилиб ҳаётимизни ўзгартиради» («Ганец молекул. Как нанотехнологии изменят нашу жизнь») китобида тирик организмлар ичидаги муайян биологик функцияларни ўгартира оладиган медикаментларни киритиш учун нанотизимлар яратиш лойиҳаси мавжуд эканлиги тўғрисида ёзади. Булар, масалан, касаллик келтириб чиқарувчи аниқ организмларга қарши иммунитетни ривожлантириш ёки мустаҳкамлашга мўлжалланган медикаментар бўлиши мумкин.

2010 йилда нано- ва биотехнологияларнинг интеграцияси содир бўлиши мумкин. Бу эса энг янги ноёб дорилар ва тиббиёт асбоб-ускуналарининг (масалан, Россия плазмодиферез қурилмалари каби) ишлаб чиқарилишини йўлга қўйиш имконини беради. Нанотехнологиялар соҳасида CMP Cientifica консалтинг компаниясининг асосчиси Тим Харпернинг берган баҳосига кўра нанофармацевтика бозорининг умумий айланмаси 2012 йилда тахминан 3,2 трлн. долларни ташкил этади. Калифорния университети қошидаги Нанотехнологиялар марказидан Ричард Аппельбаум ҳам худди шундай башорат қилади. Унинг фикрига кўра, наномаҳсулотлар

бозорининг обороти 2014 йилда 14 трлн. долларни ташкил этиши мумкин, бу умумий товар ишлаб чиқаришининг 15% ига тенг. Бу соҳадаги ишлар АҚШдан ташқари Хитой ва Японияда ҳам олиб борилмоқда.

Тадқиқотчиларнинг ҳисоблашларича [37], яқин орада сунъий ДНК-молекулалар асосидаги нанороботлар инсон организмини микроблардан тозалай оладилар ёки энди пайдо бўлаётган саратон хужайраларини йўқ қила олади.

Аввал айтиб ўтилганидек, тиббиётда нанотехнологияларни қўллаш муаммоси хужайра тузилмасини молекуляр даражада ўзгартиришга, яъни нанороботлар ёрдамида «молекуляр жарроҳлик»ни амалга оширишга бориб тақалади. Шундай экан, намунавий тиббиёт нанороботи микрон ўлчамларига эга бўлади, бу унга капиллярлар бўйлаб ҳаракатланиш имконини беради. УК углероддан таркиб топади (3.30-, 3.31-, 3.32-расмлар).

Углерод ва унинг ҳосилаларини танлашда уларнинг юқори даражада мустақкамлиги ва кимёвий инертлиги ҳисобга олинди. Биомослик муаммоси оптимал материал танлаш ва наноробот ўлчамлари ҳисобига ҳал қилинади. Асосий энергия манбалари сифатида инсон танасидаги глюкоза ва аминокислоталарнинг локал запасларидан фойдаланиш кўзда тутилган. Шифокор нанороботларни яратишнинг башорат қилинаётган муддати XXI аснинг биринчи ярми деб тахмин қилинмоқда. «Фантастик саёҳат» китобининг муаллифи Рэй Курцвейл башоратига кўра инсон организми ичида «кун кўриб», барча юзага келаётган бузилишларни бартараф этадиган ёки уларнинг юзага келишига йўл қўймайдиган шифокор роботларни яратиш эҳтимоли ҳақиқатдан узоқ эмас.

Эндиликда олимлар нанороботларнинг тўқималар ичида ва алоҳида хужайра ичида ҳаракатланишига ёрдам берадиган наномоторлар яратиш устида ишламоқдалар. Бу мақсадга эришиш учун ички хужайравий «транспорт»дан фойдаланишга ўрганиш лозим. Айтайлик, ҳар битта хужайра – бу улкан мигополис, унда оқсил ва бошқа органик бирикмаларни ишлаб чиқариш бўйича заводлар мавжуд. Бу заводлар эса бир-бири билан мураккаб йўллар тармоғи – актин иплари билан боғланган. Хужайра ичига кириб олган ҳар битта молекула ўз тузилишига боғлиқ ҳолда аниқ бир йўлга тушиб олади ва фақат шу йўл орқали аниқ ерга ҳаракатлана бошлайди. Хужайра ичидаги алоқа йўлларининг ишлаш

тамойилини англаб етиб, улардан дориларни аниқ манзил бўйича етказиб беришда фойдаланиш мумкин. Бунинг учун қайси йўл керакли ерга олиб боришини ҳамда бу йўлдан ҳаракатланидиган молекулалар турини аниқлаш кифоя. Кейин дори солинган наноконтейнер мана шу молекулага «тикиб» қўйилади ва керакли адресга жўнатилади. Дорини бундай етказиб бериш АТФнинг универсал энергияси ҳисобига амалга оширилади. АТФ бу ФИК 92%га тенг бўлган самарали ёқилғидир. Ушбу реакцияда кимёвий алоқа энергияси, иссиқлик поғонасини босиб ўтиб тезда механик энергияга айланади. Бундай табиий мотор беистисно барча тирик организмларда юқори самарадорлик билан ишлайди.

МДУ, Россия ФА, Кардиомарказ олимлари шундай технология ишлаб чиқдиларки, бунда актин иплари бўйлаб табиатан ҳаракатланиш қобилиятига эга бўлган миозин оксили дори жойлаштирилган наноконтейнерга тикиб қўйилади. Натижада дори порцияси ички хужайра рельслари бўйлаб керакли ерга ҳеч қандай энергия сарфисиз «судралиб» боради. Бугунда биз истеъмол қилаётган дорилар (таблеткалар, капсулалар ва б.) даволаш таъсиридан ташқари бутун организмга қўшимча таъсир кўрсатади ва у одатда зарарли бўлади. Препаратни керакли ерга етказадиган наноконтейнерлардан фойдаланиш эса бундай қўшимча таъсирларни деярли йўққа чиқаради.

Олимлар простатанинг саратон хужайрасига кимёвий реагент юбордилар. Муваффақиятли ўтган муолажада аптамер деб номланувчи махсус лиганд-молекулага эга бўлган нанозаррачадан фойдаландилар. Аптамер кимёвий реагент билан бирикади ва улар ўртасида ўзаро алоқа юзага келгач, препарат зарур бўлган аниқ ерга юборилади. Натижада кимёвий реагентли саратон хужайралари ўлади, кимёвий реагент томонидан хужумга учрамаган соғлом хужайралар соғломлигича яшаб қолаверади.

Ҳозирги пайтда хужайра ичига янги генетик материални киритиш учун вируслардан фаол фойдаланилмоқда. Келажакда муайян ҳолатдаги хужайрани аниқлай оладиган робот-вируслардан фойдаланиш мумкин бўлади. Конкрет вазиятга қараб, бундай робот-вирус хужайрани (масалан, касалликни келтириб чиқарувчини) ўлдириши ёки унга керакли ДНК ва РНК молекулаларини олиб кириши, ҳатто шикастланган генетик материални бутунлай алмаштириш мумкин [38]. ДНК молекуласи — бу даврийлиги 3,4 нм ва диаметри 2 нм бўлган иккиланган

нуклеотид нанозанжири. Бу молекула генетик ахборот ва насл белгиларининг ташувчисидир ҳамда манфий зарядланган, чунки унинг таркибидаги фосфат манфий зарядга эга.

Британиянинг Лестер университети олимлари доктор Ву Су бошчилигида простата шиши ва бошқа саратон касалликлари турларини ташхислаш ва даволашнинг тезкор ва ишончли усулини ишлаб чиқдилар. Бунинг учун улар диаметри 5-100 нм га тенг магнит нанозаррачаларидан фойдаландилар. Бу заррачалар шишни магнит-резонанс томографияси ёрдамида ташхислайдиган зондлар каби амал қилади ва кейин уни иситиш методи билан йўқотади. Магнит нанозаррачалар шиш хужайралари устидаги рецепторлар билан осонгина алоқага киришишга қодир, бу эса шишни тез ва ишончли топиш имконини беради. Простата саратонида муваффақиятли синовдан ўтказилган ушбу метод онкологияда кенг қўлланиши мумкин.

Касалликни самарали даволаш учун уни энг илк босқичида ташхислай олиш лозим. Мана шу ўринда темир оксидидан кристаллик ядрога эга бўлган магнитли нанозаррачалар ёрдам беради. Организмда магнитли заррачалар бўлмайди, мавжуд темир моддаси эса амалда ҳеч қандай магнит хусусиятларига эга бўлмаган алоҳида ионлар кўринишида гемоглобин таркибига киради. Магнитли нанозаррачалардан иборат бўлган суспензия организмга киритилганда. Ҳар битта заррача, бегона жисм бўлгани туфайли, макрофаг томонидан тутиб олинади ва натижада «тамғаланган» бўлиб қолади. Макрофаглар – бактериялар ва бошқа бегона моддаларни ютиб юборишга ихтисослашган ҳимоя хужайралари. Аноорганик заррачани макрофаг ҳазм қила олмайди ва у билан ҳаракатланишда давом этади. Агар бирон ерда шиш бор бўлса ёки яллиғланиш жараёни кечаётган бўлса, макрофаглар инфекциялар, вируслар, бактериялар билан курашиш учун ўша ерга интилади ва муайян вақт давомида ўша ерда тўпланиб туради.

Магнит-резонансли томограф ёрдамида магнитли нанозаррачалар керагидан ортиқ тўпланган соҳани осон топиш ва яллиғланиш ўчоқларини уларнинг илк пайдо бўлиш босқичида аниқлаш мумкин.

Қон қуйиш билан боғлиқ муаммолар ҳам талайгина. Ҳатто қуйилган қон гуруҳи ва резус-фактор тўғри келган тақдирда ҳам томир ичида фожиали яқун топиши мумкин бўлган қон ивиш эҳтимоли мавжуд. Бироқ гуруҳий ва резус-тегишлиликдан ташқари

яна 250 та параметр борки, уларнинг бирон биттаси бўйича қон беморга тўғри келмай қолиши мумкин.

Америкалик олимлар «Роботехник қон қровь» лойиҳаси устида иш олиб бормокдалар ҳамда ушбу методни 10-15 йилдан кейин тиббиётга кенг татбиқ қилишга ваъда бермокдалар. Қимматли тошлар – сапфир ва фианитлардан умумий вазни 2 кг келадиган 500 триллион нанотиббиёт қурилмалари тайёрланмоқда. Улар табиий қон ўрнини тўлиқ боса оладилар, ўпка ва тўқималар ўртасида воситачи вазифасини ўтайдилар, қонни унга тушган ҳар қандай инфекциядан озод қиладилар, томирларни атеросклеротик бляшкалардан тозалайди, аневризмалар пайдо бўлган ерларда артерияларни мустаҳкамлайди, варикоз бужмайтириб юборган томирларни тиклайди. Натижада инсон соғломроқ ва чидамлироқ бўлади, инсониятнинг каттагина қисми озор чекаётган инсульт ва инфарктни унутиб юборади.

Қон кетишни шу онда тўхтата оладиган наномоддани ҳам америкалик олимлар ишлаб чиқдилар. Arch Therapeutics компанияси уни ишлаб чиқариш учун лицензия олди ва бу моддани оммавий ишлаб чиқариш учун технологик линияларни ривожлантирмоқда. Бу моддадан, биринчи навбатда, қонни тўхтатиш, ҳатто қон кетишини олдини олиш учун жарроҳликда фойдаланиш режалаштирилмоқда. У бош мия, юрак, қорин бўшлиғида амалга ошириладиган мураккаб операцияларда кенг қўлланиши мумкин. Катта шишларни олиб ташлашда қон кетиши шу қадар кучли бўлиши мумкинки, бунда операцияда қатнашаётган барча ассистентлар маълум муддат оқаётган қонни губкалар билан шимдиришга банд бўладилар.

Вақтни тежашдан ташқари, наномодда қон қуйишга, қон тизимида қўшимча операцияларни амалга оширишга бўлган заруратни камайтиради. Бунинг устига янги модда авариялар ва катастрофаларда қутқариш хизматлари томонидан, шунингдек дала тиббиётида қўлланиши мумкин. У қон тўхтатадиган бошқа воситалардан фарқли ўлароқ узоқ муддат сақланади, организмда осон парчланади. Клиник тажрибалар ва оммавий ишлаб чиқариш учун лицензия олинган бугунги кунда бу препарат тиббиётда мустаҳкам ўрин эгаллаши мумкин.

Тиббиётнинг қон қуйишга бўлган эҳтиёжи ҳозирги пайтда фақат 17-25 фоизгагина қондирилмоқда. Тиббиёт муассасаларини донор қони билан таъминлаш муаммосини қон ўрнини босувчилар

ҳал қила олади. Шулардан бири нанотехнологиялардан фойдаланиб тайёрланган Геленполдир. Геленполнинг клиник тажрибалари шуни кўрсатадики, ўз таъсирига кўра у донор қонининг аналогидир, яъни кислород ташиш ва гемодинамик функцияни бажаради, ҳар қандай қон гуруҳи ва резус-факторга мос келади. Бошқа қон ўрнини босувчилар, наркоз учун қўлланидиган воситалар, антибиотиклар, юрак-қон томир дориларига мос келади, реципиентнинг инфекцияга дуч келиш хавфини йўқ қилади, гемопоззни рағбатлантиради, организмнинг детоксикациясини амалга оширади, қон йўқотишларда босимни нормаллаштиради, қонда гемоглобин таркибини оширади, микроциркуляцияни яхшилайти, қўшимча таъсирларга эга эмаслиги билан ажралиб туради.

Нанотехнологиялар сунъий органларни яратишга ёрдам беради. Олимларнинг таъкидлашларича, нанотехнологиялар ёрдамида инсоннинг қон хужайраларига радиация хавфининг дастлабки белгилари пайдо бўлганлиги ёки организм учун хавфли касаллик келтириб чиқарувчи жараёнлар тўғрисида огоҳлантирадиган микроскопик датчикларни ўрнатиш мумкин. Нанозаррачалар атроф муҳитни ҳимоя қилишда, масалан, сув тозалаш тизимларида ёки sanoat чиқиндиларидан ўта заҳарли элементларни ажратишда қўлланади; улар ҳатто атмосферадан зарарли чиқиндиларни йўқотиб, Ернинг озон қатламини емирилишдан қутқариб қолишга кодир [34].

Россия ФА Сибир бўлимининг Катализ институтида ҳавонинг фотокаталитик тозалагичи ва заҳарсизлантиргичи («Аэро Люкс») ишлаб чиқилди. Унда ультрабинафша лампа таъсирида катализатор юзасида органик моддаларни, шу жумладан, ушбу қурилмадан ўтказилаётган ҳаво таркибидаги микроорганизмлар таналарини ҳам парчалайдиган эркин радикаллар ҳосил бўлади. Ҳавони фотокаталитик зарарсизлантириш самарадорлиги хонага анъанавий равишда ультрабинафша ёруғлик билан ишлов берилгандагига караганда 10-100 марта ортиқ [39].

Кийим-кечак ишлаб чиқаришда нанотехнологиялар бутун жаҳон бўйлаб қўлланиб келади. Сеулдаги Ханъян университетининг тадқиқотчилари полипропиленга кумуш нанозаррачаларни қўшдилар. Ҳосил бўлган гибриддан толалар олиш, толалардан газлама тўқиш, газламадан эса антибактериал кийим тикиш мумкин. Кумуш ўзининг микробга қарши хусусиятлари билан

маълум: ушбу металл 650дан ортиқ турли хилдаги патоген организмларни ўлдиради. Бу янгиликдан шунингдек гиламларда, диванлар ва матрас ғилофлари, жарроҳлик ниқоблари ва халатларида фойдаланиш мумкин.

Геронтологияда нанотехнологиялар хужайраларнинг қаришига йўл қўймайдиган молекуляр роботларни организмга жорий қилиш, шунингдек инсон организми тўқималарини қайта қуриш ва соғломлаштириш ҳисобига боқий умрга эришиш имкониятидан хабар беради. [40].

Ҳозирги пайтда диагностика мақсадларида, эҳтимолки, даволаш мақсадида инсон организмнинг ичига жойлаштирилиши мумкин бўлган мўъжаз қурилмалар тобора кенг тарқалмоқда. Ичак-ошқозон йўлини текширишга мўлжалланган замонавий қурилма бир неча миллиметр келади, унинг бортида мўъжаз видеокамера ва ёритиш тизими жойлашади. Бу қурилмаларни наномедицина соҳасига тегишли дейиш тўғри эмас, бироқ улар автоном локомоция учун мосламалар ва манипуляторлар билан таъминланишлари мумкин. Мана шунда улар организмнинг керакли нуктасига кириб боришлари, у ерда локал диагностик ахборот тўплашлари, доривор воситаларни етказиб беришлари ва келажакда «наножарроҳлик операция»ни (атеросклеротик бляшкаларни емириш, зарарлига айланиш ҳавфи бўлган хужайраларни йўқ қилиш, шикастланган нерв тўқималарини тиклаш ва ҳ.к.) амалга оширишлари мумкин бўлади. Бу соҳада мавжуд бўлган кўплаб муаммоларга қарамай, 130та нанотехнологиктдорилар ва етказиб бериш тизимлари ҳамда 125та қурилма ва ташхислаш тестлари 2005 йилдан бошлаб клиникадан олдин, клиник ва тижорий ишланмалар қаторига кирди.

АҚШнинг Миллий соғломлик институти турли босқичларнинг ҳавфсизлиги, шу жумладан заррачанинг инсон танасидаги йўли, унинг танада бўлиш вақти, хужайралар ва тўқималар функцияларига таъсири, қон айланиши тизимига тери орқали ёки *in vivo* тушиб қолиш имкониятлари устида иш олиб бормоқда. Миллий саратон институти (АҚШ) саратонга қарши янги дорилар синфининг клиник синовлари учун стандартларни ривожлантириш муаммоларини ҳал қилмоқда.

Инсон органлари, майда томирларни ичкаридан туриб, жарроҳлик операциясини қўлламай қандай текшириш мумкин, микродозали дорини керакли ерга қандай етказиб бериш, керак

бўлиб қолганда жарроҳлик аралашувини амалга ошириш мумкин? Моҳият эътибори билан буларнинг ҳаммасини организм ичида (масалан, қон томирлари бўйлаб) ҳаракатланиш имкониятлари билан тадқиқотчи, ташхисчи, терапевт, микрохирург қобилиятини ўзида мужассам этган нанороботларга топшириш мумкин. Бундай функциялар ўлчамлари бир неча миллиметр келадиган қурилмаларда қисмма-қисм амалга ошириб бўлинди, лекин улар ҳозирча универсал эмас ҳамда майда томирларга, тор «йўлақлар»га кира олмайди. Бироқ тез орада нанотехнология инсон-шифокорларнинг энг яқин ассистентларига айланадиган нано-шифокорларни яратишга ёрдам беришига шубҳа йўқ. Нанороботлар акустик тарзда – компьютер орқали командалар бериш йўли билан бошқариладиган бўлади. Даволаш эса вазиятни янада аниқроқ таҳлил этиш ва даволаш методларини танлаш тўғрисида қарор қабул қилиш учун нанороботларни инсон танасига киритишдан иборат бўлади. Шифокор нанороботларни бошқариб, улар орасидаги энг фаолларидан ахборот олиб туради. Нанотиббиёт ходимлари наноолам асосларини яхши билиши лозим бўлади, чунки кимё ва физика қонунларини билмаслик беморнинг ўлимига сабаб бўлиши мумкин. Ўлим ҳолатларини бартараф этиш мақсадида, нанороботларнинг инсон танасида репликациясини (кўпайишини) бартараф этиш режалаштирилмоқда. Башоратларга кўра, робот-шифокорлар XXI асрнинг биринчи ярмида яратилади.

Истиқболда ҳар қандай барқарор молекулани йиғиш ва улардан берилган хусусиятларга эга бўлган кимёвий тузилмани яратиш мумкин бўлади. Масалан нанороботни ҳар қандай тузилмани ёки бошқа нанороботни қуришга дастурлаш мумкин. Нанороботларнинг ўзини-ўзи яратиши уларни арзон бўлишини таъминлайди. Улкан гуруҳларда иш олиб борар экан, нанороботлар ҳар қандай объектни кам ҳаражатлар билан ва юқори аниқликда яратиши мумкин бўлади.

Кўпчилик олимлар 2020 йилга келиб қон айланиш тизимининг ичига ўлчамлари хужайрадек келадиган миллиардлаб нанороботларни жойлаштириш имконияти туғилади дейдилар. Бироқ Р.Фрайтаснинг фикрича бу 2030-2035 йилларга келиб содир бўлади [41] г. Ушбу нанороботлар қариш жараёнларини тўхтатади [37], алоҳида хужайраларни даволайди ва алоҳида нейронлар билан алоқага киришади.

Италиялик тадқиқотчилар бош мианинг гиппокампа бўлимидан углеродли нанотрубкалар тармоғидан иборат субстратда нерв хужайраларини ўстиришга муваффақ бўлдилар. Уларнинг аниқлашларича, нанотрубкалардан таркиб топган тармоқ нерв импульсларини хужайралар орасидан ўтишини яхшилади. Бирок энг жасур олимлар ҳам нейротармоқли нанотрубкалар ва тирик нерв хужайраларидан гибрид яратиш мумкинлигини тасаввур қила олмасдилар (3.33-, 3.34-, 3.35-, 3.36-расмлар).

Ҳозирги пайтда кремний-нерв хужайраси интерфейслари лаборатория шароитида ишламоқда ва сигналларни узатишга қодир. Келажақдаги вазифалардан бири – шикастланган нейронларни ўзаро улаб, улар ўртасида сигналларни узатишни яхшилаш имконини берадиган нейротармоқ имплантларини яратиш.

Олимлар шунингдек шикастланган участкаларни миостимуляциялаш учун нанотрубкаларнинг нейротармоқли субстратига микроэлектродларни киритишни таклиф этмоқдалар. Нанокурилмаларнинг инсон миасига имплантацияси унинг билимлари ва фикрлаш тезлигини кўп марта оширади.

Японияда биринчи «наномия» ишлаб чиқилди. Бу нанороботларни бошқариш имконини берадиган молекуляр тузилмадир. Эксперимент доирасида «наномия» ёрдамида турли наномашиналар энг оддий командаларни бажара олдилар. «Наномия» суперкомпьютерларни яратишда қўлланиши мумкин.

Имплант-датчиклар қовуқдан тортиб, то юрак клапанигача ҳар қандай орган ишини кузатиб боради ва маълумотларни шахсий компьютерга узатади. Бу ердан улар шифокор ихтиёрига тушади. Хатарли симптомлар пайдо бўлса, тиббий бригада чақирилади.

Нанотехнологиялар фалажга қарши. Нанотехнология орқа мианинг шикастанган нерв тўқималарини тиклаш имконини беради, бу эса ногиронлар аравачасига миҳланиб қолган беморларга оёққа туришга ёрдам беради. Яратилган наномодда орқа мия тўқимасига киритилгач, нанотўқимали тузилмани шакллантирадики, бу тузилма нерв хужайраларининг ўсишини рағбатлантиради ҳамда орқа мия фаолиятининг тикланишини таъминлайди.

Ҳозирги ривожланиш босқичида тиббиёт орқа миаси шикастланган кишиларни даволаш технологиясига эга эмас. Механик шикастланишда нерв тўқимасида чандиқ шаклланади, бу янги хужайраларнинг ўсишига йўл қўймайди. Бунда орқа мианинг биотокларни миядан ва тўқималардан бош мияга узатиш қобилияти

бузилади, бу эса ҳаракатланиш қобилиятининг йўқолишига олиб келади.

Янги технология ёрдамида шундай материалга эга бўлиш мумкинки, у орқа мияга киритилганда, чандиқлар пайдо бўлишини олдини олади ва нерв тўқимасининг ўсишини рағбатлантиради. Бу материал Шимоли-ғарбий университет профессори С. Ступпа томонидан ишлаб чиқилди [42]. У ўзини-ўзи йиғиш механизми ёрдамида нерв тўқимасининг ўсиши учун гўё каркас ҳосил қиладиган нанотоллага айланадиган молекулаларга эга. Янги модда тўқимага оддий инъекция йўли билан киритилади. Кейин уч ҳафтадан етти ҳафтагача бўлган муддатда нанотола парчаланadi.

Олимлар нерв тўқимасини регенерациялаш учун турли ёндошувларни таклиф этадилар. Нерв тўқимасининг ўсишида каркас ҳосил қилиш учун каллогендан, шунингдек микроорганизмлар таъсирида парчаланадиган синтетик полимерлардан фойдаланилади. Уларнинг ҳаммаси жарроҳлик йўли билан имплантация қилишни талаб этади. Янги модда улардан шуниси билан фаркланадики, уни орқа мияга игна билан суюқ ҳолда киритиш мумкин. Суюқликдаги манфий зарядли молекулалар организмдаги натрий ёки кальций каби мусбат зарядланган заррачалар билан яқинлашганда, тўплана бошлайди. Молекулалар тўпланиб, нерв тўқималарининг ўсиши учун панжарасимон тузилмалар ҳосил қиладиган цилиндрсимон ичи бўш нанотолаларга айланади. Тола юзида чандиқлар ҳосил бўлишини бартараф этадиган ва нерв тўқимасининг ўсишини рағбатлантирадиган молекулалар бўлади.

Худди шу муаллифнинг ўзи ва унинг ҳамкасблари [43] сичқонларда юрак хуружи ва юракнинг инфарктдан шикастланиш ҳолатини келтириб чиқардилар. Тажриба учун ажратилган ҳамма сичқонлар учта назорат гуруҳига бўлинди. Биринчи гуруҳдаги сичқонларга инфарктдан кейин ярим соат ўтиб ўзини-ўзи узун ва ингичка нанотолалар кўринишида ташкил қила оладиган моддалардан таркиб топган препарат киритилди: айнан мана шу нанотолалар юрак мускулидаги ярани тўлдиради. Бир пайтнинг ўзида улар тўқималардаги гепарин билан боғланиш хусусиятига эга бўлиб, ушбу гепарин шикастланган юрак тўқималарини битириш хусусиятига эга бўлган ўстириш омилларини ўзида аккумуляция қилади. Сичқонларнинг иккинчи гуруҳи фақат ажратиб олинган ўсиш омилларидан иборат препарат олдилар. Учинчи гуруҳ назорат

гуруҳи сифатида қолдирилди ва ундаги сичқонларга ҳеч қандай препарат киритилмади.

Даволашдан бир ой ўтгач, шу нарса аён бўлдики, биринчи гуруҳдаги сичқонларнинг юраклари киритилган нанопрепарат туфайли деярли тўлиқ тикланди ва соғлом сичқонларникидек фаолият кўрсата бошлади. Иккинчи ва учинчи гуруҳга кирган сичқонлар анча секин соғая бошладилар, уларга ҳатто ўстириш омиллари ҳам ёрдам бермади. Бу каби тадқиқотлар тажриба куёнлари устида ҳам ўтказилди ва ўз тасдиғини топди. Нанотехнологиянинг оддий терапиядан афзаллиги шундаки, у организмда жароҳатнинг битиш жараёни содир бўлган муҳитнинг яратилишини таъминлайди.

Методнинг самарадорлигини исботлаш учун Кўриш ва офтальмология соҳасида тадқиқотлар ассоциацияси (ARVO) конгресси қатнашчилари учун тадқиқотчилар томонидан тилиб ташланган сичқон жигарининг самарали битиши жараёни суратга олинган видеотасма намойиш этилди. Видеотасмада қон нақадар тез тўхтагани ва тилинган органнинг тикланиш жараёни шу ондаёқ бошлангани аниқ кўриниб турди. Профессор Эллис-Бенкенинг фикрича, нанотехнологиялар ёрдамида жароҳатларнинг тезкор битиши методидан фойдаланиш нейрохирургия учун бекиёс аҳамият касб этади, чунки у бош мия операцияларида салбий таъсирларни минимал даражага етказиш имконини беради.

Олимлар Сомобрата Ахария ва Анирбан Бандиопадхай (Япония) 4 млрд дан ортиқроқ турли комбинацияларни кодлашга қодир бўлган молекуляр машинани таклиф этдилар. Яратилган молекуляр тузилманинг ўлчамлари атиги 2 нм ни ташкил этади. Бу жаҳонда биринчи фаолият кўрсатаётган «наномия» намунаси дир. Келгусида «наномия»дан нанороботларни яратишда фойдаланиш мумкин бўлади. Бу нанороботларнинг лойиҳалари ҳозирча ишлаб чиқиш жараёнида турибди. Нанороботлардан тиббиёт мақсадларида кенг фойдаланиш мумкин. Хусусан, дориларни киши организмнинг уларга эҳтиёж сезаётган ерига етказиб беришда уларга айниқса катта умид боғланади. Бироқ нанороботлар назоратни талаб қилади, ҳамда уларни дастурлаш учун «наномия» талаб қилинади.

«Наномия» атиги бир нечта юз атомдан иборат бўлади. Бирок «наномия» нима учун керак? Олимлар ва шифокорлар ҳозирча фақат гипотеза даражасида турган нанороботлар ёрдамида

беморларни даволашга катта умид боғламоқдалар, чунки улар, юқорида қайта-қайта таъкидланганидек, дорини организмнинг катъиян белгиланган ерига етказиб бера олишлари ёки қон оқимида онгли хатти-ҳаракатлар бажаришлари мумкин. Бироқ айнан мана шу ерда катта бир муаммо юзага келади – митти молекуляр машиналарни назорат қилиш зарурати туғилади. Бунинг учун эса «наномия» керак. Олимлар тирик организм ичида, ҳатто алоҳида ҳужайра ичида дастурлаштирилган мураккаб хатти-ҳаракатларни бажара оладиган молекуляр роботларни яратишга эҳтимол муяссар бўларлар.

Олимларнинг ҳисоблашича, мия чипи нерв импульсларини компьютерга узата олади, компьютер уларни расшифровка қилади ва ҳар хил турдаги қурилмаларга (тостердан то телевизоргача) командалар беради. Уларни фикран бошқариш содир бўлади.

Изга қўйилган одатдаги турмуш тартибидаги ҳар қандай янги предметлар ёки ўзгаришлар жамият асосларини бўшаштириб юбориши мумкин. Масалан, мия тузилишини нисбатан осон модификация қила оладиган ёки психик фаолликнинг ҳар қандай шаклларини имитация қила оладиган эффе́ктларга эга бўлиш учун миянинг муайян бўлимларини рағбатлантира оладиган тиббиёт қурилмалари «нанотехнологик гиёҳвандлик» учун замин яратиши мумкин.

Ўйлаймизки, яқин вақтда янада самаралироқ наноқурилмалар ўйлаб топилади. Истеъмолчилар диагностика ва терапиянинг такомиллашувига муҳтожлар ва бу нафақат уларда мавжуд бўлган касалликларга, балки улар ҳали оғримаган, аммо оғришга мойил бўлган касалликларга ҳам тегишлидир. Глаксо Смит Клайн ва Эли Лили каби фармацевтик компаниялар нанотехнологик диагностик комплексларни кутмоқдалар, бу беморлар ўз ДНКларини таҳлил этишлари учун имкон яратади. Диагностиканинг мақсади, ҳамма вақтда бўлганидек, - шифокорларга касалликни иложи борича эрта аниқлашга ёрдам бериш. Нанотехнология ҳужайра ва ҳатто субҳужайра даражасида ташхис қўйишга ёрдам бериши кутилмоқда.

С.Ступпа бошчилигидаги бир гуруҳ тадқиқотчилар (Чикаго нанобиотехнологиялар институти, АҚШ) нинг тажрибалари ҳам шуни кўрсатдики, нанотехнологияларнинг қўлланиши организмга ўзини-ўзи тиклаш функцияларини ишга солишга ёрдам бериши мумкин экан [38].

Ҳайвонлар устида ўтказилган тажрибалар давомида улар махсус ишлаб чиқилган «наномодда»ни орқа мияси шикастланган сичқонга юборганларида сичқон атиги 6 ҳафта ўтиб, орқа оёқларини қимирлата бошлади. Улар тез ҳалок бўлаётган нерв хужайралари – нейронларни сақлаб қолишга ва ҳатто янгиларини ўсиб чиқишини рағбатлантиришга эришдилар, бунинг учун сичқон организмга орқа мия тўқималарида ўзлари ўзларидан нанотузилмалар ҳосил қилишга қодир бўлган махсус молекулалар юборилди. Бу ҳосилалар инсон соч толасидан минглаб марта ингичкароқ бўлган тола тузилишига эга бўлади (3.37-расм). Бундай нанотолалар ҳалокатли чандиқларнинг шаклланишига йўл қўймаганидан ташқари яна организм томонидан ҳалок бўлган ёки шикастланган хужайраларнинг регенерациясини тезлаштиради.

Мана шундай нанотолаларнинг муайян дозаси оддий укол қилиш йўли билан шикастланган соҳага киритилгач, улар муайян биологик жараёни (масалан, шикастланган хужайралар регенерацияси ёки тикланиш жараёнини) дифференциаллашган ствол хужайраларидан фойдаланган ҳолда ишга тушириш лозим бўлган тўқималар устида тўпланади. Ствол хужайралари бу ҳақиқатан ҳам табиатнинг ажойиб мўъжизаси, ўзини-ўзи дастурлайдиган ўзига хос биологик «микропроцессор»дир. Ствол хужайралари кўпайиш, қайта тизилиш хусусиятига эга, улар организмнинг барча органлари ва тўқималари учун асосий хужайра компонентларини етказиб беради [34].

Ствол хужайраларининг бу хусусияти Паркинсон, Альцгеймер, тарқалган склероз, диабет каби касалликлар, инфаркт ва инсульт оқибатларини даволашга мутлақо янгича ёндошиш мумкинлигига умид туғдирди. Ушбу касалликлар оқибатида нерв, мускул, без ва бошқа тўқималарнинг асл ҳолига қайтмайдиган шикастланишларини ствол хужайралари билан алмаштириб тиклаш мумкин бўлади.

Киндик ичакчаси қонидан олинган ствол хужайралари илиқдан олинган шу турдаги хужайралардан анча ёш бўлади. Киндик ичакчаси қонида фойдали хужайралар микдори ҳам илиқниқига нисбатан анча кўп, уларни организмга киритиш муолажаси эса соддароқ ва хавфсизроқ. Ҳозирги пайтда Россияда ствол хужайралари лейкозлар ва иммун тизимининг бузилишлари билан боғлиқ касалликларни даволашда қўллаб келинмоқда.

Нанокристаллар хужайрада кечаётган жараёнларни молекула даражасида ўрганиш имконини беради. Бу эса саратон касалликларини ташхислаш ва даволаш сифатини анча яхшилаши мумкин. Яримўтказгичли флуоресцентли квант нуқталари хужайрани визуаллаштиришга ёрдам беришини олимлар аниқладилар. Ҳозирда квант нуқталари соф тажрибалар босқичидан ўтиб, визуаллаштиришда қўлланиб келинмоқда. Наносенсорлар ёки квант нуқталаридан фойдаланиб, озиқ-овқат маҳсулотларида энг майда кимёвий ифлосликларни ёки хавфли биологик агентларни ҳам тез ва ишончли аниқлаш мумкин. Афсуски, квант нуқталарининг токсинлиги кузатилади. Аммо Беркли университетида (АҚШ) яқин орада ўтказилган тадқиқотлар шуни кўрсатадики, квант нуқталари учун ҳимоя қопламалари уларнинг токсинлигини бартараф этиш имконини беради.

Дарҳақиқат, диагностика (ташхислаш) тиббиётнинг муаммоларидан бири фон муаммосидир, чунки организмнинг текширилаётган еридан келаётган сигнални атроф тўқималардан келаётган турли-туман шовқинлардан фарқлаб ажратиш олиш қийин. Мана шунда бизга квант нуқталари ёрдамга келади. Саратон хужайраси касаллигининг илк босқичида аниқланганда, биринчи навбатда патологик хужайрада ишлаб чиқариладиган ўзига хос оксил билан боғланган молекула синтезланади. Кейин шу молекула, айтайлик қизил рангдаги квант нуқтасига «тикиб» қўйилади. Натижада организмда шу рангнинг пайдо бўлиш ери зарарли шиш қаерда эканини хужайра аниқлигида кўрсатиб беради.

Томирларга яшил ранг суспензияни юбориш мумкин. Квант нуқталари организмда тез ва бир текисда тақсимланиб чиққач, тери орқали қон оқимининг шоҳлаб кетган тармоқлари кўринади, улар ўзига хос зумрад рангли маржон шодалари илинган дарахтга ўхшаб кетади (3.38-расм). Агар бирон ерда кичкина томирча ёки капилляр шиканланган бўлса, бу яшил томирлар тўридаги кичкина йиртиқлардан кўриниб туради. Инсон организмдаги тўқималарда яшил ранг бўлмагани туфайли, бундай сигнални бошқалари билан чалқаштириб юбориш қийин.

Бугунги кунда Роше Дайагностикс каби компаниялар ОИТВ ва гепатит каби касалликларни ташхислаш ва аниқлаш учун полимераза занжирли реакцияси технологиясидан фойдаланадилар. Квант нуқталарига ўхшаш нанокристаллардан яратилган ташхислаш тизими катта аниқликни таъминлаши мумкин.

«Scientific America» журналининг прогнозларига кўра, атиги почта маркасидек келадиган тиббиёт қурилмаларининг пайдо бўлишига оз вақт қолди. Уларни жароҳат устига қўйиш кифоя: қурилма ўзи мустақил равишда қон анализини ўтказди, қандай дорилардан фойдаланиш кераклигини аниқлайди ва уларни қонга киритади.

Профессор Ч.Либернинг (АҚШ) фикрича, ташхислаш тиббиётининг келажагини биологик материалдаги оксиллар, вируслар ёки ДНКни санокли дақиқаларда тез ва ўзига хос аниқлаб берадиган нанотехнологиялар белгилаб беради. Унинг лабораториясида нанопроводларга асосланган наносенсор яратилди, у бир пайтнинг ўзида вирусларнинг бир нечта турини, уларнинг ҳар биттаси учун алоҳида хос бўлган бир нечта антижисмлардан фойдаланиб, аниқлаш ва дифференциаллаш қобилиятига эга. Бундай қурилмалар тиббий ташхислашда муваффақиятли қўлланиши мумкин.

Энди чипдаги лаборатория (lab on a chip) тушунчасига аниқлик киритсак. Бу кичкина пластинка бўлиб, унинг юзасига керакли моддаларга мос келадиган рецепторлар, масалан, антижисмлар тартибли жойлаштирилади. Модда молекуласининг рецепторларга маҳкамлангани электр йўли билан ёки флюоресценцияга қараб аниқланади. Битта пластинка юзасига кўп минглаб моддалар учун датчиклар маҳкамланиши мумкин. Бу қурилма алоҳида молекулаларни топишга қодир. У ДНК ёки аминокислоталар асослари кетма-кетлигини аниқлашда, инфекция касалликларни келтириб чиқарувчиларни, захарли моддаларни кидириб топишда қўлланиши мумкин. Катта-кичиклиги бир неча миллиметр келадиган қурилмани тери устида (тер билан ажралиб чиқаётган моддалар анализи учун) ёки организм ичида (оғиз бўшлиғи, ичак-ошқозон йўли, тери ости ёки мускулга) жойлаштириш мумкин бўлади. Бунда қурилма организм ички мухитининг ҳолати, ҳар қандай шубҳали ўзгаришлар тўғрисида хабар бера олади.

Бир қатор компаниялар томонидан ишлаб чиқилган чипдаги лабораториялар ўта мураккаб анализларни тез ўтказиш ва натижасига эга бўлиш имконини берадики, бу бемор учун фавқулотда вазиятларда ғоят зарур [39]. Ҳозирги пайтда жаҳоннинг етакчи компаниялари ишлаб чиқараётган ушбу лабораториялар қон

таркибини таҳлил этиш, ДНК бўйича одамнинг қариндошлигини аниқлаш, заҳарли моддаларни аниқлаш имконини бермоқда

Агар касалликни генетик хатолар келтириб чиқарган бўлса, бу ҳолда айнан қайси ген хатога йўл қўяётгани аниқланади. Кейин ДНКнинг талабдаги фрагменти синтезланади. Бу фрагмент полианиондир, чунки унда мусбат зарядланган нуклеотид асослар бир-бири билан бирлашган ва буралган молекула ичига яширинган бўлади, манфий зарядланган фосфат гуруҳлар эса ташқарига қараган бўлади. Ташқи электр зарядни нейтраллаштириш учун генга тегишли поликатион қўшилади. Атомлараро кучлар таъсирида ушбу мураккаб тузилма наношарча шаклида ўралиб олади (3.39-расм). Бундай шарча, хужайра унга яқинлашганда, уни ютиб юбориши учун, бошқа полианион билан устидан қопланади, ахир у вирусни худди шундай ютиб юборади-ку. Хужайра ичида овқат ҳазм қиладиган ферментлар таъсирида шарча қобиғи парчаланади. Озод бўлган ген ядрога киради ва бу ерда ўз ишини бошлайди. У ўз матричасида оксил синтезининг хужайра ичида амал қиладиган механизмларига эга бўлади. Мана шундай йўл билан жорий этилган ген икки ҳафтага яқин вақт давомида ишлашга улгуради, кейин хужайра бегонани топиб, уни йўқ қилади.

Тромбофлебит ва диабет билан оғриган беморларда оёқлардаги майда қон томирлар емирила бошлайди. Хужайраларнинг кислород билан таъминланиши бузилади, улар трофик яралар ҳосил қилиб, ўлиб боради. Одатда бундай пайтда анъанавий даволаш усуллари ёрдам бермайди, чунки томирларни тиклаш учун юборилган оксиллар организм ичида ярим соатдан ортиқ ишлай олмайди ва бу вақт давомида ҳеч нарса қилишга улгурмайди. Трофик яралар келтириб чиқарадиган оғриқлар шу қадар кучлики, оёқларни кесиб ташлашга тўғри келади. Касалликнинг ўта оғир босқичини бошидан кечираётган айрим беморларга инъекция йўли билан етишмаётган оксиллар синтези учун жавоб берадиган генлар юборилганда, қон томирларининг юпқа тўри тахминан икки ойдан кейин тиклана бошлади ва трофик яра қамайди [44].

Офтальмология. Бостон университетидан Марк Гринстафф кўз жароҳатларини даволашда қўллаш мумкин бўлган наноўлчамли тармоқланган полимерлар – дендримерларни яратиш устида олиб борилаётган ишлар тўғрисида хабар берди. Гонконг университетида фаолият олиб бораётган профессорлар Ратлеж Эллис-Бенке ва Геральд Шнайдерлар яқин вақт орасида «йиртилган кўз йўлини,

унинг функцияларини тиклаган ҳолда, нанонейротўқиш» деб номланган технологиянинг клиник синовларига киришадилар. Профессор Эллис-Бенке маълум қилишича: «Бизнинг технологиямиз йиртилган кўз устида нанотолали кўприк қуриш имконини беради, баъзида биз хатто ўзини-ўзи йиғадиган нанотолали пептидлардан таркиб топган қурилиш ҳавозалари ҳам ўрнатишимиз мумкин». Ушбу методика моҳият эътибори билан эртанги кун технологиясидир ва офтальмологиядаги бир қатор жиддий масалаларни ҳал қилиши мконини беради.

Яқин вақтда кўз тўрпардасига кўз ичидаги ҳамма ахборот чиқариладиган бўлади, худди шахсий компьютер экранидагидек.

В.А.Энгельгардт номидаги Молекуляр биология институтида (РФА, Москва) академик А.Мирзабеков раҳбарлигида биочипларни яратиш устида иш олиб борилмоқда. Юқорида айтиб ўтилганидек, чип бу кичкина пластинка. Унинг устида турли моддалар – оксиллар, токсинлар, аминокислоталарга ва ҳ.к. таъсир кўрсатадиган рецепторлар жойлаштирилади. Чипга бир томчи қон ёки бирон-бир бошқа биологик суюқлик томизиш кифоя ва «қариндош» молекулалар рецепторларга маҳкамланади. Кейин прибор-анализатор ахборотни ўқиб олади. Биочиплар ҳозирданок сил, ОИТВ кўзгатувичларини, ўта хавfli инфекциялар, кўпчилик заҳарлар, саратонга қарши антижисмларни ва ҳ.к. деярли шу топда аниқлай оладилар. Бу биочиплар хатто америкалик олимлар ишлаб чиқарган биочиплардан анча арзонга тушди. Кўзгатувчи штаммини экспресс-аниқлаш учун мўлжалланган тизим ўйлаб чиқилди. Битта чипда юзга яқин флуоресцент датчиклар жойлаштирилади. Тизим моҳияти шундаки, ДНК (ёки РНК) молекуласи мембранадаги наноғовақдан асос кетидан асос ўтказилади. ДНК наноғовақдан «тўғриланган» ҳолда ўтказилиши керак. Электр градиент ёки квант туннели токи ғовақ орқали ўлчанса, ҳозирда унинг орасидан қандай асос ўтаётганини аниқлаш мумкин бўлар эди. Мана шундай тамойилга асосланган прибор ДНКнинг тўлиқ кетма-кетлигини битта ўтишда олиш имконини берган бўлар эди.

Худди шу институтнинг ўзида тиббиётда металллар нанозаррачалари ўрганилади ва қўлланади. Кумушнинг бактерицидли ва яраларни битирувчи хусусиятлари анчадан буён маълум. Бирок, агар кумушни ва бошқа металлларни нанозаррачаларга айлантирадиган бўлсак, уларнинг бу хусусиятлари янада кучаяди. Ўтказилган кўплаб клиник тадқиқотлар давомида олимлар

куйишлар, ўқ теккан яралар, синишлар, тери, гинекологик ва бошқа турдаги яллиғланишлар ва яралар улар ёрдамида тезроқ битишини исботладилар. Олимлар томонидан ушбу металлларнинг шифобахш хусусиятларига асосланган ўнлаб препаратлар яратилди. Бироқ фармацевтлар минглаб марта қимматроқ чет эл препаратларини сотиб олишда давом этмоқдалар.

ДНК бир-бири билан боғланган иккита комплементар илдан таркиб топган бўлиб, спиралсимон тузилишга эга. Комплементар иллар эса тўртта нуклеотид кетма-кетлигидан иборат бўлади ва уларнинг жойлашиши синтезланаётган оқсил тузилишини белгилайди. Агар нуклеотидларнинг ақалли биттаси алмаштириб қўйилса, оқсил молекуласида «бегона» аминокислота пайдо бўлади. Натижада оқсил ўз функцияларини ёмон бажара бошлайди. Масалан, туғма ўроксимон-хужайра амнемиyasi касаллигида гемоглобин оқсили аминокислотали кетма-кетликдаги билинар-билинимас ўзгариш туфайли керакли шаклни қабул қилиш қобилиятини йўқотади ва шунинг учун кислород таший олмайди. Бу касалликни даволаб бўлмайди ва инсон ҳалок бўлади. Оқсил ишидаги ДНКдаги ирсий хатоликлар келтириб чиқарган бошқа бузилишлар бу қадар хавфли бўлмаса-да, бироқ сурункали касалланишга олиб келиши мумкин. Шунинг учун шифокорлар бугунги кунда керакли оқсилни синтез қилишда организмга ёрдам бермоқдалар. Тиббиётда генотерапия деб аталган янги йўналиш юзага келмоқда. Генлар ишидаги носозликлар келтириб чиқарган ҳам ирсий, ҳам эга бўлинган касалликлар бугунги кунда шифо топмоқда.

Наносенсорлар индивидуаллашган (ҳар бир шахсга қаратилган) тиббиётга ўтишга ёрдам беради. Ўзининг нанотехноло-гик воситалари ёрдамида Женомикс (АҚШ) компанияси ДНК занжирларида генлар вариацияларини аниқлади. Бу узунасига 200 минг асосий жуфтликдир. Компания замонавий методлар ёрдамида истиқболда инсоннинг 3 млн. жуфтидан иборат бутун геномини расшифровка қилиш имконияти ҳақида сўз юритмоқда. Бунда индивидуаллашган терапия имкониятларидан, шу жумладан дориларни нанотехнологик етказиб беришдан фойдаланилади (С-Сиксти компанияси) [45].

Хужайра ишида, унинг ихтисослашганига қараб, фақат муайян микдордаги генлар иштирок этади. Агар гендаги нуклеотидлар кетма-кетлиги бузилса, бу ҳолда унинг асосида

синтезланаётган оксил ўз функцияларини тўла қонли бажармай қўяди. Бу эса модда алмашинувининг бузилишига олиб келади.

Майкл Страно раҳбарлигидаги гуруҳ ДНКдаги носозликларни аниқлаш учун нанодатчик ишлаб чиқди. Наносенсорлар тирик хужайраларда ДНКларни ишдан чиқарадиган моддаларни аниқлай оладилар. Технология углеродли нанотрубкаларнинг инфрақизил ёруғлик таъсирида флуоресценцияланиш хусусиятига асосланади. Нанотрубкалар ДНК молекулалари билан қопланган. Бу қоплама, бир томондан, тўқималарни нанотрубкалар билан шикасланишдан сақласа, иккинчи томондан, ДНК молекулаларининг шикастланишларини сезиш имконини беради. Нанотрубкалар флуоресценциясининг характери тузилма ўзгариши билан ўзгаради. Тузилма эса нанотрубкаларга маҳкамланган ДНК ипларининг ўзгариши билан, масалан, эркин радикаллар, алкилланадиган агентлар ёки бошқа токсинлар томонидан шикастланганда ўзгаради. Сенсорнинг сезгирлиги жуда баланд ва токсинларнинг якка молекулалари хатти-ҳаракатларини сезиш ва тирик хужайрадаги ДНКни шикастлайдиган бирикмаларнинг жойлашган ерини аниқ белгилаш имконини беради. Айрим онкологик препаратлар (масалан, цисплатин) айнан шиш хужайраларида ДНКнинг шикастланиши (алкилланиши) ҳисобига таъсир кўрсатади. Ишлаб чиқилган наносенсорлар ушбу наносенсорларнинг саратон ва бошқа хужайраларга таъсирини янада аниқроқ баҳолаш учун қўлланиши мумкин (яъни наносенсор наносенсорни текширади). Уларнинг ёрдамида канцероген моддалар саратонни келтириб чиқаришда қўллайдиган механизмларни ўрганиш, улардан ДНКни химоялайдиган медикаментлар самарадорлигини текширишда фойдаланиш мумкин [46].

Ҳозир супермолекуляр кимё вужудга келди. У муайян усулда ташкиллаштирилиб, янги моддаларни ҳосил қила оладиган молекулалар ўртасидаги ўзаро алоқаларни ўрганади. Табиатда ҳақиқатдан ҳам шундай тизимлар мавжуд. Алоҳида тузилмаларга ташкиллаштириладиган биополимерлар мавжуд. Масалан, оксиллар нафақат глобуляр шакл ҳосил қилиб ўралишлари, балки оксилларнинг бир нечта молекуласини ўз ичига олган комплекслар ҳосил қилишлари ҳам мумкин. ДНК молекулаларининг ўзига хос хусусиятлари синтез методида қўлланади. Унинг моҳияти куйидагича: ДНК комплиментар молекуласи олинади, унинг учларидан бирига А ёки Б молекуласи уланади, иккита модда ҳосил

бўлади — А ва Б, бу ерда — — якка ДНК молекуласининг шартли тасвири. Агар ушбу иккита модда аралаштирилса, иккита якка ДНК занжирлари ўртасида водород алоқалари ҳосил бўлади ва улар А ва Б молекулаларини бир-бирига тортади, натижада = АБ бирикмаси ҳосил бўлади. Жараён тугагач, ДНК молекуласи чиқариб юборилиши мумкин.

Келгуси тадқиқотлар мақсади — янада кичикроқ компонентларни яратиш ва уларни янада мураккаброқ бирикмаларга бирлаштириш. ДНК нанотехнологиясида ДНКлар ва бошқа нуклеин кислоталаридан аниқ тузилмалар куриш учун Уотсоннинг «мускуллар» узилиши хусусияти қўлланади.

АҚШлик тадқиқотчилар (Иллинойс ва Аризона университетлари) наноўлчамли кремнийли эластик материалнинг янги шаклини ишлаб чиқдилар (3.40-расм):

Кремний платинкасидан ишланган ультраюпқа кремнийли мембранадан иборат бўлиб, кремнийорганик полимердан тайёрланган тагликка бириктирилган. Таркибли мембрана қалинлиги 100 нм. Олимларнинг ҳисоблашларича, деформация натижасида ўз шаклини ўзгартирадиган кремнийдан фойдаланиб ишлаб чиқилган тиббиёт диагностикаси тизимлари инсон танасидаги эгилиш-бурилишларни яхшироқ қайтара олади ва медикларни ҳозирда ясси детекторлар ёрдамида олинаётган ахборотдан аниқроқ ахборот билан таъминлайди.

Америкаликлар ҳақиқий суяк тўқимасига ўхшаш материал яратдилар. Улар тўқималарнинг табиий каллогенга ўхшаб ўз-ўзини йиғиш методини қўладилар ва уларнинг устига гидроксипатит нанокристалларини «ўтиргизиб» қўйдилар. Кейин ушбу «шпатлёвка»га инсоннинг суяк ҳужайралари ёпиштирилди. Шундай материал билан жароҳатлар ва операциялардан кейинги суяк дефектларини тузатиш мумкин.

Бошқа ишланма, аксинча, ҳужайраларнинг юзага ёпишишига йўл қўймайди. Бу ствол ҳужайраларини ўз ичига олган биореакторларни яратиш учун керак. Ствол ҳужайраси бирон юзага «ўтириши» билан, у шу топда ихтисослаша бошлайди, яъни конкрет тўқима ҳужайрасига айлана бошлайди. У ўз потенциалини сақлаб қолиши учун унга тинчиб «ўтириб олиш»га йўл қўйиб бўлмайди.

Тоғайларнинг шикастланишидан озор чекаётган беморларни даволашда тоғай тўқимасининг амортизациялаш хусусиятига эга

бўлган гель инъекциясидан фойдаланилади. Бирок бу муолажа вактинчалик самара беради ва беморга гель инъекциясини шикастланган ерда муттасил такрорлаб бориш талаб қилинади. Патологик жараён натижасида тоғайнинг аста-секин деградацияга учраётгани тоғай бутунлай йўқолиб, бўғим суякларининг каллалари бир-бирига ишқаланиши оқибатида кучли оғриқлар сезилмагунча кишига бошида унча сезилмайди. Brown University даги олимлар [47] бунинг олдини олиш учун хондробластлар (тоғай тўқимасини шакллантирадиган хужайралар) адгезиясига ёрдам берадиган матриксни шакллантирадиган углеродли нанотрубкалардан фойдаландилар. Матрикс юзаси молекуляр даражада «ғадир-будур» ва хужайрадан ташқаридаги табиий тоғай матриксига ўхшайди. Тоғайни регенерациялашдан ташқари, муаллифлар яна суяк тўқимасини тиклаш методикаси устида ҳам иш олиб бормокдалар. Суяк тўқимасини тиклаш тамойили табиий жараёнга ўхшайди – остеобластлар (суякни шакллантирадиган хужайралар) ҳам углерод нанотрубкалари адгезиясига мойилдирлар.

Россия ФА Сибир бўлими А.Е.Фаворский номдаги Иркутск кимё институтида оригинал полимер матрица – поли-1-винил-1,2,4-триазол билан стабилизацияланган кумуш нанозаррачаларига эга янги биологик фаол нанокомпозит материалларини ишлаб чиқиш устида иш олиб борилмоқда. Ушбу полимер тиббиёт учун истиқболли бўлган сувда эрийдиган ноёб материалдир. Бундан ташқари, унинг асосида юмшоқ контакт линзалар, тоғай ва суяк тўқималари протезлари учун янги материаллар олинди [48]. Бу материаллар сувда эрийдиган биомос антисептиклар бўлганлиги, шунингдек тиббиёт мақсадлари учун, шу жумладан имплантлар антимикроб қопламаларини олишда полимер материалларининг антимикроб компонентлари бўлганлари учун, уларнинг тиббиётдаги истиқболи катта.

Стоматология. Нанотехнологиялар тишларни кариесдан химоя қилиши қўлланиши ҳеч кимни таажжубга солмаса керак. Тишлар юзасидаги энг майда ғадир-будурларни ҳам бартараф этиб, тиш тўқимасининг чиришига қарши муваффақиятли курашиш мумкин. И.Соколов ва Р. Гейкваллар [49] тишларни кариесдан сақлашнинг янги методини ишлаб чиқдилар. Унда тишларни кимёвий-механик силлиқлаш усулидан фойдаландилар (3.41-расм). Бундай ишлов бериш тиш юзаларини бенуксон силлиқлаш имконини берди.

Тишларни кремний диоксиди билан силликлаш натижасида, улар тиш эмалини емирадиган касаллик келтириб чиқарувчи бактериялар учун ўта «сирпанчик» бўлиб қоладилар. Бактериялар тиш юзасида тутилиб қолмайдилар ва оддий сув билан оғизни чайишда ҳам осон бартараф этиладилар.

Тиш эмалидаги микроёриқларни аниқлаш учун алюминий фталоцианини нанозаррачаларини қўллаш устида тадқиқотлар олиб борилди. Нефлюоресцентланадиган нанозаррачалар, эмаль микроёриғига тушгач, ферментлар таъсири остида молекуляр флюоресцентланадиган шаклга ўтадилар. Муаллифлар томонидан микроёриқларни ташхислаш ва керак бўлганда даволаш имконини берадиган тасвирларни қайд этиш тизими ишлаб чиқилди [50].

Олимлар тиш мобилнигини яратишга эришдилар. Микро-телефон тишга ўрнатилади. Сўзлашаётганда товуш тўлқинлари жағ орқали кулоқ пардасига узатилади.

Ричард Суперфайн (Шимолий Каролина университети профессори, АҚШ) раҳбарлигидаги тадқиқотчилар гуруҳи биологик киприқларга ўхшаш эгилувчан наностерженларни яратди, шунингдек улар ёрдамида ўпкани тозалаш жараёнини моделлаштирди. Ўпка юзаси тукчалар ёрдамида ҳаракатланадиган шиллиқ билан қопланган, бу ўпкага тасодифан тушиб қолган микрозаррачаларни бартараф этишга ёрдам беради. Муаллифлар узунлиги 10 микрометрга яқин ва эни 200 нм бўлган эгилувчан темир заррачаларни шакллантира олдилар, бу биологик тукчалар ўлчамларига мос келади. Кейин нанозаррачаларни шилликни эслатадиган полидиметилсилоксен суюқ полимерига жойлаштирилди ҳамда наностерженларни ўзгарувчан магнит майдони таъсири остида эгилиб букилишга мажбур қилдилар. Бундай тизимда «шиллик» ҳаракатлана олар эди ва тизим ўзининг биологик аналогига яқинлашди. Тукчалар бир қатор органларнинг, масалан, кулоқ, бурун, буйрак, мия ва ҳ.к. муҳим қисмидир. Муаллифларнинг фикрича, ишлаб чиқилган тизим организмда содир бўлаётган биологик жараёнларни моделлаштира олади, шунингдек ундан елимшак суюқликларни самарали аралаштириш учун фойдаланиш мумкин.

АҚШда «Горгона Медуза» сунъий пайпаслагичлар яратилди. Бу табиат «трюк»ларидан бирини қўллайдиган материалдир. Бошқа нарсаларга ўхшамаган ушбу полимер «гилам», ўзининг сунъий келиб чиқишига қарамай, ўзини тирикдек тутати – у пайпаслагич-

туқлар билан унча катта бўлмаган макроскопик заррачаларни тутиб олишга қодир (3.42-расм).

Профессор Гордон Маккей ва унинг ҳамкасблари буралган спиралсимон боғлар ҳосил қиладиган нано қилларни ишлаб чиқаришни ўргандилар. Бундай эшилган наноканатлар ғоят жиддий лангарлик ва транспорт вазифаларини бажаради: маълум бўлишича, улар катта ўлчамдаги заррачаларни уларнинг атрофига ўралиб олиб тўхтатиб қолиш ва объектни ушлаб олишга қодир эканлар. Кейин нанопайпаслагичлар кластерлар ҳосил қилдилар (3.43-расм), улардан эса, масалан, маълум турдаги заррачаларни тутиб қоладиган пленкаларни йиғиш осон.



3.43-расм. Нанопайпаслагичларнинг кластер ҳосил қилиши.

Бунда олимларга капилляр кучлари ёрдам берди – айнан улар тўғри туқчаларни боғлар кўринишда бураб чиқди. Кейин олимлар аввал «тўпланиб олган» пайпаслагич-щёткалардан даврий такрорланадиган шаблонларни шакллантирдилар.

Ҳозирги замон жарроҳлиги имкониятлари юрак-қон томир касалликларини даволашда тобора кенгайиб бормоқда. Янада физиологик материалларни, томирли стентлар, клапанлар ва томирлар протезлари яратиш учун зарур бўлган синтетик материаллар қопламаларини яратиш йўллари кидириш наноматериаллар ва нанотехнологияларнинг қўлланишига асосланади.

А.Н.Бақулев номидаги Юрак-қон томир хирургияси Илмий маркази (Россия) базасида [52] юрак-қон томир хирургиясининг имплантация қилинадиган турли буюмларини, шу жумладан кардиохирургия клиникаларида кенг қўлланадиган юрак клапанларининг биологик ва механик протезлари, юрак клапанларининг синтетик протезлари, қон томирларининг синтетик протезлари, катетерлар, қава-филтрлар ва ҳ.к. ишлаб чиқариш ташкил этилди.

Юрак клапанлари биопротезларининг биомослиги ва умри узоклигини ошириш учун биотўқимани полисахарид қопламаси билан қоплашнинг нанотехнологик методларини ишлаб чиқиш устида иш олиб борилмоқда. Биомеханик юрак протезлари учун янги биомос конструкцион материал ишлаб чиқилмоқда. Бу – нанотузилмали пироуглерод бўлиб, у ўзининг эластиклик-мустаҳкамлик хусусиятлари бўйича юрак клапани тавақаларини тайёрлашда қўлланаётган маълум материаллардан анча устунлик қилади. Қон томирларининг синтетик протезлари ва қон билан мулоқотда бўладиган бир марталик буюмлар учун, уларнинг функционал хусусиятларини такомиллаштириш мақсадида, юзани биологик фаол материал билан модификациялашнинг нанотехнологик методлари яратилмоқда.

Курган шаҳрида (Россия) 2007 йилда нанотехнологиялардан тиббиётда, хусусан травматологияда фойдаланиш муаммоларига бағишланган биринчи Бутунроссия конференцияси бўлиб ўтди. Илизаров номидаги «Тиклаш травматологияси ва ортопедияси» маркази олимлари биринчи бор суяк тўқимасида амалга ошириладиган операцияларда нанозаррачалардан фойдаланиш мумкинлигини амалда кўрсатиб бердилар [53].

Жаҳон амалиётида олимлар ўта пишиқ протезлар, суяк усти пластиналари, суяк ичига жойлаштириладиган стерженларни ишлаб чиқмоқдалар. Курган шаҳрида эса нанотехнологиялар имкониятларини регенератив жараёни рағбатлантиришга, яъни ҳар бир организмнинг ўз кучларини мобилизация қилишга йўналтирмоқдалар. Жароҳатлардан ташқари, ДНК ҳужайралари даражасидаги ген бузилишлари ҳам ортопедик касалликларни келтириб чиқаради. Бундан ташқари таянч-ҳаракат аппаратининг ирсий бузилишларидан азият чекаётган беморлар оз эмас. Россияда ҳозирги пайтда таянч-ҳаракат аппарати касалликлари ва бузилишларига дучор бўлган кишилар сони 10 млн ни ташкил этади. 2010 йил статистикасига кўра уларнинг сони 16 млн га етди. Бунда ҳар бир еттинчи ногиронда оёқ ёки қўлларнинг сениши кузатилади. Илизаров методи 70-80% ногиронларни «оёққа турғизиши» ва соғлом кишилар қаторига қўшиши мумкин. Афсуски, ҳозирги замон травматологияси ва ортопедияси ғарб технологияларига ўтиб олган, бундай методикалар бўйича пластиналар ва стерженлардан фойдаланиш эса жиддий асоратларга сабаб бўлмоқда – тахминан 30% ҳолатларда суяклар

талаб даражасида битиб кетмаяпти. Бундан ташқари Россияда ногиронларни боқишга уларни клиникада ишлаб чиқиб бўлинган методлар асосида даволашдан 15 марта кўпроқ маблағ сарфланмоқда. Шундай технологиялар мавжудки, улар беморларни даволаш муддатларини анча қисқартириши мумкин. Узун найсимон суяк синиши одатда икки ойдан тўрт ойгача муддат мобайнида битади. Илизаров аппарати ёрдамида синишлар атиги 17-19 кунда битади. Генетик ривожланмай қолганлиги ва ўсиши тоғай даражасида тўхтаб қолганлиги сабабли суягининг бир қисми йўқ бўлган беморлар ҳам худди шундай даволанади. Суяк генезини рағбатлантириб, ҳомиланинг бачадон ичида ривожланишидаёқ ўсишида бузилиш содир бўлган суякни боланинг уч, беш, хатто ўн ёшида ҳам ўстириш мумкин.

Илмий марказнинг яна битта ноёб ишланмаларидан бири наночанглатгичли кегайлардир. Физиклар заррачалар ўлчамлари 50 дан 100 нм гача бўлган махсус қоплама тайёрламоқдалар. Бу заррачалар маълум тартибда титан кегайларда ўстирилиб, уларнинг устида суяк илиги ва синмаган суяк хужайралари маҳкам-ланадиган рельеф ҳосил қилади. Кейин ушбу хужайраларнинг улкан миқдори суяк синган зонада спицалар атрофида тўпланади ва янги суяк тўқимасини ҳосил қилиб, суякларнинг тез битишини таъминлайди.

Наноишланмалар шунингдек умуртқа ва бош суякларида ўтказиладиган операцияларда ҳам қўлланади. Бошқача қилиб айтганда, нанотехнология имкониятлари чексиз, бироқ қатор мамлакатларда гап илмий-тадқиқот ва приборлар паркини янгилашда қолган, чунки, масалар, Россияда 70-90% тиббий асбоб-ускуна ҳам маънавий ҳам техник жиҳатдан эскирган. Шунинг учун Илизаров номидаги «Тиклаш травматологияси ва ортопедияси» маркази олимлари ўз олдиларига шу мақсадни ҳам қўйдилар. Дастлаб улар наномасштабли қопламали деталларни ишлаб чиқариш, кўшимча тадқиқотлар олиб бориб, бу қопламани янада такомил-лаштириш истагида иш олиб бормоқдалар. Қопламани янада такомиллаштириш деганда биринчи галда элементларни, улар бевосита патологик зоналар сари ҳаракатланаётганда, суякка сингдириш кўзда тутилмоқда. Кейин ДНКнинг ирсий ўзгаришлари, остеопатиялар, ген бузилишлари даволанади. Бунга яна бир неча йил кетади.

Эркин мавжуд бўлган ультраюпқа плёнкалар ишлаб чиқилди. Улар турли соҳаларда, масалан, электркимё ва фотокимё

курулмалари учун фильтрлайдиган наномембраналар ёки наносенсорларда қўлланиши мумкин. Япон олимлари қалинлиги атиги 20 нм келадиган организмда биологик емириладиган юпқа плёнка ишлаб чиқдилар. У жарроҳлик ипининг ўрнини босиши мумкин [54].

Яқинда Пердью университети (АҚШ, Индиана штати) тақиқотчилари умуртқа шикастланишларини молекуляр нанокапсулалар ёрдамида даволашнинг янги йўналишини ишлаб чиқдилар. Унга кўра бу нанокапсулалар жабрланувчининг қонига киритила бошлайди. Наносфералар «копиполимер мицеллалар»ни, яъни сферик тузилмаларни ифодалайди. Улар адсорбцион ионларнинг стабилизациялайдиган қобиғи билан ўралган ва берилган муҳитда эримайдиган ядродан ҳамда эритгич молекулаларидан таркиб топади. Бундай сфераларнинг диаметри тахминан 60 нм бўлади. Бу эритроцитдан 100 марта кичик демақдир. Мицеллалар умуртқада электр импульсларни узатадиган аксонлар ва тўқималарнинг шикастланган ерларини тиклай олади. Мицеллалардан фойдаланиш натижасида тиклаш жараёнлари уч марта тезлашади. Асосий гап шундаки, тўқималар ўз функция-ларини тиклайди. Умуртқа жароҳатлари учун типик бўлган компрессион жароҳатланишда аксонлар мембраналари шикаст-ланади. Полиэтиленгликол молекулалари солинган нанокапсулалар уларни тиклайди ва битган тўқима яна электр сигналларини ўткази бошлайди.

Д.И.Менделеев номидаги Россия кимё технологиялари университетида «аклли» органик наноўлчамли материаллар (плёнкалар, геллар, қатламлар, суюқ кристаллар) ишлаб чиқилмоқда. Олимлар оптик сенсорларни яратиш учун бионспирацияланган полимерларнинг бошқарилувчи ўзини-ўзи ташкил этиш жараёнини тадқиқ этмоқдалар. Материаллар хусусиятлари модификацияланган спиралсимон биополимерларнинг реверсив ўзини-ўзи ташкил этиш/қайта ташкил этиш жараёнларига асосланади, бунда нурлантириш, температура, рН, ионлар, электр токи таъсирида материаллар рангининг ўзгариши кўзда тутилади. Прототипи – табиий оқсиллар. Қўлланиш соҳаси биотиббӣёт, молекуляр наноэлектроника (3.45-, 3.46-расмлар).

Ҳозирда кўпчилик мамлакатларда фуллеренлар ва дендримерлар устида тажриба-синовлар олиб боришда ОИТС, грипп, Паркинсон касаллиги, саратон ва қатор бошқа касалликларга қарши самарали дориларни яратиш устида иш олиб борилмоқда.

Наноговакли микрокапсулалар 1-турдаги диабет билан огриган беморларга хизмат кўрсатиши мумкин – инсон организмга хайвоннинг ошқозон ости бези хужайраларини вақтида етказиб бериб, вақтида инсулин ажралиб чиқишини таъминлаши мумкин, бунда улар инсон иммун тизими учун кўринмас бўлиб қолаверади.

Микроскопик капсулалар организмнинг табиий имкониятларини янада кенгайтиради. Респироцитлар – кислород ва CO_2 нинг сунъий ташувчилари бунга ёрқин мисол бўла олади. Уларнинг имкониятлари қон эритроцитларини ва ҳозирда қўлланадиган қон ўрнини босувчиларни анча ортда қолдиради.

Қонда етишмаётган эритроцитларнинг ўрнини боса оладиган хужайра-респироцитни сунъий равишда ясаб чиқиш мумкин. Бу хужайра кислородни ҳам, карбонат ангидрид газини ҳам таший олади. Бунда респироцитлар суспензияси донор қони ёки қон ўрнини босувчи препаратлардан юзлаб марта кам талаб қилинади.

Респироцит ичи бўш сфера бўлиб, ичида сиқилган кислород бўлади. Ҳисоб-китобларга кўра, диаметри 1 мк га яқин бўлган сферанинг мустаҳкамлиги шу даражадаки, у 1000 атмосферадан ортиқ кислород босимига дош бера олади. Энг оддий ҳолатда респироцитлар суспензияси тўқималарнинг кислород билан нормал таъминланиши бузилганда инсон қон тизимига инъекция орқали киритилиши мумкин. Ҳисоб-китоблар яна шуни кўрсатадики, минутига 0,5 мл респироцитлар суспензияси қуйилса, организмнинг кислородга эҳтиёжи тўлиқ қондирилади (3.47-расм).

Респироцитнинг янада такомиллашган варианти молекуляр насослар билан таъминланган бўлиши мумкин. Улар кислород мўл-кўллигида уни запас қила олиши, етишмаганда эса уни ўзидан чиқариши мумкин. Худди шундай респироцитлар тўқималардан карбонат ангидрид ташиши ёки бўлмаса битта респироцитнинг ўзи бир кислород билан, бир карбонат ангидрид билан тўлиши мумкин.

Клоттоцитлар сунъий тромбоцитларнинг аналогларидир. Унинг ичида тўқимасмон масса ўралган ҳолатда бўлади, конструкцияси эса респироцитникини эслатади. Яраланган зонага тушган клоттоцитлар тўқималар бутунлиги бузилганда ўз ичидаги моддани ташқарига отиб чиқаради. Толалар ўрами тўр каби ёзилади, Қизил қон таначалари бу тўрга илиниб қолади ва қон оқиши тўхтайтиди.

Қонда эриган глюкоза ва кислородда тўпланган кимёвий энергиядан фойдалана оладиган наноқурилмаларни яратиш мумкин.

Қурилма ичида энергия кимёвий ёки механик шаклда жамғарилиши мумкин. Энергияни электромагнит ёки акустик нурланиш кўринишидаги ташқи манбадан ҳам узатиш имконияти мавжуд. Бундай қурилмалар ёки нанороботлар функциялари: тўлик ташхислаш (диагностика), инфекция келтириб чиқарувчилар ва саратон хужайраларини «овлаш», томирлар деворидаги атеросклеротик чўкиндиларни емириш, шикаст-ланган ёки қариган тўқималар ва алоҳида хужайраларни тиклаш.

Тадқиқотчилар янги фанни нанобиотехнология деб атадилар. У биологик жараёнларни наномагнитлар ёрдамида хужайра даражасида бошқариш имкониятларини ўрганади. Ҳарбийлар нанобиотехнологиядан заҳарли моддалар ёки инфекциядан шикастланиш зонасига тушиб қолган аскарлар танасида антидот ишлаб чиқарилишини автоматик йўлга қўйиш учун фойдаланишдан манфаатдорлар.

Triton BioSystems, Inc. ва Nhermonix Inc. компаниялари тез ривожланаётган кўкрак саратони шакллари даволашнинг янги тизимини магнит нанозаррачаларидан фойдаланган ҳолда яратиш устида ишлаш учун бирлашдилар. Магнит нанозаррачалари антижисмларга маҳкамланади. Улар эса қон тизимига тушиб, саратон хужайраларини ажратиб олади ва уларга маҳкамланади. Кейин магнит майдони ёрдамида улар иситилади ва қўшни тўқималарга зарар етказмаган ҳолда ҳалок бўлади. Хужайраларни «тамғалаш» ҳам мумкин, бу уларнинг организм бўйлаб ҳаракатланётгани, генетик ахборот ташувчи моддаларнинг атроф муҳитга етказиб бераётганини кузатиш имконини беради. Шикестланган ёки қариган хужайраларни даволашга қодир оксилларни модификациялаш ёки янгиларини яратиш масаласи ҳам ғоят қизиқарли бўлар эди. Бу масала ўз ечимини кутмоқда.

Ҳозирги даврда нанотехнологиялар ёрдамида мутлақо ноёб хусусиятларни намоён этаётган янги препаратлар яратиш имконияти туғилмоқда. Улар бемор организмнинг ўзига хос жиҳатлари ва касаллик характериға қараб унга мослашиш қобилиятиға эға бўлади. Олимлар ҳар қандай, ҳатто генетик касалликларни профилактика қилиш ва даволаш муаммолари сирларини очадиган қалит топдилар. Бу эса инсониятнинг ҳаёт

сифатини яхшилаш ва уни узайтириш демакдир. Айтиш мумкинки, бу XXI аср нанотехнологияларининг энг истиқболли йўналишидир.

Бир неча йил аввал олимлар шишга олтин нанозаррачаларини киритиб, улар ёруғлик билан иситилса, саратон хужайраларини ўлдириши мумкинлигини аниқладилар. Яқинда АҚШнинг Шимоли-ғарбий университети тадқиқотчилари бундай заррачаларни, уларга инфрақизил нурланиш билан таъсир кўрсатганда оптимал самара бериши учун, қандай шакллантириш кераклигини билиб олдилар. Ёруғлик тушганда асл металллар нанозаррачалари исий бошлайди. Бу иссиқликдан атроф тўқималарни шикастламай туриб, фақат шиш хужайраларини бартараф этиш учун фойдаланиш мумкин. Фототермик терапия деб аталадиган бундай операция учун олтиндан олинган нанозаррачалар ниҳоят даражада мос келади, чунки улар инфрақизил нурланишга ҳаммадан яхшироқ мослашади. Бундан ташқари, улар заҳарли эмас ҳамда уларнинг юзаси антижисмлар томонидан модификацияланиши мумкин, бу эса уларнинг шиш хужайраларидаги айнан керакли рецепторлар билан алоқага киришишини таъминлайди.

2007 йилда Хьюстондаги (АҚШ) Райс университети профессори Наоми Халас ва Питер Нордлендерлар ноёб оптик хусусиятларга эга бўлган нанозаррачалар яратганликлари тўғрисидаги хабар оламни ларзага солди [56]. Уларни олтин деворли наногильзалар деб атадилар. Наногильзаларнинг диаметри эритроцит диаметридан 20 марта кичик. Ўзининг мана шу ўта кичиклиги туфайли наногильзалар қон тизими бўйича эркин ҳаракатланиши мумкин. Гильзалар юзасига саратон хужайраларининг кушандалари бўлган махсус оксил маҳкамланади, шунда улар саратон касалига дучор бўлган бемор организмда шиш томон интилади. Инсон организмга юборилганидан бир неча соат ўтказиб, наногильзалар инфрақизил ёруғлик билан нурлантирилади. Гильзалар иссиқлик энергиясига айланади. Айнан мана шу энергия саратон хужайраларини емиради, бунда бошқа соғлом хужайралар деярли шикастланмайди. Ушбу супертехнология саратон шишига учраган сичқонларда муваффақиятли синовдан ўтди. Нурлантиришдан 10 кун ўтар-ўтмас тажриба ўтказилаётган ҳамма сичқонлар шишдан ҳалос бўлдилар. Агар техаслик «олтин ўқ» инсонларга ҳам таъсир қилса, бу нафақат онкологияда, балки бошқа ҳаёт жабҳаларинда ҳам ҳақиқий инқилоб

бўлади. Бу методнинг истиқболи ҳақида тасаввур ҳосил қилиш учун қуйидаги сатитетикани келтириш kifоя. Ҳар йили битта АҚШнинг ўзида 1,5 млн онкологик касалликка учраганлар аниқланмоқда. Бу офатдан жаҳонда ҳар йили 500 минг кишининг ёстиғи куримоқда. Башоратларга қараганда, 2020 йилга келиб, онкокасаликлар сони 50%га ортиши ва йилига 15 млн кишини ташкил этиши мумкин.

Ушбу дақиқада бизни қизиқтираётган хужайра ичидаги жараёнларни ажратиб олиш имкониятига эга бўлиш ҳамда улар устидан реал вақт давомида кузата олиш диагностика учун ғоят муҳим. Россия ФА биоорганик кимё институтининг муҳбир-аъзоси С.А.Лукьянов [57] ишлаб чиққан технологияга кўра, ген тузилишини шундай ўзгартириш мумкинки, бунда оксилнинг флуоресцентланадиган қисми сақланиб қолади, бошқа қисми эса аввалдан танлаб олинган ҳар қандай хужайра ичи моддаси билан боғланиш хусусиятига эга бўлади (3.48-расм). Бу технология тирик хужайра ичида ҳар қандай боғланиш учун йўл топиш мумкинлигидан далолат беради. Кальций иони билан боғланадиган флуоресцентланадиган оксил яратиш мумкин, бунда оксил флуоресценцияси ортиб боради. Кейин тузилмаси ўзгартирилган ген сичқоннинг эмбрионал хужайрасига юборилади. Ҳайвон катта бўлгач, унинг хужайраларидаги кальций концентрациясининг ўзгариши билан сичқон организмнинг турли ерларида яшил ранг тобора қуюқроқ тус ола бошлайди. Натижада кимёвий элементнинг хужайравий метаболизми барча тафсилотлари билан кўрина бошлайди.

Турли касалликларда хужайралардаги кальций ионларининг концентрацияси ўзгаради ва даволаш натижасида улар қандай тикланаётганини кўриб туриш мумкин. Худди шундай йўл билан бошқа моддалар метаболизмини ҳам кузатиш мумкин. Бу метод ёрдамида инсон ҳаёти учун муҳим жараёнларни визуаллаштириш ва даволаш самарадорлигини бевосита текшириб бориш мумкин.

А.Королёва, В.Скулачёв, М.Скулачёвларнинг фикрига кўра [58], ҳар бир хужайрада муайян вақт оралиғида ишга тушиб турадиган ўзини-ўзи йўқ қилиш дастури – апоптоз мавжуд. Бу ходиса ҳали охиригача аниқланган бўлмаса-да, бироқ у водород пероксидининг хужайра ичидаги таркиби кўпайиши билан кечиши маълум. С.А.Лукьянов [57] томонидан флуоресцент оксили ишлаб чиқарадиган ген синтезланди. Оксил водород пероксиди билан

боғланиш хусусиятига эга. Бу бутун ҳужайравий апоптоз жараёнини реал вақтда кузатиш ҳамда организмга қуйилаётган дорининг ҳаракатланиш йўлини кузатиб бориш имконини берди.

Анъанавий оптик методлардан фаркли ўлароқ фотоакустик акс эттиришда организм ичига чуқурроқ кириб бориш имкони туғилади. АҚШнинг Стенфорд университети олимлари олиб борилган лаборатория тажрибалари пайтида шиш борлиги аниқланган сичқонларга нанотрубкалар орқали томир ичига эритма юборилганда фотоакустик сигнал 8 марта кучлироқ бўлди. Шундай қилиб, циклик пептидлар жойланган нанотрубкалар шишларни акс эттиришда яхшигина контраст агентлар вазифасини ўтайди. Бу методика саратонни организм ичига кирмай туриб ташхислаш усули сифатида, шунингдек ҳар хил турдаги нанотерапиянинг таъсирини кузатишда қўлланиши мумкин. Одатдаги оптик акс эттириш техникаси тирик тўқима учун ярамайди, чунки биоматерияда ёруғлик ёйилиб кетади ва тасвир аниқ бўлмайди. Фотоакустик акс эттиришда ташхисланаётган участкага йўналтирилган фотонлар ўзидан чиқарадиган ультратовуш ўлчанади.

Ёруғликка таъсирча моддалар фотосенсибилизаторлар деб аталади. Тиббиётда улардан диагностикада (флюоресцент диагностика ёки тарқалган ёруғлик диагностикаси) ва терапияда (фотодинамик терапия ёки лазер гипертермияси) фойдаланилади [59].

Фотосенсибилизаторга кўпроқ тиббиёт, айниқса истиқболда унинг юрак-қон томир касалликлари, дерматология, офтальмология ва қатор бошқа соҳалари катта эҳтиёж сезади. Хусусан, Россия ФА А.М.Прохоров номидаги Умумий физика институтининг Табиий-илмий тадқиқотлар марказида оригинал методика бўйича олинган сувда эримайдиган кобальт фталоцианин нанозаррачаларини янги пайдо бўлган зарарли ҳосилаларнинг фотодинамик терапиясида қўллаш устида иш олиб борилди. Тери трансплантатларини битиштириш учун флюороресцент диагностиканинг самарадорлигини ҳамда алуминий фталоцианин нанозаррачаларидан фойдаланиб, фотодинамик терапияни қўллаб уларнинг битишиш сифатини яхшилаш имкониятини намоён этиладиган тадқиқотлар ўтказилди. Ҳозирги пайтда шишга қарши фаолликни ошириш мақсадида ўзини жуда яхши кўрсатган фотосенсибилизаторлар асосида биомос нанокompозитлар олиш технологияси ишлаб чиқилмоқда.

Энг янги нано- ва биотехнологияларнинг объектлари бу мезоғовакли тузилмага эга материаллардир (диаметри 2 дан то 50 нм гача). Улар тиббиёт ва биологиянинг турли соҳаларида ниҳоятда талабгир бўлиб, янги электрокимё ва оптик биосенсорлар, бўлувчи мембрана қурилмаларини яратишда, биологик фаол молекулаларнинг капсулалари сифатида, организмда металл етишмовчилигини коррекциялашда ва ҳ.к. қўлланади [60].

Нанотехнологиялар фармацевтикада. Сўнгги йилларда фармацевтика саноатининг нанотехнологияларга бўлган қизиқиши анча ортди, шунинг учун яқин вақт ичида бу соҳага катта маблағлар қўйилишини кутиш мумкин. Ҳозирда жаҳоннинг фармацевтик ишлаб чиқарувчи компанияларининг 50%дан ортиқроғи фаол дори воситаларини органларга ва нишонга олинган тўқималарга етказиб бериш тизимларини ишлаб чиқишда нанотехнологиялардан фойдаланмоқда. Бу борада онкология етакчилик қилиши ҳеч кимни таажжубга солмайди, албатта. Етказиб бериш тизимларидан фойдаланиш дори воситаларининг номақбул қўшимча таъсирларини камайтиришга қаратилган. Бундай нанопрепаратлар орасида иккита блокбастер борлигини таъкидлаб ўтиш лозим. Синовлари муваффақиятли ўтган яна бошқа препаратларни ҳам кўрсатиб ўтиш мумкин. Биргаликда уларнинг обороти 5 млрд долларни ташкил этади (2006 йил статистикаси). Имплантатлар ва ташхислаш учун *in vitro* воситалар ишлаб чиқараётган корхоналар улуши анча кам ва тегишинча 19% ва 17%ни ташкил этади. Ва фақат 3 % компаниялар мураккаброқ муаммолар билан – мутлақо янги терапевтик концепциялар асосида даволаш методлари ва воситаларини ишлаб чиқиш билан шуғулланади.

Дори воситалари етказиб бериш тизимида ХХ асрнинг 60 йилларида олинган липосомалар катта ўрин эгаллайди. Липосомаларнинг иккита тури фарқланади: диаметри 10 μm келадиган мультиламеллар липосомалар ва диаметри 20 дан 50 нм гача келадиган битта ламелладан (пластинадан) иборат липосомалар. Битта ламелладан иборат липосомалар фаол дори моддасини етказиб бериш воситаси сифатида қўлланади. ХХ асрнинг 70 йилларида етказиб бериш тизимлари сифатида полимер нанозаррачалардан фойдаланиш таклиф этилди [61]. Улар учун дастлабки материал сифатида турли табиий ва биоинерт синтетик полимерлар (полисахаридлар, полисут кислотаси, полилактидлар,

полиакрилатлар ва б.) хизмат қилиши мумкин. «Полимер нанозаррачалар» деганда заррачаларнинг морфологик жихатдан иккита ҳар хил тури тушунилади: наносфералар ва нанокапсулалар. Наносфералар – бу яхлит полимер матрицалари бўлиб, уларнинг юзида фаол модда тақсимланади, нанокапсулалар эса суюқлик билан тўлдирилган бўшлиқни ўраб олган полимер қобикдан иборат. Нанозаррачаларнинг бу икки тури фаол дори воситасини ташқарига чиқариш усули билан фарқланади: наносфералар дорини экспонента бўйича бўшатади, нанокапсулалардан эса дори узок вақт давомида констант тарзда чиқади.

Фаол дори моддаларини етказиб беришнинг яна бир тури дефинирланган поливалент ва дендритик полимерларни (полианион полимерлар – хужайравий алоқаларнинг вируслар билан ингибиторлари, ДНК ёки РНКли поликатион комплекслари ва дендрит хужайралари) ишлаб чиқиш соҳасидаги ютуқлар натижасидир [61].

Фуллеренлар асосида ОИТВ билан инфекцияланган беморлар ва онкологик беморлар учун дори воситасини етказиб бериш ишлаб чиқилмоқда. Етказиб бериш тизимлари ёрдамида олимлар протеинли препаратларнинг аппликацион хусусиятларини яхшилашга уринмоқдалар. Протеинга полимер занжирини улаш туфайли уларнинг нафақат қонда ярим парчаланиш даврини узайтириш, балки самарадорлигини оширишга эришилмоқда. 3.2-жадвалда клиник амалиётга муваффақиятли жорий этилган нанотиббий препаратлар келтирилди.

3.2-жадвал.

Клиник амалиётга жорий қилинган нанотиббий препаратлар

Етказиб бериш тизими	Дори препаратлари, ишлаб чиқарувчи	Қўлланиш соҳаси (оралатиб танланган)
Полимер-протеин конъюгатлари	Пегасис (Pegasis), Рош Нейласта (Neulasta), Amgen Peg-Intron, Schering- Plough	С гепатити Нейтропения С гепатити
Липосомлар	Цэликс (Caelyx), Schering-Plough	Онкология

Фаол нанокристаллар	Rapamune, Ayerst Lab.	Wyeth-	Иммуносупрессия (трансплантология)
------------------------	--------------------------	--------	---

Инсониятнинг узок вақтдан бери амалга оширишга уриниб келаётган орзуси – саратонга қарши ичадиган дори яратиш. Бу борада ҳам нанотехнологияларнинг ёрдамига ишонса бўлади ва инсоният ниҳоят узок кутилган ажойиб препаратга эга бўлади. Муаммо препаратни «тўғри нуқтага» етказиб беришда. Дарвоқе, бу ҳар қандай дорини ишлаб чиқишда энг мураккаб масалалардан бири, саратонни гапирмаса ҳам бўлади. Америкалик олимлар Калифорния университетиде [62] эни 50 нм келадиган «кемалар»ни ишлаб чикдилар ва курдилар. Улар бутун организм бўйлаб сузиб юрадилар ва «кўрикчи катерлар» (иммун тизими агентлари) нинг хужумларига чакқонлик билан чап бериб, саратон хужайраларини топадилар ва уларга бир пайтнинг ўзида бир нечта турдаги юк етказиб берадилар. Битта идишда транспорт, даволаш ва ташхислаш вазифаларини бирлаштириш – мураккаб наноконкомплексларнинг ноёб хусусияти. Юк кемалари ёки оналик кемалари деб аталмиш ушбу наноконкомплекслар мустахкам корпусга эга бўлиб, у қон томирлари бўйлаб узок вақт сузишга мўлжаллаб лойиҳалаштирилган.

Гарвард университетининг (АҚШ) Ч.Лиьер раҳбарлигидаги тадқиқотчи гуруҳи турли молекулаларнинг муайян оқсиллар билан боғланиш қобилиятини таҳлил этадиган наносенсорни лойиҳалаштирдилар. Маълумки, бу потенциал дорилар скринингининг асосий вазифасидир.

Ҳозирги вақтга келиб инсоннинг 400дан ортиқ патогени идентификацияланган. Улардан ҳимояланиш учун профилактик ва терапевтик ҳимоя воситаларига эга бўлиш керак. Бугунги кунга келиб, тиббиёт атиги 34 профилактик вакцинага эга. Бу вакциналар қаторига ОИТВ, гепатит С, безгак (малярия) ва бошқа касалликлардан ҳимоя воситалари кирмайди. Вакциналарни олишнинг анъанавий технологиялари самарали ва хавфсиз профилактика препаратлари олиш имкониятини бермайди. Нанотехнологиялар ва нанотузилмалардан фойдаланиб, янги хавфсиз поливалент вакцина препаратларини яратиш билан шуғулланаётган ташкилотлардан бири бу Россия Тиббиёт фанлари академияси Н.Ф.Гамалей номидаги Эпидемиология ва

Микробиология илмий-тадқиқот институтидир (Москва, Россия) [63]. Нановакциналарнинг фарқи шундаки, катта-кичиклиги 50-100 нм келадиган тузилма яратилади. Унинг таркибига вакцина қимматига эга компонентлар (патогенларнинг антигенлари ёки ушбу антигенларни кодловчи генлар) ва антигенларни боғлайдиган наноташувчи киради. Наноташувчи бир пайтнинг ўзида ҳам ташувчи ҳам адъювант вазифасини бажара олади, у шунингдек инсон организмда биомос ва биодеградабел бўлиши керак. Бундай наноконструкция ўлчамлари кўплаб табиий патогенлар (вируслар) ёки патогенлар фрагментларига (бактериялар) ўхшайди. Маълумки, организмда инсон иммун тизими хужайралари, биринчи галда туғма иммунитет активациясига жавоб берадиган хужайралар мана шулар билан учрашади.

Нановакциналарни яратиш учун наноташувчилар сифатида полисахарид, протеин, липидтаркибли ёки вируссимон заррачалар қўлланади. Улар орасида энг истиқболлилари полисахарид ва вируссимон наноташувчилар ҳисобланади. Полисахарид наноконструкциялари асосидаги вакциналар хужайрадан ташқаридаги патогенлардан химоялашда энг самарадор экани тасдиқланган. Хужайра ичидаги патогенлар келтириб чиқарадиган инфекциялар профилактикаси учун эса вируссимон нанотузилмалар ёки сохта вирус нанозаррачалари асосидаги вакциналар кўпроқ таъсир қилади.

Россиянинг бир қатор пойтахт илмий-тадқиқот марказларида [64] нейробиологияда векторли нанотузилмалар устида иш олиб борилади. Ҳозирги замон нейротроп препаратларининг тузилиш дизайни ҳар қандай юкоримолекуляр ксенобиотикларнинг мияга кириб боришига тўсқинлик қиладиган гематоэнцефалик барьерни енгиб ўтиш муаммосига дуч келади. Қўлланаётган препаратлар селективлигининг етишмаслиги туфайли бош миянинг паст дифференциаллашган шишлари ва цереброваскуляр касалликлар каби патологик жараёнлар терапияси жуда кам самара берапти. Маълумки, меҳнатга лаёқатли аҳоли ўртасида ўлим ҳолатлари ва ногиронликни келтириб чиқаришда айнан шу касалликларнинг «хизмати» катта. Қон томир ва нейроонкологик касалликлар терапиясида ҳозирги пайтда йўналган транспорт векторли нанотизимлар қўлланади. Бундай нанотизимлар юқори молекуляр препаратларни патология ўчоғига етказиб бериш муаммосини ҳал қилишга ёрдам беради. Ушбу ишланмалар тўқималар гени

терапиясида, яъни бош миянинг нейронкологик ва қон томир касалликларини даволашда энг истиқболли терапевтик ёндошувнинг асосини ташкил этади.

Дорилар ўрнига наномагнитлар. Бу таклиф Бостон шаҳридаги (АҚШ) болалар госпитали биомедиклари ва Гарвард университети физикларига тегишли [65]. Улар дорилар қайси рецептор ячейкаси билан боғланса, худди шу ячейка билан боғланадиган ва магнит майдони иштирокида худди дорилар самара бердиган нанозаррачаларни намойиш этдилар. Аммо, бу нанозаррачаларнинг фармацевтик препаратлар келтириш эҳтимоли бўлган қўшимча асоратлари бўлмайди. Инвазив терапия бўйича мутахассиларнинг таъкидлашларича, магнетизм одатда гормонлар назоратида бўлган биологик жараёнларни бошқаришда қатнашади. Диаметри 30 нм, ўзагининг диаметри 5 нм бўлган нанозаррачалар махсус антижисмларга эга бўлган ячейка-рецепторлар билангина боғлана оладиган антигенлар билан қопланган. Ташқи магнит майдони томонидан фаоллаштирилмагунча нанозаррачалар ўзини намоеън қилмайди. Магнит майдони уларни гўё дори берган самарани бергандек кластерларга тўпланишга мажбур қилади ва бу билан ҳужайра ичидаги биокимёвий сигналлар каскадини ишга солади. Ўзига хос эффектлар ҳужайралардаги ғовакларнинг очилишига имкон яратади, бу ғоваклардан ичкарига кальций кириб, кейин нерв бўйлаб тарқаладиган сигнални келтириб чиқаради. Бу метод юрак ритми ва мускул қисқаришлари каби физиологик жараёнлар устидан назорат олиб боришда қўлланади. Кейин ташқи магнит майдони воситасида субъект билан жисмоний алоқа қилмай туриб, мураккаб биологик жараёнларни топиш ва ишга солиш учун алоҳида ячейкаларни ташқи инструментларга улаш режалаштирилмоқда. Масалан, диабетга чалинган киши, инсулиндан укол қилиш ўрнига, ўз безларини магнит ёрдамида рағбатлантириб, танасида инсулин ишлаб чиқарилишини йўлга қўйиши мумкин бўлар эди.

Доривор воситаларни организмнинг керакли ерига етказиб бериш учун наноғовакли мўъжаз капсулалардан (≈ 1 мк) фойдаланиш мумкин бўлади. Диабетнинг 1-турида инсулинни етказиб бериш ва ажралишини физиологик бошқариш учун мўлжалланган шундай микрокапсулалар ҳозирданок синовдан ўтказилмоқда. Ўлчамлари тахминан 6 нм келадиган ғоваклардан фойдаланиш капсула ичидаги нанопрепаратни инсон организми-

нинг иммун тизими таъсиридан сақлашга ёрдам беради. Бу капсулаларга ҳайвоннинг инсулин ишлаб чиқарадиган хужайраларини жойлаш имконини беради. Акс ҳолда уларни организм чиқариб юборган бўлар эди.

Ўзида универсал антимикроб ва антикоагулянтлик хусусиятини бирлаштирган нанотузилмали препаратларни ишлаб чиқиш ҳозирги замон тиббиётининг долзарб муаммоларидандир. Препарат хусусиятларининг бундай комбинацияси, бир томондан, антимикроб агентининг нанозаррачалари қонга киритилганда, тромб ҳосил бўлишининг олдини олса, иккинчи томондан, тиббиёт мақсадлари учун мўлжалланган антимикроб атромбоген материалларнинг яратилишига асос бўлиши мумкин.

2007 йилда Новосибирскда (Россия) тромболитик дориси ишлаб чиқарила бошлади. Дори ўз самарадорлиги бўйича жаҳонда тенгсиз, нархи эса анча арзон.

Металл нанозаррачалар тиббиёт амалиётида кенг қўлланилади. Юқори технологияларнинг жадал ривожланиши билан боғлиқ ҳолда бутун жаҳонда металллар нанозаррачалари асосида янги юқори самарали дори шакллари яратишга катта эътибор қаратилмоқда. Бундай дори шакллариининг заҳарлилиги уларнинг тузлари ва комплексларига қараганда камроқ ва кўп ҳолларда юқорироқ терапевтик самара беради. Бундан ташқари, металл нанокластерларидан иборат дори воситалари анча кам дозаларда истеъмол қилиниши мумкин.

Ҳозирда металллар нанозаррачалари синтезининг кўплаб физик ва кимёвий синтез усуллари мавжуд [66, 67, 68]. Ўзининг юқори даражада фаоллиги билан металл заррачалар биологик муҳитда ўзини тутиши нуқтан назаридан алоҳида қизиқиш уйғотади. Металллар ва уларнинг бирикмаларининг биологик муҳитларда эрувчанлиги анча юқори [69]. Бунинг устига, ҳозирги пайтда катализаторлар тадқиқ этилмоқда ва дори воситаларининг ташувчилари ишлаб чиқилмоқда. Бунда объектлар сифатида ҳақли равишда металл нанозаррачалар танланмоқда. Буларнинг ҳаммаси металл заррачаларнинг организмга тушгандаги фаоллигига ишонч ҳосил қилишга ундайди.

Кумуш, олтин, бошқа металллар ва уларнинг бирикмалари тиббиётда ва биологик тадқиқотларда кенг қўлланмоқда [70]. Кумуш асосидаги тизимлар алоҳида қизиқиш уйғотмоқда. Кумушнинг антибактериал хусусиятлари анчадан буён маълум,

колларгол ва протаргол каби препаратлар эса тиббиёт амалиётида кўплаб ўн йиллардан буён қўллаб келинмоқда. Кумуш – микрофлора билан курашда ноёб модда. Энг кучли антибиотик ўлдирадиган микроблар, вируслар ва замбуруғларнинг тури ўнтадан ошмайди, лекин кумушга келсак, уларнинг сони 650тага етади [71].

Амалиёт шуни тасдиқладики, энг қулай ва самарали дори шакли бу кластерлар ва нанозаррачалар кўринишидаги кумуш экан. Улар асосида тайёрланган доривор препаратлар кумуш тузлари ва комплексларидан кўра токсинлари (заҳарли моддалари) камроқ, самарадорлиги эса кумуш тузлари ёки коллоидли кумуш препаратларидан ортиқроқ экан [72]. Замонавий технологияларнинг қўлланиши кумуш асосидаги янги самаралироқ препаратларнинг яратилишига олиб келди. Булар – арговит, повиаргол. Уларнинг бактерицидлик хусусиятлари ўз аждодларидан анча юқори. Бу препаратлар жарроҳлик амалиётида ярага тушган инфекциялар, турли тери касалликларини даволашда кенг қўлланади.

Ион шаклидаги ва коллоид заррачалари кўринишидаги кумушнинг микробларга қарши таъсири кучли. Кумушдан биоцид сифатида фойдаланишга бўлган катта кизиқишнинг сабаби шундаки, кумуш кўпчилик микроорганизмларга нисбатан юқори даражада заҳарли бўлгани учун, кўпчилик микроорганизмлар унга қарши бардош бера олмаслигида.

Таркибида коллоидли (наноўлчамли) металл заррачалари бўлган препаратлар кумушнинг энг самарали дори шаклидир. Коллоидли кумушнинг биоцидлик хусусияти ион Ag^+ дан анча аниқ ифодаланган [73]. Ичак-ошқозон йўлига тушган Ag^+ нинг каттагина қисми эримайдиган тузлар ҳосил қилади, чўкиндига айланади ва ўзининг биоцидлик фаоллигини йўқотади. Коллоидли кумуш, айниқса у яна стабилизирланган бўлса, кўпроқ турғунликка эга бўлади ва кўпроқ вақт давомида амал қилади.

Таркибида Ag нанозаррачалари бўлган коллоидли тизимлар ҳар хил турдаги бактерияларни (таёқчасимон ичак микроби, сальмонелла, стафилококк, энтерококк, йиринг микроби) самарали ўлдиради [74]. Таркибида кумуш нанозаррачалари бўлган юқори молекуляр органик моддалар асосидаги геллардан *Propionibacterium acne*. *Pseudomonas aeruginosa*. *Staphylococcus aureus* келтириб чиқарган яллиғланиш касалликларини даволашда фойдаланиш

тавсия этилади. Бунда кумушнинг коллоидли шакллари ионли шаклларида фаолроқ экани кузатилди [75].

Кўп вақт давомида металл кумуш эмас, балки Ag^+ ионлари даволаш хусусиятига эга деб ҳисобланар эди. Бир томондан Ag^+ ионлари ишлайди деган хулосаларга келинса, иккинчи томондан янги коллоидли металл Ag препаратларининг ишлаб чиқарилиши узлуксиз жадаллашиб бормоқда. Кўпчилик бажарилган ишларда ҳам Ag нанозаррачаларининг турли биологик объектларга, шу жумладан ҳайвонлар ва инсонга таъсири ҳақида гап боради. Ag нанозаррачаларининг вируслар, бактериялар ва хужайраларга таъсири ҳозирча унча ўрганилмаган [76].

Ag ионлари ва заррачаларининг биологик объектларга таъсир кўрсатиш механизмини яхшироқ англаб етиш учун Ag^+ ионлари ва нанозаррачаларининг тирик организмлардаги эволюциясини кузатиш зарур [77, 78, 79]. Ушбу ишлар муаллифлари кумуш асосидаги турли препаратларнинг вируслар, бактериялар ва хужайраларга таъсирини синар эканлар, Ag нанозаррачаларининг биоцидлик хусусияти худди шу концентрациядаги Ag^+ ионлари таъсиридан устун эканини бир овоздан эътироф этдилар.

Профессор М.Якаман (АҚШ) фикрича, ОИТВ-инфекция кумуш нанозаррачалари томонидан фақат 1-10 нм ўлчамли диапазонда ингибирланади.

Дори препаратларидаги фаол компонентларнинг наноўлчамли даражага ўтиши уларнинг самарадорлигини анча ошириш, дозасини ва шу билан бирга кўшимча асоратларини камайтириш имконини беради, заҳарли хусусиятлари, биологик фаоллигини янада чуқурроқ ўрганишни талаб қилади.

Россияда нанотехнологиялар асосида ишлаб чиқарилган биринчи дори ноёб «Тромбовазим» прапаратидир. Тромбларни эритиб, қон томирларининг эластиклигини тиклайдиган бу препарат «Фармакология ва биотехнологиялар сибир маркази» томонидан ишлаб чиқарилмоқда. Препаратни Цитология ва генетика институти ҳамда Ядро физикаси институти (Новосибирск, Россия) олимлари ишлаб чиқдилар.

Дори препаратлари органик оксиллардан, биринчи навбатда, ўсимлик оксидидан яратилади. Муайян тузилишга эга молекулалар конструкциялари топокимёвий реакциялардан фойдаланадиган ўзига хос асбоб-ускуналар ёрдамида яратилади. Наномолекулаларнинг тузилма ҳосил қиладиган элементлари сифатида ҳозирги

пайтда қўлланаётган сульфид ва дисульфид алоқалар ўрнига макро-ва микроэлементлар қўлланади. Технология 23та патент билан ҳимояланган [80].

Ҳозирги пайтга келиб, ушбу технология бўйича шишга қарши ташқаридан қўлланадиган препаратлар клиникадан олдинги синовлардан ўтказилди (меланобластома, тери ва шиллик саратони билан оғриган беморларда). Шунингдек ОИТС, сил, малярия, С гепатити диабет асоратлари («диабетик» тоvon), кутуриш, атипик пневмония ва бошқа иммунитет етишмаслиги касалликларида самарали натижалар бериши мумкин бўлган селенопротеинли препаратлар ҳам худди шундай синовдан ўтказилди. Иммуно-мо-дуляторлар клиник синовлар босқичидан муваффақиятли ўтмоқда.

Диагностик ва терапевтик радиофармацевтик препаратлар (РФП) соҳасида тараққиётга эришиш учун радиофармацевтика ва замонавий нанотехнологияларни бирлаштириш талаб қилинади. Нанозаррачалар патологик жараён зонасига йўналтирилган радионуклидлар транспортининг самарадорлигини оширишда янги истиқболларни очади. Радионуклеидларнинг янги синфларидан фойдаланиш эса шиш хужайраларининг шикастланиш даражасини ошириш имконини беради. Бундан ташқари, радионуклеидлар РФПнинг ташувчилар билан боғланиши, уларнинг организмда тарқалиши ва фармакологик хусусиятларини кузатиш учун ноёб имконият яратади. Онкотерапиянинг бош муаммоларидан бири бўлган метастазалар билан курашишда α -нурлантирувчи радионук-лидлар ва Оже-электронлар нурлантиргичларининг қўлланишини энг истиқболли йўналишлардан бири деб ҳисоблаш мумкин [80].

Дорилар ва генларни қон оқими ва тўқималарга етказиб беришнинг янги усуллари пайдо бўлмоқда. Полимерлар, мицел-лалар, липосомалар, дендримерлар, фуллеренлар, гидрогеллар ва бошқа моддалардан таркиб топган контейнерлар муваффақиятли ишлаб чиқилмоқда ва синовдан ўтказилмоқда. Дориларнинг нанозаррачаларга жойлаштирилиши уларнинг организм суюқ-ликлари ва тўқималарида тез тарқалиб кетишига йўл қўймайди ҳамда препаратларнинг ташқарига чиқиш муддатини узайтириш имконини беради. Нанозаррачаларга жойлаштирилган саратонга қарши препаратлар шишларда самарали тўпланеди, бу эса цитотоксинларни нанозаррачалардан нисбатан узоқ вақт давомида чиқишини таъминлайди. Наноконтейнер юзаларини антижисмлар ва хужайраларнинг юзаки маркерлари билан боғланиш хусусиятига

эга бўлган бошқа лигандлар билан модификациялашга асосланган «таргет» терапияси ҳам кенг ривожланмокда. Нанозаррачаларнинг полиэтиленгликоль билан қопланиши уларни организмнинг иммун тизими таниб олиш эҳтимолини бартараф этади, бу эса контейнерлар ва дориларнинг организмдаги ҳаёт кечириш вақтини узайтиради.

Розуэлл Парк номидаги Саратон институтининг Фотодинамик терапия марказида (АҚШ) нанотехнологиялар ёрдамида саратон касалликларини ташхислаш ва даволаш устида иш олиб борилади [81]. Ишланма муаллифи «кўп функцияли препаратлар»ни ишлаб чиқишда нанотехнологиялардан шишлар сцинитиграфияси учун ҳамда терапияни амалга оширишда фойдаланди.

Фараз қилайлик, киши гриппни юқтирди, аниқроғи, у хатто бу касалликни юқтириб олганини ҳам ҳозирча ўзи билмайди. Шу ондаёқ кучайтирилган сунъий иммунитет тизими ишга тушади – ўн минглаб нанороботлар ўзларининг ички маълумотлар базасига мувофиқ грипп вирусини таниб топиб олади ва санокли дақиқаларда киши қонида биронта грипп вируси қолмайди. Яна бир мисол: кишида эрта атеросклероз кузатилади, дейлик. Сунъий хужайралар механик ва кимёвий йўллар билан киши томирларини тозалай бошлайди. Учинчи мисол: ДНК занжиридаги носозлик туфайли кишида генетик касаллик бошланди. Киши қарий бошлади. Шунда киши организмида жойлашган компьютерлар ишга тушади ва қариш сабабини аниқлаш мақсадида ахборотни таҳлил эта бошлайди. Агар ушбу масалани ўз маълумотлар базалари ва алгоритмлари ёрдамида ҳал қила олмасалар, ер остининг бирон жойида ёки энг яқин йўлдошдаги Марказий тиббиёт компютерига сўров юборади. ДНКдаги носозлик топилиб, қариш учун масъул оқсил ажратиб олиниши билан глобал операция бошланади – минглаб таъмирловчи ДНКлар носоз ДНКни ўз анализаторлари орқали ўтказиб, «қариш гени»ни кесиб ташлайди. Бунда қариш фақат 2-3 хужайралар авлодига тегиб ўтади. Организмдаги барча хужайраларнинг янгилиниши содир бўлади ва одам ҳамма вақт 20-23 ёшга кирганга ўхшайди. Инсон танасининг ҳар битта атом аниқлигидаги тўлиқ тавсифи билан таъминланган нанороботлар хужайраларни таъмирлай оладилар ва ҳатто жуда қари кишини ҳам ёшлиқ ҳолатига қайтара оладилар. Тиббиёт органлар устида қилинадиган операциялардан молекулалар устида

қилинадиган операцияларга ўтади ва инсон деярли боқий умр кўрадиган бўлади!

Калифорния университети (АҚШ) олимлари нанотехнологиялар тез орада айрим дори воситаларни қабул қилиш усулларини тубдан кенгайтириб юбориши мумкин деб ҳисоблайдилар. Улар ўз ичларида дори молекулаларини ошқозон ва ичакдан қон оқимига олиб ўтадиган ўта микроскопик капсулаларни таклиф этадилар. Агар капсулани миллиметрнинг мингдан бир қисмидан ҳам кичикроқ қилиш имкони яратилса. Бу ҳолда у қонга бутунича ўта олади. Бунга яна препаратни томирлар ичида бўшатиш имкониятини ҳам қўшинг – нимага эга бўламиз? Ҳар ҳолда укол қилиш заруратидан ҳоли бўлмасак-да (шошилинич ҳолатларда инъекциялар – ягона ҳалос бўлиш йўли), уларни муттасил олишдан ҳалос бўламиз. Инсулин – диабет билан огриган ҳар бир киши учун ҳаётий зарур препаратлигини ҳамма билади. Яқин орада ун и фақат инъекциялар кўринишида эмас, балки таблетка кўринишида ҳам қабул қилиш имконияти туғилади, яъни нанотехнологиялар беморларни ҳар куни, бунинг устига яна бир неча марта қилинадиган уколлардан озод қилади. Нанотехнологиялар ҳатто ҳозирда беморларнинг қонига тўғридан-тўғри юбориладиган дориларни ҳам ошқозон орқали етказиб берилишини таъминлаши мумкин [82].

Хитер Кларк раҳбарлигида бир гуруҳ олимлар (Чарлз Старк Дрейпер номидаги лаборатория, АҚШ) киши қонида қанд даражасини муттасил кузатиб борадиган ва инсулин юбориш зарурати туғилганда бу ҳақда хабар берадиган технология яратиш устида иш олиб бормоқдалар [83]. Бундай назорат бевосита тери остига киритиладиган нанодатчиклар ёрдамида амалга оширилади. Қонда глюкоза даражасининг ортиши инфракизил ёруғликда ранг ўзгариши механизмини ишга туширади ва беморни овқат қабул қилгандан кейин инсулин инъекциясини амалга ошириш зарурлиги ҳақида хабардор қилади. Гугурт чўпидек келадиган бу мослама кўкрак қафасига жойлаштирилади ҳамда барча керакли параметрларни қайд этади: муҳитнинг кимёвий таркиби, гормонлар даражаси, тана ҳарорати ва б. Худди шу сенсорнинг ўзи яна организмдаги бошқа моддалар даражасининг ўзгаришини ҳам ташхислаши мумкин. Сенсор диаметри 120 нм келадиган шарча кўринишига эга. Шарик ичида организмдаги глюкоза даражасининг ўзгаришини бошқариб турадиган молекула ва ранг молекулалари

бўлади. Технологиянинг ноёблиги шундаки, унда модда сарфланмайди. Глюкоза даражасини аниқлайдиган индикатор полоскалари энзимни аниқлаш даражасида сарфлайди. Ҳозирги пайтда диабет билан оғриган касаллар қондаги қанд даражасини лаборатория тестлари ёрдамида аниқлайдилар. Хайвонларда ўтказилаётган тестлар ҳозирча сенсор ишини бузиши мумкин бўлган эҳтимолдаги иммун жавобини қайд этмайдилар. Шунинг учун олимлар сенсор ишидаги эҳтимоллий мураккабликлар устида иш олиб бориш, янгиларини излаш устида ишни давом эттириб, шундан кейин клиник синовларга ўтишмоқчи.

Бизнинг орзуларимиз қачон рўёбга чиқиши мумкин? Қачонки инсон тўлиқ бошқара оладиган ёки компьютер томонидан дастурланадиган биринчи нанокомпьютер яратилганда. Унинг яратилиши турли муаллифлар томонидан берилган интервьюларга қараганда 2025-2050 йиллар оралиғида мўлжалланмоқда [84]. Наноманипулятор ва ўша даврга келиб тайёр бўладиган нанокомпьютер базасида ҳар қандай предметни йиға оладиган биринчи нанороботни яратиш мумкин бўлади. Ва у юзага келтирадиган биринчи объект унинг ўзи бўлади: Кейин булар икковлон яна ўзининг нусхасини ясайди, бу тўртовлон яна... . Ва бу жараён биз ўйлаб режалаштириб қўйган ҳамма нарсаларни яратиш учун етарли миқдордаги нанороботларга эга бўлмагунимизча давом этаверади. Жараён экспотенциал тус касб этади ва биз имконият чегараларига тез етиб келаемиз. Шундай қилиб, асримизнинг ўртаси – биз яшаб келишимиз зарур бўлган вақт, шунда инсон ҳаёлотини нимага қодир бўлса, шу нарсага эришади!

Шундай қилиб соғлиқни сақлаш соҳасида нанотехнологияларнинг қўлланиши ҳаётни чўзиш, унинг сифатини яхшилаш ва инсоннинг жисмоний имкониятларини кенгайтиришга олиб келиши мумкин. Фармацевтика соҳасида барча маҳсулотнинг деярли ярми нанотехнологияларга боғлиқ бўлади. Нанотехнологиялардан фойдаланиб яратилган маҳсулот ҳажми яқин 10-15 йил ичида 180 млрд. доллардан ошиб кетади. Биологияга оид фанлар бугунги кунда тез ривожланмоқда, кашфиётлар деярли ҳар куни содир бўлмоқда. Олимлар вируслар, бактериялар, ҳужайра ичидаги ҳар хил тузилмалар ва ҳ.к. қандай амал қилаётганини ўрганмоқдалар. Улар микрооламга тобора кўпроқ кириб бормоқдалар, янги технологияларни ўзлаштирмоқдалар ва алоҳида молекулалар устида манипуляцияларни амалга ошира оладилар. Яқин вақт

мобайнида хужайра ичида содир бўлаётган жараёнларни тадқиқ қилишда квант механикаси, молекуляр биология, ген инженерияси, биокимё, тиббиёт ва аорганик кимё каби фанларнинг ўзаро бирлашуви содир бўлади дейиш мумкин. Бундай бирлашув ҳаёт ўзи нима деган саволни англаб етишда катта ўзгариш содир қилади, тиббиёт эса касалликларни ташхислаш ва даволашда янги усулларни ўзлаштиради.

Нанотехнологияларнинг жорий қилиниши узоқ муддат давомида иқтисодиётнинг ўсишини таъминлайди. Бу эса жамиятдан бу технологияларни қўллаш билан боғлиқ эҳтимолдаги барча хавф-хатарларни яхши ва чуқур англаб етишни талаб қилади. Инсоннинг наноматериаллар билан тобора яқин алоқаси, шунингдек уларнинг ташқи муҳитни тобора кўпроқ эгаллаб олаётгани кузатилмоқда [89]. Агар хавфлилик даражаси паст бўлган объектлар учун фақат айрим, муҳим тест тадқиқотларини ўтказиш kifоя қилса, хавфлилик даражаси юқори бўлган нанозаррачалар учун токсикогигиеник талаблар имкон даражада тўлиқ ҳажмда бажарилиши лозим. Бундан ташқари, нанохавфсизликнинг муҳим жиҳати экспозицияни баҳолашдадир. Бу муҳим муаммоларнинг ҳал қилиниши келгусида нанотехнологиялар ва наноматериалларнинг инсон соғлиги учун хавфсизлигини таъминлашда давлат миқёсида бир бутун тизимни шакллантиришга ўтиш имконини беради.

Европада ўтказилган социологик тадқиқотлар шундан гувоҳлик берадики, бу соҳада юқори малакали мутахассисларнинг йўқлиги ҳамда инсон ҳаёти ва атроф муҳитга наноиндустрия таъсирининг эҳтимолдаги салбий оқибатлари билан боғлиқ жамоатчилик хавотирланиши нанотехнологиялар ривожини анча тўхтатиб турибди. Тиббиёт соҳасидаги бир қатор махсус тадқиқотлар жараёнида шу нарса аниқландики, ўпканинг энг нозик ва таъсирчан тўқималарига етиб бора оладиган даражада кичик ўлчамларга эга бўлган нанозаррачалар яллиғланишни келтириб чиқарар экан.

Наноматериаллар ва нанотехнологиялардан фойдаланишда потенциал хавф-хатар масалаларини ўрганиш, шунингдек уларнинг инсон ҳаёти учун хавфсизлик мезонларини ишлаб чиқиш ҳам катта аҳамият касб этади. Нанотехнология маҳсулотларини ишлаб чиқариш ва улардан фойдаланиш хавфсизлигини баҳолашга қаратилган ҳуқуқий-норматив базани ишлаб чиқиш лозим. Инсон соғлиги учун наноматериалларнинг хавфини баҳолашда улардан бевосита фойдаланишдан ҳамда ишлаб чиқариш жараёнида

наноматериаллар ва нанозаррачаларнинг атроф муҳитга келиб тушишидан кутиладиган таъсирларни ҳисобга олиш керак. Иш зонаси ҳавосида, аҳоли яшайдиган пунктлар ва яшаш хоналарида, ичиладиган сув, озик-овқат маҳсулотлари ва ташқи муҳитнинг бошқа объектларида устувор наноматериаллар турларининг хавфсиз даражаларини белгилаб берадиган гигиена нормативлари ишлаб чиқилиши керак. Заҳарли наноматериаллар транспортровкаси, қўлланиши ва утилизацияси инсон ҳаётига хавф туғдирмайдиган даражада қандай амалга оширилади? Бу масала ҳам ўз ечимини кутмоқда.

Наноматериаллар инсон организмига ингальяция йўли билан (яъни нафас олиш орқали) келиб тушганда ҳам номақбул ҳолатлар юзага келиши мумкин: бу юрак-қон томир тизими, буйрак, жигар шикастланишига олиб келиш эҳтимоли йўқ эмас. Шундай маълумотлар ҳам борки, кўпчилик моддалар ва материаллар нанозаррачалар шаклига ўтказилганда, ўз физик-кимёвий хусусиятларини ўзгартиришлари мумкин, бу эса, ўз навбатида, уларнинг овқат ҳазм қилиш йўлида сўрилиши ва организм томонидан ўзлаштирилиши жараёнида физиологик ўзгаришларни келтириб чиқариши мумкин. Яна бир муаммо нанозаррачаларнинг тирик ҳужайралар ва тўқималар билан алоқалари келтириб чиқариши мумкин бўлган оқибатларда. Кўпчилик нанозаррачалар заҳарлаш таъсирига эга. Масалан, полистирол нанозаррачалари нафас билан кетса, ўпка тўқималарининг яллиғланишини келтириб чиқаради ва қон томирлари тромбозига сабаб бўлади. Углеродли нанозаррачалар юрак фаолиятини бузиши ва иммун тизимининг фаоллигини бостириши мумкин. Итлар ва аквариумдаги балиқлар устида ўтказилган тажрибалар фуллерен мия тўқималарини емиришини кўрсатди. Энг истиқболли келажак материали деб ҳисобланаётган углеродли нанотрубкалар ҳам худди шундай таъсир кўрсатади. Нанозаррачаларнинг биосферага кириб бориши ҳам кўп муаммолар туғдириши мумкин. Одамлар яшайдиган муҳитнинг нанозаррачалар билан ифлосланиши билан боғлиқ хавф-хатарларни, уларнинг экологик муҳитга таъсирини аниқлаш бўйича кенг қўламли тадқиқотлар ўтказиш талаб қилинади. Бундан ташқари, мутлақо янги қонунчилик, янги бошқариш механизмлари ва институтлари зарур, чунки ҳеч ҳам кутилмаган оқибатлар келиб чиқиши мумкин.

Нанозаррачалардан кутилаётган хавф билан боғлиқ ҳолда

уларни тест синовидан ўтказиш муолажаси ишлаб чиқилмоқда, оддий дорилар ҳам тест синовидан ўтказилмоқда. Нанозаррачалар оксиллар агрегациясини келтириб чиқаришга қодирлиги эҳтимолдан ҳоли эмас, бу кейинчалик Альцгеймер касаллигини келтириб чиқариши мумкин. Шунинг учун барча нанопрепаратлар клиникадан олдин синовдан ўтказилади, бунда уларнинг морфологияга, хужайралар ривожланиши ва ҳаракатланишига, модда алмашинувига таъсири текширилади. Фақат шундан кейингина ҳар бир конкрет ҳодиса учун нанозаррачаларнинг оптимал ўлчамлари ва дозаси танланади.

АҚШнинг экологик ҳаракат вакиллари ва саноат корпорацияларининг талабига кўра, наноматериаллардан фойдаланишнинг экологик ва тиббий жиҳатларини аниқлашга сарфланадиган маблағлар нанотехнологияларга мўлжалланган ҳаражатларнинг 20%ини ташкил қилиши керак.

Нанотехнологиялар тўғрисидаги гапларни яқунлаб, Ю Свириденконинг 2004 йил 8 сентябрда Интернетда эълон қилинган «Нано келажаги. Нанотехнологияларнинг 2003 йилдан 2050 йилгача ривожланиш истиқболлари» мақоласига тўхталишни лозим топдик. Мақолада «нанокomпьютер – наноманипулятор» тизими 2020 йилда яратилиши башорат қилинади. Шундай тизим яратилиши билан дастурга кўра яна худди шундай комплексга эга бўлиш мумкин. У ўз аналогини берилган дастур бўйича, инсоннинг бевосита аралашувисиз йиға олади. Бундай «ўз-ўзини йиғиш» репликация деб аталади, репликатор эса, юқорида кўрсатиб ўтилганидек, ассемблер деб аталади. Бактериялар, ДНКнинг реплекатив хусусиятларидан фойдаланиб, санокли соатлар мобайнида бир нечтадан миллионларгача кўпайиши мумкин. Бунда оммавий кўламда ассемблерларга эга бўлиш учун четдан ҳеч қандай сарфлар талаб қилинмайди. Улар энергия ва хом ашё билан таъминланса бўлди.

«Нанокomпьютер – наноманипулятор» тизими асосида аввалдан расмга олинган ёки ишлаб чиқилган атомлар жойлашувининг уч ўлчамли сеткаси бўйича ҳар қандай макроскопик объектларни автоматлаштирилган йиғиш комплексларини ташкил этиш мумкин. Ҳозирги пайтда Херох компанияси келажакда матрицалар дубликаторларини яратиш бўйича тадқиқотлар олиб бормоқда. Роботлар комплекси дастлабки объектни атомларга ажратади, бошқа комплекс эса аслига айнан ўхшаш нусхани яратади (2020 –

2030 йиллар прогнози). Бу «ҳажмли» технология ёрдамида маҳсулот ишлаб чиқарадиган фабрикаларнинг мавжуд комплексини тугатиш имконини беради. Бунинг учун Компьютерлаштирилган тизимда қандай бўлмасин маҳсулотни лойиҳалаш кифоя, ва у йиғиш комплекси томонидан йиғилади ва қўпайтирилади.

Орбитал тизимлар, ўзини-ўзи йиғадиган колонияларни Ой ва Марсда, ҳар қандай иншоотларни Коинот океанининг ҳар қандай нуқтасида, Ер юзи ва ҳавода автоматик тарзда қуриш имконияти юзага келади (экспертлар башоратларига кўра бу 2050 йилда содир бўлади). Ўзини-ўзи йиғиш имконияти инсониятнинг глобал муаммоларини – озик-овқат, турар жой ва энергия етишмаслиги муаммоларини ҳал қила олиши мумкин. Чикиндиларни утилизация қилиш ва «recycling» кўринишидаги тизимлар устидан глобал назорат олиб бориш инсониятнинг хом ашё заҳираларини анча оширишга ёрдам беради ва ҳ.к. [91, 92].

Нанотехнологиялар инсониятга янги материяни – «тириги»ни ҳам, «ўлиги»ни ҳам – бошқарган ва назорат қилган ҳолда тузишга ваъда беради. Ҳақиқий ҳаётдан узоқ фантастика бўлиб кўринган нарсалар ҳаётимизга жадал кириб келди. Улар бизнинг кўз ўнгимизда ажойиб ва ғаройиб истиқболларни очиб бермоқда. Бизнинг энг қувончли орзуларимизни амалга оширишга тайёр. Бирок ... юрагимизни келажагимиз учун хавотир ва ташвишга ҳам чулғамокда.

Адабиётлар

1. А.Шаповалов, А.Корнышева, А.Козенко, Н.Гриб. Нанотехнологии зарядили энергией. Газета «Комерсантъ» № 163 (3739) от 08.09.2007.
2. R.P.Feynman There's Plenty of Room at the Bottom. Engineering and Science (California Institute of Technology). California, February - 1960, Pt.2, p. 22 – 36.
3. Р.Ф.Фейнман Вы, конечно, шутите, мистер Фейнман? Изд-во «Регулярная и хаотическая динамика» - 2001.
- 4.К.Е.Drexler. Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology. New York, Ancor Press/ Double-day, 1986, p.299.
5. N.Taniguchi. Japan Society of Precision Engineering. On the Basic Concept of Nanotechnology, Proc. Intern. Conf. Prod. Eng. – Tokyo, 1974, Pt. II, p. 122-126.

6. K.E.Drexler. Molecular Engineering: An Approach to the Development of General Capabilities for Molecular Manipulation// Proc.Natl.Acad.Soc. USA, N 78, 1981, p.5275-5278.
7. K.E.Drexler. Nanosystems: Molecular Machinery, Manufacturing and Computation. New York: John Wiley and Sons, 1992, 182 p.
8. I.H.Wilson in Walls and Smith (eds). Surface Science Techniques, 1994, p. 162.
9. Д.Брандон, У.Каплан. Мир материалов и технологий. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля. Техносфера, М., 2006, с.32.
10. Марк Ратнер, Даниэль Ратнер. Нанотехнология: простое объяснение очередной гениальной идеи /A Gentle Introduction to the Next Big Idea. -М.: «Вильямс», 2006, с. 240.
11. Proceedings of 15th Intern. Symp. «Nanostructure: Physics and Technology», Novosibirsk, Russia, June 25-29 2007, 370 p.
12. Г.Моравик. Дети разума. 1988.
13. How Long Before Superintelligence? Intern. Journal of Future Studies, 1998, vol.2.
14. В.И.Балабанов. Нанотехнологии. Наука будущего. Изд. «Эксмо», 2009, 136 с.
15. Г.Арминов. Нанобудущее. Газета «Мир новостей», № 1 (786) 2008.
16. В.Скулачѳв, М Скулачѳв. Элексир молодости. Газета «Аргументы и факты. №50, 2009, с.23.
17. H.W.Kroto, J.R.Heath, S.C.O'Brien, R.F.Curl, R.E.Smalley. Nature, Vol.318, 1985, p.162.
18. S.Iijima. Nature, London, Vol.354, 1991, p.56.
19. И.В.Золотухин Углеродные нанотрубки. Соросовский образовательный журнал, № 3, 1999, с. 111-115.
20. А.В.Елецкий Углеродные нанотрубки. Успехи физических наук, Т. 167, № 9, 1997, с. 945- 972.
21. И.П.Суздаев. Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. КомКнига, М., 2005, 592 с.
22. www.лента.ру
23. А.М.Смирнов Промышленно-организованная технология управляемого синтеза углеродных нанотрубок// Астрахань, Астраханский ГУ, 2006.
24. Ю.Д.Семчиков. Дендримеры – новый класс полимеров. Соросовский образоват. журн., № 12, 1998, с.45-51.

25. Robert A. Freitas //Exploratory Design in Medical Nanotechnology: A Mechanical Artificial Red Cell, Artificial Cells, Blood Substitutes, and Immobil. Biotech.- 1998 – N 26 –

26. Ю.Евдокимов. Нуклеиновые кислоты, жидкие кристаллы и секреты на ноконструирования. Журнал «Наука и жизнь», № 4, 2005.

27. М.А.Пальцев, В.И.Киселёв, П.Г.Свешников. Наномедицина – молекулярное конструирование (дизайн) новых лекарственных и диагностических препаратов. Международный форум по нанотехнологиям, Нанотехнологии в медицине, 2008, Rusnanotech-08.

28. А.Н.Еременко, О.А.Беседина, И.И.Образцова. ЖТХ, том 77, № 12, 2004, с.1956-1959.

29. В.Ю.Долматов. Успехи химии, том 76, № 4, 2007, с.375-397.

30. nanopen. ru. Нанотехнологии. Обзорные статьи, 2009.

31. А.Г.Алексеев. Нанотехнология как основа новой научно-технической революции// Наука и технология в промышленности, № 3-4, 2004, с.56-61.

32. К.Уорден. Новые интеллектуальные материалы и конструкции. Свойства и применение. М., Техносфера, 2006, 224 с.

33. ООО «Медицинские информационные технологии», Медицинский портал MedForce, 2006-2009.

34. Роберт Эттингер. Перспективы бессмертия. М., Изд-во «Научный мир», 2005.

35. А.Р.Антонов, Ю.И.Склянов. Нанотехнологии в медицине и биологии. Материалы научно-практ. конференции с международным участием «Нанотехнологии и наноматериалы для биологии и медицины, 11-12 октября 2007, СибГУ.

36. И.В.Артюхов, В.Н.Кеменов, С.Б.Нестеров Нанотехнологии, биология и медицина//Материалы 9-ой научно-технической конференции «Вакуумная наука и техника» - М.: МИЭМ, 2002, с. 248-253.

37. Ch. Mao Et al. A Nanomechanical Device Based on the B-Z Transition of DNA. // Nature, 397 (14 January 1999), p. 1680-1685.

38. Пул Ч., Оуэнс Ф. Нанотехнологии. М.: Техносфера, 2005, 336с.

39. Journal «Science», 23 November 2001.

40. Магия микрочипов. В мире науки, ноябрь 2005, С.6-15.

41. Robert A.Freitas Basic Capabilities. Landes Bioscience// Nanomedicine. 1999. Vol.1 – p. 204-220.

42. www.nanodigest.ru

43. www.aif.ru
44. В.А.Ткачук Нанотехнологии в медицине: успехи и перспективы. Журнал «В мире науки» № 2, 2009, с.21-27.
45. C.D.Howe. Nanotechnology: Slow Revolution. Forrester Research Corporation. Cambridge, Maryland, USA, August 2002, 21 p.
46. Портал «Вечная молодость».
47. www.bioinfomatrix.ru
48. Г.Ф.Мячина, С.А.Коржова, Т.Г.Ермакова, Б.Г.Сухов. Б.А.Трофимов. Нанокompозиты серебра и биосовместимого водорастворимого поли-1-винил1,2,4-триазола. Материалы научно-практической конференции с международным участием «Нанотехнологии и наноматериалы для биологии и медицины», 11-12 октября 2007, СибГУ, Новосибирск, 509 с.
49. www.chepurga.livejournal.com
50. В.Б.Лощенов, А.А.Стратонников, С.Ю.Васильченко, А.В.Рябова, М.Л.Синяева, В.И.Конов. Применение нанофотосенсибилизаторов в медицинской диагностике и лечении. Сб. тезисов Второго международного форума по нанотехнологиям, 6-8 октября 2009,
51. <http://rusnanoforum.ru>
52. Л.А. Бокерия, Е.З.Голухова, Н.Н.Самсонова, Р.М.Муратов и др. Применение нанотехнологий и наноматериалов в развитии и оптимизации современных методов диагностики и комплексного лечения заболеваний сердца и сосудов. Сб. тезисов докладов, стендовых докладов и докладов участников конкурса научных работ молодых учёных на Втором Международном форуме по нанотехнологиям, 6-8 октября 2009.
53. А.Теплоухов. Нанотехнологии помогут вернуть в строй до 80% инвалидов России. Труды Первой Всероссийской конференции «Клеточные нанотехнологии в биологии и медицине», Курган, 2007.
54. Л.В.Терн, Хирургия без шрамов с помощью нанотехнологий. Нанотехнологии, № 83, 2009; сайт Astronim.
55. В.А.Тутельян. Токсиколого-гигиенические аспекты оценки безопасности наноматериалов, используемых при производстве пищевой продукции. Сб. тезисов докладов, стендовых докладов и докладов участников конкурса научных работ молодых учёных на Втором Международном форуме по нанотехнологиям, 6-8 октября 2009.

56. www.ogonik.ru Опубликовано 21.11.2007.

57. С.А. Лукьянов. Rusnanotech'09- Второй Международный форум по нанотехнологиям, 6-8 октября 2009. www.rusnanoforum.ru.

58. А.Королёва, В.Скулачёв, М.Скулачёв. Выбор между жизнью и смертью. В мире науки, № 2, 2008.

59. В.Б.Лошенев, А.А.Стратонников, С.Ю.Васильченко, А.В.Рябова, М.Л.Синяева, В.И.Конов. Применение нанофотосенсибилизаторов в медицинской диагностике и лечении. Сб.тезисов докладов, стендовых докладов и докладов участников конкурса научных работ молодых учёных на Втором Международном форуме по нанотехнологиям, 6-8 октября 2009.

60. E.Bevers, P.Cool, E.F.Vansant. Stabilization of mesoporous TiO_2 by different bases influencing the photocatalytic activity// Microporous and Mesoporous Mater, V. 99, № 1-2, 2007, P. 112-117.

61. М.А. Пальцев. Нанотехнологии в медицине и фармации. Журнал «Ре медиум», (Россия) сентябрь 2008.

62. www.nanonewsnet

63. Б.С.Народицкий. Использование нанотехнологий в создании эффективных и безопасных профилактических и терапевтических вакцин. Сб. Тезисов докладов Второго международного форума по нанотехнологиям. 6-8 октября 2009 г. <http://rusnanoforum.ru>

64. В.П.Чехонин, В.П.Баклаушев, О.И.Гурина, С.В.Лебедев и др. Векторные наносистемы в нейробиологии. www.nanobionanomed.ru

65. Нанотехнологии. Обзорные статьи. Интервью, 2009, NanoNewNet

66. В.А.Мальцев, О.А.Нерушев, С.А.Новопашин, С.З.Сахапов, Д.В.Смовж. Синтез инкапсулированных в углеродную оболочку наночастиц металла. Материалы научно-практ.конф. с международным участием «Нанотехнологии и наноматериалы для биологии и медицины», 11-12 октября 2007, СибГУ, Новосибирск.

67. H.Gleiter. Nanocrystalline materials. Progres in Materials Science, 33, 1989, 223-315.

68. S.Tsantilis, S.E.Prastsinis, V.Hans. Simulation of synthesis of palladium nanoparticles in a jet aerosol flow condenser. Journal of Aerosol Science, 30, 1999, p.785-803.

69. L.Gerhardsson et al. Copper allergy from dental copper amalgam?//The Science of the Total Environment, 2002, Vol.290, p. 41-46.

70. Л.А.Дыкман, В.А.Богатырев //Успехи химии, т.76, № 2, 2007, с. 200.

71. Е.М.Благитко, В.А.Бурмистров, А.П.Колесников, Ю.И.Михайлов, П.П.Родионов. Серебро в медицине. – Новосибирск: Наука-Центр, 2004, 254 с.

72. Г.В.Одегова, В.А.Бурмистров, П.П.Родионов. Исследование состояния серебра в серебросодержащих антибактериальных препаратах арговит и аргогель. / «Применение препаратов серебра в медицине» - Сб. трудов по материалам научно-практ.конф. «Новые химические системы и процессы в медицине», Новосибирск, 2004, с.58-63.

73. А.А.Кореневский, В.В.Солрокин, Г.И.Каравайко Взаимодействие ионов серебра с клетками *Candida utilis*.// Микробиология, 62:6, 1993, с.1085-1092.

74. Е.М.Егорова, А.А.Ревина, Т.Н.Ростовщикова, О.И.Кисилёва. Бактерицидные и каталитические свойства стабильных металлических наночастиц в обратных мицеллах // Вестник Московского университета, сер.2,42:5, 2001, с. 332-338.

75. Yamamoto et al. Microwave-assisted preparation of silver nanoparticles // Chem. Lett., 33:2, 2000, p.158-159.

76. Г.М.Барыкинский. Эволюция серебра от ионов к наночастицам. Сб. трудов Научно-практической конф. «Нанотехнологии и наноматериалы для биологии и медицины», 11-12 октября 2007 г.

77. Г.М.Барыкинский. Некоторые особенности конструирования препаратов коллоидного серебра// Применение препаратов серебра в медицине/ Под ред. Родионова П.П., Новосибирск, 1994, с.89-99.

78. Г.П.Александрова и др. Биологически активные наноконпозиты серебра и железа как основа создания лекарственных препаратов нового поколения// Материалы научно-практ.конф. «Серебро и висмут в медицине», Новосибирск, 2005, с.49.

79. А.А.Ревина и др. Некоторые особенности воздействия кластерного серебра на дрожжевые клетки *Candida utilis*// ЕНЖ «Исследовано в России», 2005, pdf. 139.

80. А.Ф.Цыб. Лекарственные и радиофармацевтические препараты, создаваемые на основе наномолекулярных технологий.

Сб. тезисов докладов, стендовых докладов и докладов участников конкурса научных работ молодых учёных на Втором Международном форуме по нанотехнологиям, 6-8 октября 2009.

81. Равиндра К.Пандей. Нанотехнологии в области диагностики и лечения раковых заболеваний. Rusnanotech-08 – Сб. трудов Международного форума по нанотехнологиям, 6-8 октября 2009 г.

82. www.medlinks.ru

83. www.nanodigest.ru

84. П.Н.Лускинович. Нанотехнологии XXI века: аналитический обзор/ П.Н.Лускинович, П.В.Иванов, И.В.Волкова. М., ВНТЦ, 2001, 20 с.

85. Наноматериалы. Нанотехнологии. Наносистемная техника. Мировые достижения за 2005 год// Под ред.проф.П.П.Мальцева. М., Техносфера, 2006, 152 с.

86. Б.Мюллер. Технология, открывающая новую эпоху: нанотехника покоряет микрокосмос. Deutschland. 1999, № 3, с. 49-51.

87. www.interesnoe.info

88. Основы прикладной нанотехнологии //Под общей редакцией проф. В.И.Балабанова. М., МагистрПресс, 2007, 208 с.

89. Г.Г.Онищенко. Обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия населения в условиях расширенного использования наноматериалов и нанотехнологий. Сб. тезисов докладов, стендовых докладов и докладов участников конкурса научных работ молодых учёных на Втором Международном форуме по нанотехнологиям, 6-8 октября 2009.

90. Газета «Аргументы и факты», № 15, 2009, с.23.

91. Ю.Свириденко «Нано в будущем. Прогноз развития нанотехнологий с 2003 по 2050 гг». Опубликовано в Интернете 8 сентября 2004 г.

92. P.Mckeown. Nanotechnology: Step into the Future/ Нанотехнологии:Шаг в Будущее. М.: «Вильямс», 1999, с.27.

93. Нанотехнологии – предвестники новой научно-технической революции. «Строительная газета», № 44 от 17.11.2006.

3.2-§. НАНОТЕХНОЛОГИЯЛАР ЭЛЕКТРОНИКА ВА ҲИСОБЛАШ ТЕХНИКАСИДА

Нанoeлектроника ва ҳисоблаш техникасига кириш

«Нанотехнология» атамаси 1974 йилда япон олими Норё Танигути томонидан киритилган бўлиб, олим ундан алоҳида атомлар билан манипуляциялар олиб бориш ёрдамида янги объектлар ва материалларни куриш жараёнини тавсифлашда фойдаланишни таклиф этди. Нанометр – бу метрнинг миллиарддан бир қисми. Атом ўлчамлари нанометрнинг ўндан бир неча қисмига тўғри келади. Аввалги барча илмий-техник инқилоблар моҳияти шундан иборат эдики, инсон Табиат яратган механизм ва материаллардан тобора усталик билан андоза кўчирар эди. Нанотехнологиялар соҳасига ёриб кириш бутунлай бошқа манзарани юзага келтирди. Эндиликда инсон биринчи бор Табиат билмаган ва ярата олмаган янги материяни ярата бошлайди. Ҳақиқатан фан ўз-ўзини гашкил этиш ва ўз-ўзини бошқаришга асосланган жонли материяни куриш тамойилларини моделлаштиришга яқинлашди. Ҳозирда квант нуқталари ёрдамида тузилмаларни яратиш методи ўзлаштириб бўлинган ва бу ўз-ўзини ташкил этишнинг ўзгинасидир. Бионик приборларнинг яратилиши цивилизациядаги тўнтаришдан гувоҳлик беради.

Нанотехнология тушунчаси учун тўлиқ таърифни топиш, эҳтимол, мушкулдир, бироқ ҳозирда мавжуд бўлган микротехнологиялар билан қиёсан нанотехнология бу нанометрли ўлчамлар билан иш кўрадиган технологиялар дейиш мумкин. Нанометр шу қадар кичик ўлчамки, уни атом ўлчамлари билан солиштириш мумкин холос, унинг узунлиги кўриниб турган ёруғлик тўлқини узунлигидан юз марталаб кичик. Шунинг учун «микро»дан «нано» га ўтиш бу эндиликда микдорий эмас, сифатий ўтиш бўлиб, модда устида манипуляция олиб боришдан атомлар устида манипуляция олиб бориш томон кескин сакрашдир.

Халқаро бирликлар тизимида қабул қилинган олд кўшимчаларнинг келиб чиқишини кўриб чиқайлик. Дастлабки олд кўшимчалар 1793-1795 йилларда Францияда метрик ўлчов тизими қонунлаштирилганда киритилган эди. Бунда каррали ўлчов бирликлари учун олд кўшимчаларни юнон тилидан олишга, бўлинувчан ўлчов бирликлари учун эса лотин тилидан олишга келишилди. Ўша йиллари қуйидаги олд кўшимчалар қабул

килинган эди: *кило...* (юнонча *chilioi* - минг), *гекто...* (юнонча *hekaton* - юз), *дека...* (юнонча *deka* - ўн), *деци...* (лотинча *decem* - ўн), *санти...* (лотинча *centum* - юз), *милли...* (лотинча *mille* - минг). Кейинги йиллар давомида каррали ва бўлинувчан бирликлар сони ортди ва уларни белгилаш учун олд кўшимчалар номлари бошқа тиллардан ҳам ўзлаштирила бошланди. Қуйидаги олд кўшимчалар пайдо бўлди: *мега...* (юнонча *megas* - катта), *гига...* (юнонча *gigas, gigantos* - улкан), *тера...* (юнонча *teras, teratos* - баҳайбат, кўрқинчли), *микро...* (юнонча *mikros* - кичик, мўъжаз), *нано...* (юнонча *nanos* - карлик, митти, пакана), *пико...* (итальянча *piccolo* - майда, кичкина), *фемто...* (данияликлар тилида *femten* - ўн беш), *атто...* (данияликлар тилида *atten* - ўн саккиз). Охириг иккита олд кўшимча *пета...* ва *экса...* 1975 йилда қабул қилинди: «*пета*» ... (юнонча *peta* - беш, бу 10^3 дан бешта разрядга тўғри келади), «*экса*» ... (юнонча *hex* - олти, бу 10^3 дан олтига разрядга тўғри келади). Зепто- (*zepto-*) бўлинувчан метрик олд кўшимчаси 10^{-21} ни ифодалайди. Йокто- (*yocto-*) бўлинувчан метрик олд кўшимчаси 10^{-24} ни ифодалайди. Тушуниш янада осонроқ бўлиши учун қуйидаги жадвални келтирамиз:

3.3-жадвал.

Олд кўшимча	Олд кўшимчанинг белгиси		Кўпайтувчи	Кўпайтувчининг номи
	русча	халқаро		
Экса	Э	E	$10^{18}=1000000000000000000$	квинтиллион
Пета	П	P	$10^{15}=1000000000000000$	квадриллион
Тера	Т	T	$10^{12}=1000000000000$	триллион
Гига	Г	G	$10^9=1000000000$	миллиард
Мега	М	M	$10^6=1000000$	миллион
Кило	к	k	$10^3=1000$	минг
Гекто	г	h	$10^2=100$	юз
Дека	да	da	$10^1=10$	ўн
-	-	-	$10^0=1$	бир
Деци	д	D	$10^{-1}=0,1$	ўндан бир
Санти	с	C	$10^{-2}=0,01$	юздан бир
Мили	м	M	$10^{-3}=0,001$	мингдан бир
Микро	мк	M	$10^{-6}=0,000001$	миллиондан бир
Нано	н	N	$10^{-9}=0,000000001$	миллиарддан бир

Пико	п	P	$10^{-12}=0,000000000001$	триллиондан бир
Фемто	ф	F	$10^{-15}=0,000000000000001$	квадриллиондан бир
Атто	а	A	$10^{-18}=0,000000000000000001$	квинтиллиондан бир

Нанотехнологияларнинг ривожига ҳақида гап борганда, асосан учта йўналиш кўзда тутилади:

- фаол элементларга эга бўлган, ўлчамлари молекулалар ва атомларнинг ўлчамлари билан қиёслаб ўлчанадиган электрон схемаларни (шу жумладан ҳажмлиларини) тайёрлаш;
- наномашиналарни, яъни ўлчамлари молекуладай келадиган механизмлар ва роботларни ишлаб чиқиш ва ясаш;
- атомлар ва молекулалар устида бевосита иш олиб бориш (манипуляцияларни амалга ошириш) ва улардан барча мавжуд бўлган нарсаларни тайёрлаш.

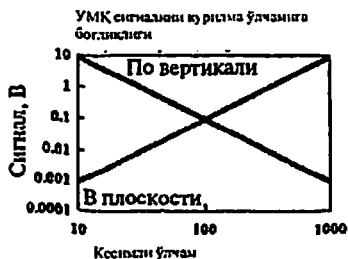
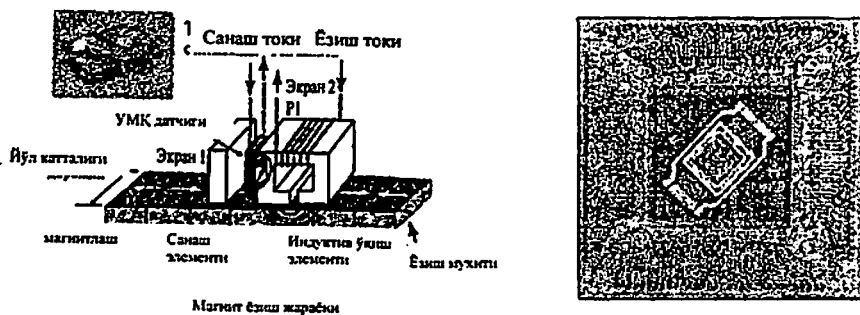
Бир пайтнинг ўзиде, ҳозирда ўлчамлари молекуладай келадиган фаол элементлар (транзисторлар, диодлар)ни яратиш ва улардан кўп қатламли уч ўлчамли схемаларни шакллантириш имконини берадиган нанотехнологик методлар жадал ривожланмоқда. Эҳтимол, «атомларни йиғиш» саноат масштабларида амалга ошириладиган биринчи соҳа айнан микроэлектроника бўлса, ажаб эмас. Гарчи ҳозирда бизнинг ихтиёримизда алоҳида атомлар устида манипуляциялар олиб бориш учун керакли воситалар бўлса-да, бироқ амалий жиҳатдан зарур бўлган бирон-бир нарсани йиғиш учун улардан «тўғридан-тўғри» фойдаланиш қийин бўлса керак: бунда авваламбор «монтаж» қилиш лозим бўлган атомлар микдорини айтиб ўтиш кифоя. Аммо ҳозирда мавжуд технологияларнинг имкониятлари бир нечта молекуладан қандайдир бир жуда содда механизмларни яратиш учун етарли. Бу механизмлар ташқаридан келган бошқарувчи сигналлар (акустик, электромагнит ва ҳ.к.) воситасида бошқа молекулалар устида манипуляцияларни амалга ошира оладилар ва ўзига ўхшаш қурилмалар ёки мураккаброқ механизмларни ярата оладилар. Булар эса, ўз навбатида, янада мураккаброқ қурилмаларни тайёрлай оладилар ва ҳ.к., пировард натижада бу экспоненциал жараён молекуляр роботларнинг яратилишига, яъни катта-кичиклигини йирикрок молекула билан қиёсласа бўладиган ва ичига ўрнатилган ўзининг

шахсий компьютерига эга бўлган механизмларнинг яратилишига олиб келади.

АҚШнинг Ярим ўтказгичлар саноати ассоциацияси ахборотга ишлов бериш қурилмалари (сигналлар датчиклари, процессорлар, эсда сақлаб қолиш қурилмалари, дисплейлар)нинг узлуксиз ривожланиш режасини ишлаб чиқди. Режа қурилмаларнинг узлуксиз кичрайиб боришини, таъсир тезлигининг ортисини ва энергия сарфининг пасайишини кўзда тутди. Режа муаллифлари ушбу соҳадаги барча ишлаб чиқарувчиларни интеграл микросхемаларни тайёрлаш соҳасида технологик характеристикаларни яхшилашнинг эмпирик қонуни (Мур қонуни) тўғри эканлигини исботлашга чақирдилар. Башоратларга кўра, 2012 йилга келиб, айрим қурилмаларнинг энг кичик компонентларининг чизикли ўлчамлари 50 нм гача пасайиши лозим. Бироқ айтиб ўтилган режада ривожланиш фақат 2006 йилгача (ва тахминан 100 нм ўлчамгача) кўрсатиб берилган, муаллифлар эса бундан узоқроқ муддатга истиқболларни белгилашдан ўзларини олиб қочадилар. Пол Пакман ўзининг яримўтказгичларни ишлаб чиқаришга бағишланган мақоласида (Science 285,2079 A999) таъкидлашча, «Мур қонуни шубҳа остига олинган» ва кейинги ўн йилликда яримўтказгичларнинг такомиллашиши «яримўтказгичлар техникасининг бутун тарихида энг жиддий муаммога айланади». Гап бораётган режа айнан нанотузилмаларга яқинлашганда яқун топади, чунки уларнинг ишлаш тамойиллари, тайёрлаш ва янада мураккаброқ тизимларга бирлашиш методлари ҳозирга қадар маълум эмас. Режада таъкидланишича, «яримўтказгичлар саноатининг янада ривожланиши ва АҚШ иқтисодиётининг ўсишида у тутган ўрни сақланиши учун бу соҳадаги илмий-тадқиқот ишларини федерал даражада қўллаб-қувватлаш талаб қилинади». Яна айтилишича, 100 нм дан кичик ўлчамлар соҳасида янги материаллар, қурилмаларнинг янги «архитектураси» ва янги турдаги технологик жараёнлар талаб қилинади.

Илмий кашфиётлар технологияларда фойдаланиш учун пишиб етиладиган вақт 10-15 йилни ташкил этади, ва шунга кўра бу соҳадаги келажак талабларига муносиб жавоб бера олиши учун ҳукумат айнан бугунги кунда нанофан ва нанотехнологияни молиялашни бошлаши лозим. Бунинг устига молиялаш вақт ўтиши билан ўсиб бориши керак, чунки фақат шундагина бошқа йўналишларда ҳам тараққиётга эришиши мумкин. Магнитли эсда

сақлаб қолиш қурилмалари бунинг ёрқин мисоли бўла олади. Фундаментал тадқиқотлар натижасида улкан магнит қаршилиги (УМК) билан боғлиқ физик ҳодиса кашф этилгандан кейин ўтган ўн йил мобайнида ушбу ҳодисага асосланган нанотехнология компьютер дисклари учун каллакчалар ишлаб чиқариш соҳасидаги эски методларни сиқиб чиқарди. Ушбу бозордаги янги технология улуши 1998 йилда 34 млрд долларни ташкил этди (3.49-расм).



3.49-расм. Улкан магнит қаршилиги ҳодисасидан ахборот технологияларида ёзиб олиш зичлиги юқори бўлган доимий хотира қурилмасини ишлаб чиқаришда фойдаланиш.

Нанотехнологиялардан электроника ва компьютер техникасида фойдаланиш қуйидаги соҳаларнинг тараққиётини таъминлаши мумкин:

— энергияни кам сарфлайдиган ва унумдорлиги анча юқори бўлган нанотузилмали микропроцессорларни ишлаб чиқариш;

— юқорироқ узатиш частоталаридан ва оптик диапазон частоталаридан янада самаралироқ фойдаланиш натижасида частоталар диапазонини камида ўн марта кенгайтириш мумкин

бўлади ҳамда бизнес, таълим, сайр-томошалар индустриясида катта ўзгаришларга эришиш имкони юзага келади;

— мультитерабитли хотира ҳажмига эга бўлган кичик ўлчамли эса сақлаб қолиш қурилмаларининг яратилиши компьютер иши самарадорлигини минг марта ошириш имконини беради;

— нанотузилмаларга асосланган датчиклар билан интеграллашган тизимларнинг яратилиши жуда кам энергия сарфлаб катта ҳажмдаги ахборотга ишлов бериш имконини яратади;

— ҳисоблаш техникасининг нанотехнологияларга боғлиқ ҳолда такомиллаштирилиши пилотсиз фуқаролик ва ҳарбий авиациянинг юзага келишига замин яратади, алоқа каналларининг ўтказиш имкониятининг оширилиши эса ахборот алмашинуви самарадорлигини оширади.

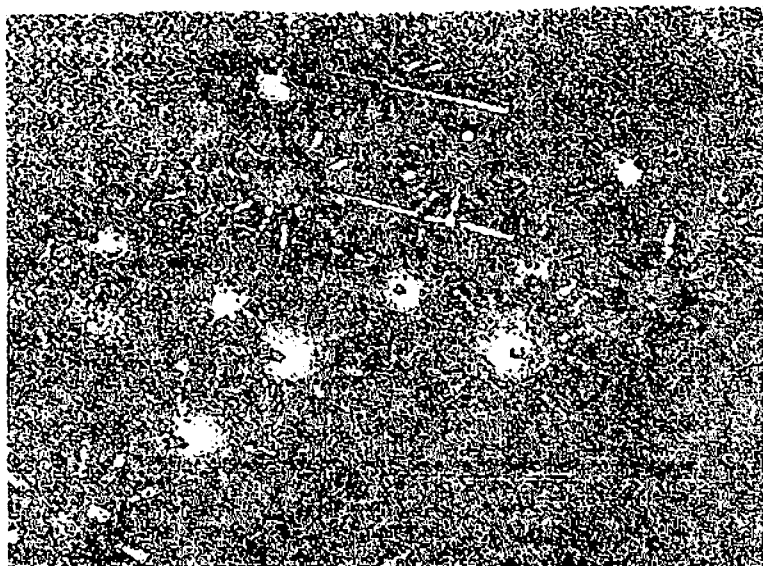
Квант ҳисоблаш қурилмалари. Нанотехнологияларга инвестициялар киритишнинг асосий сабабларидан бири ишлаб чиқарувчи фирмаларнинг юқорида айтиб ўтилган Мур қонунининг амал қилишини чўзиш истаги бўлди. Бу қонунга кўра микроэлектрон қурилмаларнинг ўлчамлари ҳар тўрт йилда икки марта кичрайиши лозим. Бундай кичрайиш суръатларида 2020 йилга келиб қурилмалар 10 нм ўлчамга етиши, 2035 йилга келиб эса улар атомлар катталигида бўлиши тахмин қилинади. Ҳақиқатда мантиқий қурилмаларнинг ушбу қонун бўйича такомиллашуви (яъни фақат ўлчамларнинг кичрайиши воситасида) ўлчамларнинг кичрайишида квант эффектларининг ошиб бориши натижасида анча олдин (тахминан 2012 йилга келиб) тўхташи лозим. Шунинг учун ЭҲМларнинг ҳисоблаш имкониятларини оширишда ахборотга ишлов беришнинг янги методларини ривожлантириш зарур. Бу соҳада энг истиқболли йўналиш квант ҳисоблаш қурилмалари бўлиши эҳтимолдан узоқ эмас. Бундай қурилмалар ғоясини 1980 йиллар бошида Ричард Фейнман таклиф этган эди. Бундай компьютерларда квант эффектлари ҳисоблашларни олиб бориш имкониятларини чекламайди, аксинча, кенгайтиради ва тезкорликни анча ошириш имконини беради. Одатдаги рақамли ЭҲМларда ахборот «0» ва «1» символларининг кетма-кетлиги кўринишида сақланади (ахборот бити ушбу рақамлардан бирининг танланишига мос келади). Квант битларидаги ахборот «0» ва «1» лар суперпозицияси сифатида ёзилади. Бу ҳолатларнинг аниқ

қийматлари бир пайтнинг ўзида ўлчаш лаҳзасида аниқланади. N та рақамли битлардан иборат кетма-кетлик 0 дан $2N-1$ гача бўлган интервалдаги ҳар қандай сонни ифодалаш мумкин бўлса, N та квант битлари ушбу барча $2N$ та сонларни бир пайтнинг ўзида ифодалаш мумкин. 300та шундай битга эга квант компютери элементлар сони 2300-10100 бўлган тизимни тавсифлаши мумкин. Бу бутун Коинотдаги атомлар сонидан кўп! Шунинг учун квант компютерлари ҳар қандай рақамли компютерга қараганда анча мураккаброқ масалаларни еча олади. Ҳозирда катта сонлар факториалларининг квант ҳисоблаш алгоритмлари ишлаб чиқилган. Улар тезкорликда рақамли компютерлар учун мўлжалланган алгоритмлардан анча устун туради. N элементдан иборат массивдаги маълумотларни қидиришда квант компютерларининг тезлиги рақамли компютерларникидан $N^{1/2}$ марта ортиқдир. Ҳозирда фақат атомар квант битларининг сони унча кўп бўлмаган қурилмаларда энг содда мантиқий квант операциялари амалга оширилади ва бундай ёндошув кенг кўламли квант ҳисоблашларига олиб кела олмаслиги ўз-ўзидан аён. Бироқ айнан нанотехнология кўп сонли квант битларини ишлаб чиқариш муаммосини ҳал қилиши ва ҳисоблаш техникасини Мур қонуни амал қилган сарҳадларга олиб чиқиши мумкин.

Нанотехнология ярим ўтказгичли ёки ўта ўтказувчан квант нуқталари (ёки «сунъий атомлар») дан матрицалар яратиш масаласига яқинлашиб қолди. Ушбу квант нуқталари квант битлари сифатида қўлланиши мумкин, бунинг учун қуйидаги шартлар бажарилиши лозим: 1) уларда квант эффеқтлари намоён бўлиши учун, улар наноўлчамли бўлиши керак; 2) матрицанинг барча квант нуқталари бир хил бўлиши керак; 3) квант эффеқтлари сақланиши учун, улар атроф қуршовдан ҳоли бўлиши керак. Алоҳида квант нуқталаридан квант битларини яратиш бўйича синовлар яқин йиллардаёқ натижа бера бошлаши мумкин. Агар бу иш содир бўлса, нанотехнология минглаб квант битларидан матрицалар тайёрлаш воситасини таъминлаб беради ва бунда, эҳтимол, квант компютерларининг яратилишини ҳам узоқ вақт кутмасак керак.

Янги микросхемалар учун уч ўлчамли нанотузилмалар 3.50-расмда олтин ва яримўтказгичли деталлардан, шунингдек фуллеренлардан ва олтин электродли тагликка ўрнатилган углерод трубкаларидан ишланган нанозаррачалар (заррачалар диаметри тахминан 5 нм келади) моделларининг тўплами кўрсатилган.

Моделлар лаборатория колбасида тиоллар иштирокидаги кимёвий жараёнлар йўли билан олтин молекулалари ва нанозаррачаларидан (тахминан 5 нм келади) ўз-ўзини йиғиш орқали олинадиган уч ўлчамли микроэлектрон схемаларни акс эттиради.



3.50-расм. Диаметри 5 нм келадиган уч ўлчамли нанозаррачалар моделлари. (© 1999, Mark Reed. All rights reserved.)

Наноқурилмалар, наноэлектроника, наносенсорлар. Наноқурилмаларнинг умумий тавсифини берар эканмиз, шуни айтиш мумкинки, улар электрик, магнит, механик ва биологик тизимларнинг чегаравий имкониятларидан технологик мақсадларда фойдаланиш имконини беради. Гарчи ҳозирги пайтда бундай қурилмалар асосан ахборот технологияларини эслатса ҳам, уларнинг реал имкониятлари фан ва техниканинг турли соҳаларига тегишли. Шундай вақт келадикки, наноқурилмалар энергияни қайта ўзгартириш, атроф муҳит ҳимоясини ташкил этиш, озиқ-овқат маҳсулотларини ишлаб чиқариш ва аҳолига тиббий ёрдам кўрсатиш жараёнларида муҳим ўрин тута бошлайди.

Сўнгги ўн йил мобайнида моддаларни «юқоридан пастга» қайта ўзгартириш малакаси, наноўлчамли тузилмалар синтези ва ўз-ўзини йиғиш соҳасидаги айрим қутилмаган кашфиётлар билан

қўшилиб, кўплаб кашфиётларнинг юзага келишига сабаб бўлди. Куйида улардан энг муҳим ва машҳурларини келтирамиз.

- Углеродли нанотрубкаларни яратиш (кейин эса уларни яратиш жараёнини бошқариш), шунингдек микроскоплар зондлари ва литографик методлардан олинаётган трубкаларни алоҳида электрон қурилмаларга йиғиш учун фойдаланиш имконияти кашф этилди [1—6].

- Сўнги 1-2 йил мобайнида олимлар синчиклаб қурилган алоҳида молекулаларни тегишли электродлар орасидаги тирқишга жойлаш ва ушбу молекулалардан заряд олиб ўтилишини ўлчамли ўргандилар [7, 8].

- Зондли методлар ҳамда модданинг айрим атомлари ўртасида манипуляцияларни амалга ошириш ва нанотузилмаларни яратиш иши қизгин ривожланди [9—13].

- Нанокристаллар синтезининг кимёвий методлари ва уларни янада йирикроқ ва тартиблироқ тузилмаларга бирлаштириш методлари ишлаб чиқилмоқда [14].

- Биомолекулалар ва устама молекуляр тузилмалар наноқурилмаларининг ишлаб чиқаришда қўлланиши [15].

- Биокимёвий «молекуляр двигателлар»нинг ажралиб чиқиши ва уларнинг нобиологик муҳитга қўшилиши [16,17].

Ҳозирги пайтда фаолияти наноўлчамли ҳодисалар билан боғлиқ бўлган микроэлектрон ва телекоммуникацион қурилмаларнинг кўплаб мисолини келтириш мумкин. Бундай қурилмаларни «бир ўлчамли» нанотехнологиялар маҳсули деб аташ мумкин, чунки улар микрометрли масштабдаги объектлар бўлиб, уларнинг усти нанометр диапазонидаги қалинликда плёнка билан қопланган. Бироқ физика ва электроникага оид адабиётларда уларни «икки ўлчамли» тизимлар деб аташ одат тусига кириб қолган, чунки улар иккига классик (ёки нормал) ва битта квант (яъни наномасштабли) ўлчамга эга. Бундай классификацияда наносимлар бир ўлчамли объектлар деб, квант нукталари эса нуль ўлчамли объектлар деб аталади. Айрим чалкашликларга йўл қўйиш хавфи бўлса-да, бу ерда биз барибир наноқурилмаларни йирик масштабли ўлчовлардан келиб чиқиб эмас, балки наноўлчамли ўлчовлардан келиб чиқиб синфларга бўламиз. Шунинг учун икки ўлчамли тизимларни (масалан, икки ўлчамли электрон газ ва потенциал квант чуқурларини) биз бир ўлчамли нанотехнологияларга, наносимларни икки ўлчамли ва квант нукталарини уч ўлчамли

нанотехнологияларга мансуб деб оламиз. Қуйида кўриб чиқилган мисолларда электронлари тез ҳаракатланувчи транзисторлар, биполяр транзисторлар, резонансли туннель диодлари ва квант ўраларига эга оптоэлектрон қурилмалар (хусусан, лазер ва детекторлар) ҳақида гап боради. Мана шундай қурилмаларни ишлаб чиқиш соҳасидаги сўнги ютуқлар улкан магнит қаршилиги (УМК) эффектидан фойдаланиш билан боғлиқ, бунда магнит майдонининг юқори таъсирчан датчиклари сифатида наномасштабли магнитли ва магнитсиз материалларнинг алмаши-ниб келадиган қатламларидан иборат нанотузилмалар қўлланади. Спин бўйича қутбланишган электронлар магнит қатламлари орасидан бир нечта нанометрли масофага олиб ўтилганда, бундай тузилмалар магнит майдонининг энг кичик ўзгаришларини ҳам сезади, бунда ушбу ўзгариш компьютер дискида сақланаётган ахборот битига тенг бўлади. Бундай УМК-тузилмаларнинг қўлланиши қаттиқ дисklarга магнитли ёзиш қурилмаларининг саноат йўли билан ишлаб чиқарилишини тубдан ўзгартириб юбориши мумкин. Маълумки, ҳозирда АҚШда бундай ишлаб чиқаришдан келадиган даромад йилига 30—40 млрд. долларни ташкил этади [18—21]. Сўнги ўн йилликда бир ўлчамли наномасштабли тузилмалар (юпқа пленкалар, юзалар ва фазалараро чегаралар)ни атом аниқлигида бошқариш имкониятлари анча ортди. Битта наноўлчовдан иккита ёки учтасига ўтиш осон эмас, бироқ олинажак фойда улкан даражада бўлиши мумкин. Уч ўлчамли нанотузилмаларни яратиш соҳасида қуйидаги муҳим натижаларга эришилди:

- кулон блокадасининг квант эффекти топилганлиги ва хона ҳароратида ишлайдиган бир электронли эсда сақлаб қолувчи ва мантикий элементларнинг яратилиши [22—24];

- сканловчи зонднинг шчупларини (шчуп - механизмларда деталлар оралиғини ўлчайдиган асбоб) механик ва литографик ахборот сақлаш воситалари учун мўлжалланган йирик матрица-ларга бирлаштириш [25, 26].

- тақикланган зонанинг фотон энидаги яримўтказгичли тузилмаларнинг тайёрланиши [27];

- нанозарчаларнинг юқори таъсирчан газ датчикларига интеграллашуви [28].

Материаллар ва қурилмаларда наномасштабли ҳодисаларни тадқиқ этиш учун ушбу масофа масштабидаги электр, магнит ва фотон алоқалари ҳақида имкон даражада аниқ тасаввурга эга бўлиш

лозим. Мавжуд бўлган барча экспериментал, назарий ва модели ёндошувлардан фойдаланиш, шунингдек наноқурилмалар ва уларнинг алоҳида компонентларини тавсифлаш ва таҳлил этишнинг янги методларини ишлаб чиқиш керак. Жумладан, уч ўлчамли электрон микроскопия ва атом спектроскопияси методларини янада ривожлантириш талаб қилинади. Яқин ўн йилликда яримўтказгичли, магнит ва фотон наноқурилмаларининг молекуляр даражада функционал тармоқ ва чипларга интеграциялаш методлари ривожлантирилади, деб ҳисоблаш мумкин.

Кўпчилик замонавий биотехнологик методлар нано-электроника ва наноқурилмаларга боғлиқ. Наноқурилмалар биологик компонентларга эга бўлади, биологик тизимларни эса нозлектрон қурилмалар, нанозондлар ва датчиклар ўрғанади ва бошқаради. Наномеханик ва нанобиомеханик тизимларнинг ривожланиши ҳам анча илгарилаб кетишини кутиш мумкин. Бу тизимлар ўз тавсифларига кўра тегишли макроскопик объектлардан анча фарқ қиладиган бўлади.

Наноқурилмалар космик техникада катта аҳамият касб этади. Бу соҳада уларнинг қўлланиши микрометрдан миллиметрغاча бўлган диапазонда ўлчовлар ва манипуляцияларни амалга ошириш аниқлигини таъминлаши лозим (<http://www.ipt.arc.nasa.gov>; <http://www.cism.jpl.nasa.gov>). Бундай турдаги айрим наноқурилмалар жанговор шароитда оператив вазиятни кузатувчи датчиклар ва приборлар сифатида ҳам қўлланиши мумкин. Ва, ниҳоят, нанометрли қурилмаларнинг яратилиши бошқа наноўлчамли объектлар устида манипуляцияларни амалга ошириш ва уларга ишлов беришда, яъни ҳозирда СТМ-сканерлайдиган тунел микроскоплар ва АКМ-атомли-кучлантирилган микроскоплар ёрдамида амалга оширилаётган операцияларни бажаришда катта аҳамиятга эга. Бундай қурилмаларни яратиш йўлидаги биринчи қадам микромашиналарга нанометрли электрон бошқариш қурилмаларининг киритилиши бўлмоғи лозим.

Ахборот технологиялари соҳасида наноқурилмалар иккита вазифани бажаради: улар ахборотга ишлов бериш тизимларининг янги архитектурасини ривожлантиришни талаб қилади ва бир пайтнинг ўзида бунга ёрдам беради. Ҳисоблаш тизимлари архитектурасида парадигмаларнинг янгиланишига дастлабки мисоллар сифатида қуйидаги ғояларни келтириш мумкин: ҳисоблаш квант қурилмалари ғояси [29—31], квант нуқталарида

хужайравий автоматлар ғояси [32, 33], молекуляр электроника ғояси [34] ва ДНК занжирларидан фойдаланиб амалга ошириладиган ҳисоблашлар ғояси [35, 36]. Бундай ҳисоблаш тизимларининг архитектураси ахборот технологиялари ёрдамида ҳал этилиши мумкин бўлган масалалар турини тубдан ўзгартириб юборади. Ҳисоблаш тизимларининг янги турдаги архитектурасининг самарали жорий этилиши янги турдаги наноқурилмаларнинг ишлаб чиқилишини талаб этади.

Бир қатор қурилмаларнинг пайдо бўлиши ривожланиш парадигмаларида ўзгариш ясади дейиш мумкин. Булар магнитли квант дисклари [37], оптик коммуникацион қурилмалар самарадорлигини ошириш имконини берадиган бир фотонли тизимлар [39], биологик ва нобиологик объектларни ўзида бирлаштирган интерактив турдаги тузилмалар ва қурилмаларнинг кенг синфи [40,41], оддий занжирларнинг янада тежамлироқ архитектурасини яратиш учун нанокомпонентлар [34]. Сўнгги пайтда наноўлчамли бирикмалар ва мантиқий молекуляр элементларга эга бўлган наноқурилмаларнинг тадқиқотлари анча кенгайди, шунингдек бундай қурилмаларнинг янги ишлаш тамоиллари (масалан, спин электроникаси) таклиф этилди.

Кўп ҳолларда наноқурилмаларни ўрганиш ва тайёрлаш мураккаб ва қиммат апаратурадан фойдаланишни талаб этади, шунинг учун инфратузилма тадқиқотчиларнинг шундай апаратурадан фойдалана олишларига, шунингдек лойиҳалаштирилаётган қурилмалар прототипларининг тез тайёрланишига имкон яратиши лозим. Бундан ташқари, тадқиқот натижалари анъанавий илмий фанлар мутахассислари томонидан баҳоланиши ғоят муҳим. Шунинг учун турли фан соҳаларида олинган натижаларнинг, ўзаро алмашинувини осонлаштирадиган ва тезлаштирадиган дастурларни таъсис этиш лозим. Наноқурилмалар ва нанотизимларни яратиш иши нанотехнологиянинг энг мураккаб масалаларидан биридир. Уни ҳал қилиш учун фундаментал қонуниятларни ўрганиб чиқиш, тегишли материалларни синтезлаш методларини ишлаб чиқиш, функционал қурилмаларни тайёрлаш учун синтезланган материаллардан фойдаланиш ва бундай қурилмаларни ишлаб турган тизимларга интеграция қилиш лозим. Шунинг учун бундай тадқиқотлар ва ишланмалар муваффақиятга эришиши учун уларни узоқ муддат давомида молиялаш талаб қилинади. Шундай барқарор фикрлар борки, уларга кўра айрим

тадқиқотчиларни ҳам молиялаш, шу билан бир қаторда фанлараро гуруҳларни ҳам қўллаб-қувватлаш лозим. Тадқиқотларни ташкил этиш ва уларни қўллаб-қувватлаш устуворликлари қуйидагилардан иборат:

- берилган функцияларни бажариш учун янги тизимлар ва архитектураларни ривожлантириш;
- нанотузилмаларни қурилмалар ва тизимларга бириктириш ва ичига ўрнатиш тизимларини ўрганиш;
- мураккаб нанотузилмалар хулқ-атворини кўп масштабли ва кўп факторли моделлаштириш ва имитация қилиш (ўхшатиш);
- тадқиқотларни ташкил этишда ҳам, прототипларни ишлаб чиқаришда ҳам вертикал ва горизонтал (фанлараро) алоқали йўналишларда (улар юқорида санаб ўтилди) олиб бориладиган ишларни қўллаб-қувватлаш учун молиявий консорциумлар ёки марказларни ташкил этиш;
- нанотехнология бўйича тадқиқий ва таълимий дастурларда тизимли ёндошувни ривожлантириш.

Молекуляр электроника. Агар электрон қурилмаларнинг ўлчамлари бундан кейин ҳам экспонента бўйича кичрайиб бораверса, бу ҳолда яқин ўн йилликларда улар молекула ўлчамларига яқинлашади.

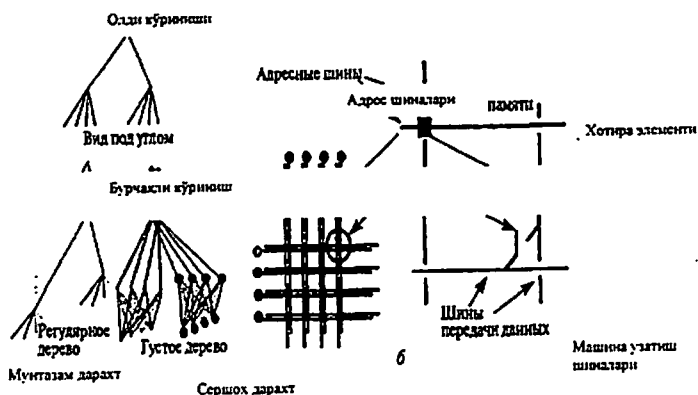
Шубҳасиз, бунинг учун бундай қурилмаларни яратишнинг физик тамойилларида ҳам, уларни саноат йўли билан ишлаб чиқариш методларида ҳам кескин ўзгаришлар содир бўлиши лозим. Бу аввалам бор шунинг билан боғлиқки, ҳозирги замон электроникаси классик механикага асосланади, бир вақтнинг ўзида молекуляр даражадаги электронлар эса механик квант объектлари сифатида олиб қаралиши керак. Бундан ташқари, шуни ҳам ҳисобга олиш керакки, электрон қурилмаларни ишлаб чиқариш қиймати уларга бўлган талабдан кўра тезроқ ортиб боради, шундан келиб чиқиб, арзонроқ ишлаб чиқариш методларини ишлаб чиқиш лозим.

Шундай қилиб, молекуляр электроника соҳасидаги тадқиқотларнинг аҳамияти ортиб бормоқда. Маълумки, бу соҳада электрон квант қурилмалари даврий кимёвий жараёнлар натижасида синтезланган деталлардан яратилади. Бу деталлар кейинчалик ўз-ўзини йиғиш ва ўз-ўзини тартибга солиш ёрдамида талабдаги электрон схемаларга бирлаштирилади. Молекуляр электрониканинг мақсади – алоҳида молекулалар (переключателлар) ва углеродли нанотрубкалар (симлар) дан электрон схемаларни йиғиш. Агар

ушбу мақсадга эришилса, эҳтимол, хотирасининг ёзиб олиш зичлиги ҳозирги қурилмалардан миллион марта юқорироқ бўлган қурилмалар пайдо бўлади. Бунда истеъмол қилинаётган электр қуввати миллиардлаб марта камаяди (масалан, комплиментар МОП-тузилмалардаги оддий яримўтказгичли схемаларга нисбатан). Энергияга боғлиқ бўлмаган хотира ҳажмининг шу даражада кескин ортиши айрим ҳолларда компьютерда ишлашни ғоят соддалаштириши мумкин бўлар эди.

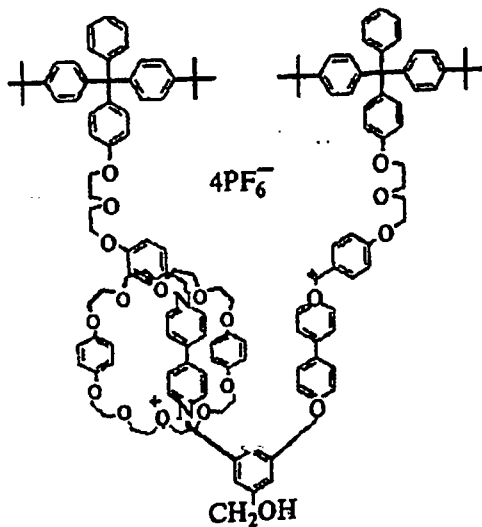
Кўрсатиб ўтилган жараёни амалга оширишда асосий тўсиқ шундаки, тизимни кимёвий ишлаб чиқариш ва йиғишда «нуқсонли» компонентлар ва бирикмаларнинг юзага келиши тайин. Биринчи бор бундай тўсиқ 1998 йилда «Компьютерларнинг нуқсонларга бардошли архитектураси: нанотехнология учун имкониятлар» номли мақолада [42] кўриб чиқилган эди. «Хьюлетт-Паккард» фирмаси ва Лос-Анжелас университетининг тадқиқотчилари оддий компьютернинг кремний чиплари билан аниқ ишлаш имкониятларини кўп сонли ишлаб чиқариш нуқсонлари мавжуд бўлган ҳолда таҳлил қилдилар ва молекуляр электроника қурилмалари ёрдамида муаммони ҳал қилиш архитектурасини таклиф этдилар (3.51-расм), бу таклиф кимёвий йўл билан йиғиш мумкинлигини (умуман олганда) тасдиқлайди.

Компьютерга хос бўлган архитектура мураккаблигига эришиш учун шиналар тузилмасига дарахтнинг муайян элементларини боғловчи переключателлар киритилади. Шиналарнинг бундай тузилмаси, кремнийли схема қўлланганда, иккита мутлақо мустақил шиналар тизимига (адресли шиналар ва маълумотларни узатиш шиналари) эга бўлиши керак. Схема шундай тузилганки, переключателларнинг нормал ишини таъминлаш учун у муттасил кучланиш таъсирида бўлиши лозим, ва шунинг учун ҳар битта переключатель еттита транзисторга эга бўлиши керак.



3.51-расм. Нуқсонларга бардошли электрон схеманинг мантиқий конструкцияси: а — нуқсонли элементни четлаб ўтиш имконини берадиган дарактсмон архитектура (унда ҳар бир элемент бирон-бир мантиқий табақаланиш даражасида кейинги даражанинг ҳар бир элементи билан боғланган бўлади; б — мунтазам тузилма ҳосил қиладиган ўзаро кесишган шиналардан фойдаланиб, дарактсмон архитектурани амалга ошириш (ушбу мунтазам тузилмага ўхшаши кимёвий методлар билан олиниши мумкин).

1999 йилда юқорида айтиб ўтилган худди шу лабораториялар («Хьюлетт-Паккард» фирмаси ва Лос-Анжелес университети) тадқиқотчилари бундай тизимнинг энг муҳим элементининг, аниқроғи мутлақо «қурук» муҳитда амал қилишга қодир бўлган молекуляр переключателнинг ишлай олишини экспериментал асосда намойиш этдилар [43]. 3.52-расмда мантиқий вентиль кўрсатилган бўлиб, у ўзгарувчан конфигурацияли молекуляр переключателлар жамланмасидан иборат. Ушбу молекуляр переключателларнинг ҳар биттаси электрокимёвий фаол ротаксан молекулаларининг металл электродлар орасида жойлашган моноқатламидан иборат.

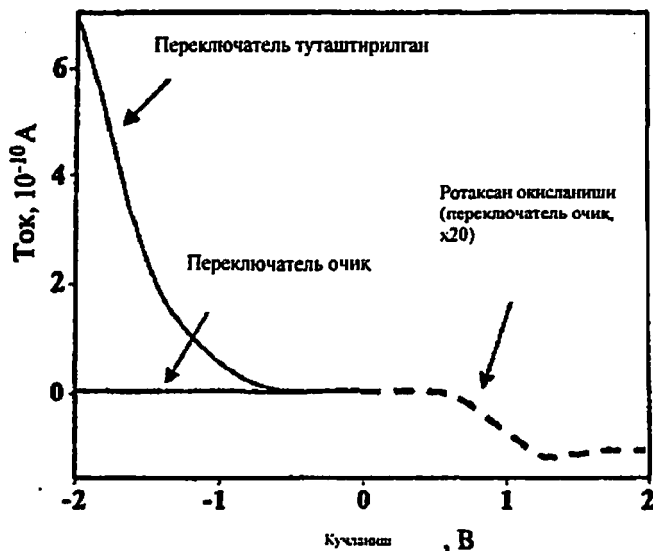


3.52-расм. Ротаксан I деб аталувчи молекуляр переключателнинг атом тузилмаси.

Кимёвий тикланган ҳолатда (переключатель туташтирилган, яъни берк), бўш орбиталлар ўртасида резонанс тунеллашиш туфайли, тизим ўтказувчан бўлади. Оксидланган ҳолатда (переключатель узилган), барьер ҳосил бўлиши туфайли, тунеллашиш мумкин бўлмайди. Қаттиқ жисмли схемадаги бундай переключатель молекула эни бўйлаб тегишли кучланиш берилганда, туташади [44,45].

3.53-расмда шундай турдаги переключателнинг ишчи тавсифи келтирилган. Туташтирилган ҳолатда ток молекулаларнинг электрон ҳолатлари ўртасидан резонанс тунеллаш воситасида ўтади. Молекулаларни оксидланган ҳолатга келтирадиган кучланиш берилганда, переключатель асл ҳолатга келмайдиган бўлиб узилади. Бундай ҳолда молекулалар энергияга тобе хотирловчи қурилма сифатида намоён бўлмаслиги сабабли, уларни ўрнатиш ва ҳолатини ўқиб олиш учун кремнийли схемаларнинг фақат битта жамламасига эга бўлиш лозим ва умуман олганда, битта молекула оддий кремнийли схемадаги еттита транзистор ўрнини босиши мумкин. Бундай переключателлар иши намоён этилганда шу нарса аён бўлдики, улар ВА ва ЁКИ мантқиқий

схемаларга бирлаштирилиши мумкин (тегишинча мантиқий кўпайтириш ва мантиқий қўшиш учун).



3.53-расм. «Ёқилган» ва «ўчирилган» ҳолатидаги кўп сонли молекуляр переключателларнинг вольт-амперли тавсифи.

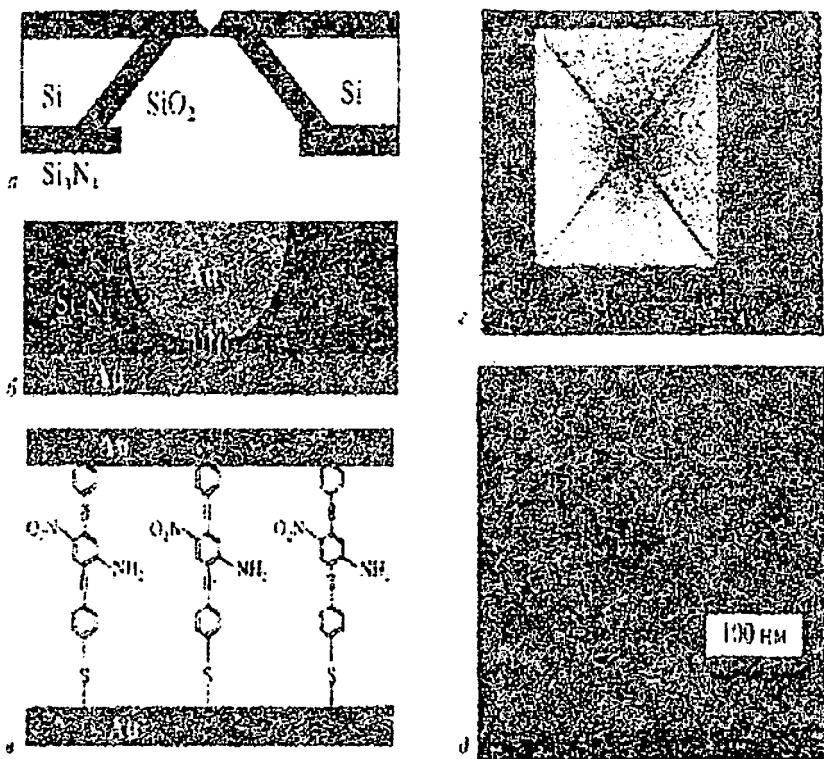
Дастлаб, молекуляр переключателлар туташтирилган ҳолатда бўлганда, манфий кучланиш (молекулалар эни бўйлаб берилган) «катта» ток ҳосил қилади, бу ток берилган кучланишнинг ортиши билан экспоненциал тарзда ортади. Вольт-амперли тавсифнинг бу участкаси молекула эни бўйлаб йўналтирилган кучланиши $+1$ В дан ошмагунча, юқори даражадаги қайта тикланиши хусусиятига эга бўлади. Бундай кучланишда переключателларнинг асл ҳолига қайтмайдиган окисланиши юз беради, шундан сўнг мантиқий кучланишнинг берилиши «кичик» токнинг оқиб ўтишига олиб келади, бу эса переключателларнинг узилган ҳолатидан дарак беради.

Бундай переключателларнинг юқориги ва пастки чегаралари тегишинча 15 ва 30 кўпайтувчилари билан фарқланади.. Бу эса оддий мантиқий элементлар учун хос бўлган худди шундай кўрсаткичлардан анча баланд.

Микробирикувлар ва ўз-ўзини йиғишларнинг энг янги методларидан фойдаланиш молекуляр схемаларда электрон кўчишини тадқиқ этиш имконини берди [46, 47]. Жумладан, юзага учлари билан маҳкамланган молекуларлар орқали электрон ўтказувчанликни ҳар хил шароитларда ўлчаш ишлари олиб борилди: СТМ шчупида, махсус ишлов берилган кремнийнинг наноғоваклариди [48] ва СТМ зондлари орасида [8, 49]. Зондларни яқинлаштириш бўйича экспериментларнинг кўрсатишича, алоҳида молекуладан 0,1 мкА гача ток оқиб ўтиши мумкин экан [8]. Бирок, юқорида келтирилган барча ҳолатларда молекуларнинг электрон тавсифлари оддий диодларникига тўғри келади, бу эса уларни электрон схемаларда қўллашга яроқсиз қилиб қўяди. Фақат яқиндагина тадқиқотчилар етарли даражада катта ва амалий жиҳатдан қўлласа бўладиган электрон қурилмаларни яратишга муваффақ бўлдилар. Уларда молекулар фаол компонентлардир, чунки улар қайта уланиш хусусиятига эгалар [50]. Наноўлчамли қурилмаларни тайёрлашнинг ушбу жараёни ўзига хос хусусиятга эга бўлиб, бу хусусият ушбу жараёнда кам сонли молекуларнинг (1000тага яқин) қатнашиши билан белгиланадики, бу нуқсонларнинг пайдо бўлиш эҳтимолини бартараф этади.

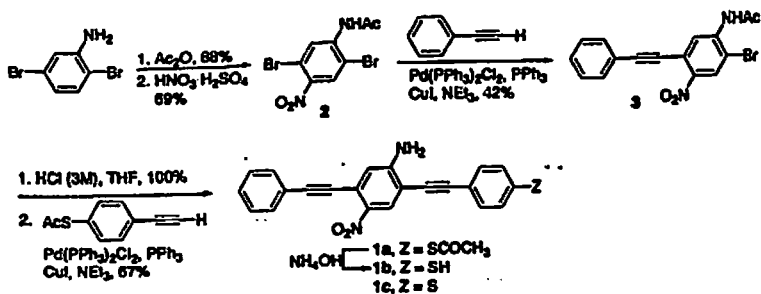
Ишлаб чиқилган метод юзанинг ҳолати устидан олиб бориладиган назорат ишончли ва яратилган ички контактлар турғун бўлиши мумкинлигини кўрсатди. Метод наноқурилмаларни етарли миқдорда ва юқори самарадорликда ишлаб чиқариш имконини беради ҳамда статистик жиҳатдан ишончли натижаларга эга бўлиш имкониятини яратади (3.54-расм).

Электрон схемаларининг фаол компонентлари олтин тагликда чўктирилган органик бирикмалардан синтезлаш йўли билан олинди. Бу метод 3.55-расмда кўрсатилган. Олинган Au-(Ic)-Au қурилмаларининг (3.56-расмга қаранг) вольт-ампер тавсифи (60 К даги) аралаштирувчи кучланиш йўналиши ўзгарганда, тўлик қайтувчан, яъни асл ҳолига келадиган бўлади. Бу маълумотлар молекулар фаол зона ҳосил қилиб, унинг ичида пик-долин (reacto-valley ratio, PVR) нисбати 1000:1дан ортиқ бўлган қурилмаларда катта миқдордаги манфий дифференциал қаршилиқ (МДҚ) мавжудлигини биринчи бор экспериментал тарзда исботлаб беради.

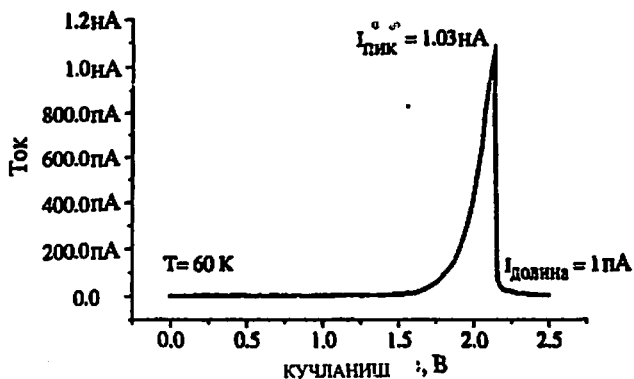


3.54-расм. Наноқурилмаларни тайёрлаш схемаси:

- а — нанотешикли (наноғовакли) кремнийли пастинканинг кесими (бунда нанотешик кремний нитриди суспензиясини мембрана орқали ўтказиб тезоблаш, яъни ўйиш воситасида олинади);
 б — нанотешик соҳасида Au-ЎЙМ-ўзи йиғиладиган моноқатлам - Au га ўтиш; в — электродлар ўртасида маҳкамланган 1с бирикмага эга бўлган ЎЙМ фаол зонасининг катталаштирилган тасвири ;
 г — кремнийли пластинани анизотроп тезоблашдан кейин ҳосил бўлган Si атомлардан тузилган пирамидал структуранинг СЭМ-сканерлайдиган электрон микроскоп тасвири, бу а структуранинг пастдан қарагандаги кўринишига тўғри келади; д — мембранани кремний нитриди билан тезоблаш воситасида ҳосил бўлган наноғовак СЭМ-тасвири [50].



3.55-расм. Фаол молекуляр бирикмалардан бири ва унинг Аа-с аждодларининг синтези схемаси.



3.56-расм. Аи-В'-амино-4-этинилфенил-4'-этинилфенил-5'-нитро-1-бензолтиолат)-Аи курилмасининг 60 К даги вольт-амперли тавсифи. Токнинг йўл қўйиладиган энг юқори зичлиги = 50 А/см^2 , $\text{ОД С} = 400 \text{ мкОм} \cdot \text{см}^2$, PVR нисбати 1030:1 ни ташкил этади [50].

Демак, бундай тузилмаларнинг очик-ойдин афзалликлари уларнинг ниҳоятда мўъжаз тузилмага эга бўлганидир. Бундан ташқари бундай тузилмалар ўз ишчи тавсифларига кўра кенг тарқалган кремнийли курилмалар ҳамда гетеротузилмага эга бўлган ва резонансли тунеллашадиган қаттиқ жисмли квант схемаларидан анча устун туради, бунда уларнинг кўрсатиб ўтилган нисбати камдан-кам ҳолларда 100:1дан ошишини айтиш кифоя.

Тузилмаларнинг ДНКлар бошқарувида йнгилиши: ишлаб чиқаришни ташкил этиш имкониятлари (М. Дж. Хеллер1). ДНК-чиплар ва ДНК-микроматрицалардан фойдаланадиган турли технологиялар генетика ва диагностикага оид тадқиқотларда тезгина қўллана бошлаши, шунингдек нанотехнологияларга асосланган ишлаб чиқаришларни ташкил этишда муҳим ўрин тутиши мумкин. ДНК-чиплар ва ДНК-микроматрицалар деганда ҳар хил қурилмалар кўзда тутилади. Уларда ДНКнинг ҳар хил занжирлари қаттиқ жисмли ташувчида (шиша, кремний, пластик ва ҳ.к.) микроскопик форматда маҳкамланган бўлади. ДНК-матрицалар ДНКнинг чип устида жойлашган 100 дан 100 минггача турли сайтларидан (кичик участкалардан) иборат. Чиплар турига қараб, ушбу сайтлар ўлчамлари 10 мкм дан (бундан майдарок сайтларни ҳам маҳкамлаш мумкин) 100 мкмгача (ва ундан ортик) ораликда ўзгариши мумкин, бунда ҳар бир сайт ДНКнинг 100тадан 109тагача аминокислотали кетма-кетлигини ўз ичига олади. ДНК-гибридлаш намуналарида ДНК матрицаси ДНКнинг номаълум мақсадли кетма-кетликларидан иборат намуна эритмаси билан алоқа қилади. Агар ҳар қандай кетма-кетлик матрицадаги кетма-кетликларга комплементар бўлса, гибридланиш содир бўлади ва номаълум кетма-кетлик ўзининг матрицадаги ҳолатига қараб аниқланади.

ДНК-чиплар ва ДНК-матрицаларни ишлаб чиқишга кўпчилик компаниялар, шу жумладан, Affimetrix, PE Applied Biosystems, HySeq, Nanogen, Incyte, Molecular Dynamics ва Genometrix компаниялари киришдилар. Улар ишлаб чиқараётган ДНК-чипли қурилмалар геномлар тадқиқотида, фармакогенетика, янги дориларни ишлаб чиқиш, генлар таҳлили, суд-тиббиёт амалиёти, шунингдек юкумли, ирсий ва саратон касалликларини диагностика қилишда қўлланилмоқда.

Ҳар бир сайтда бошқариладиган электр майдонларини яратадиган электрон фаол ДНК матрицалари янги авлодининг наноишлаб чиқаришни ташкил этишда истиқболи порлок. Бундай фаол микроэлектрон қурилмалар зарядланган молекулалар (ДНК, РНК, оқсиллар, ферментлар), нанотузилмалар, хужайралар ва микрометр ўлчамдаги заррачаларни берилган сайтдан қурилма сиртига ва аксинча олиб ўтишга қодир. ДНКни гибридлаш реакцияси ўтказилаётганда бундай қурилмалар шундай электр майдонларини яратадиларки, улар чип юзасидаги муайян сайтларда

ДНК молекулаларининг ўз-ўзини йиғишини йўналтириб турадилар. Ушбу фаол қурилмалар ДНК молекулаларининг янада мураккаброк уч ўлчамли тузилмаларга бирлашиши учун асос вазифасини бажаради. ДНК молекулалари мустақил равишда ўз-ўзини йиғишга майл кўрсатадилар ҳамда турли молекуляр электрон ва фотон агентлари томонидан модификацияланиши мумкин. ДНК молекулалари янада йирикроқ нанотузилмаларга, шу жумладан металл ва органик заррачалар, нанотрубкалар, микроструктуралар ва кремнийли юзаларга бириктирилиши мумкин. Умуман олганда, фаол микроэлектрон матрицалар ва ДНК-модификацияланган компонентлар олим ва муҳандисларга янада йирикроқ кремнийли ва яримўтказгичли тузилмаларнинг берилган участкаларида икки ўлчамли ва уч ўлчамли молекуляр электрон схемалар ва қурилмаларнинг ўз-ўзини йиғишига амалга ошириш имконини беради (3.57-расм).

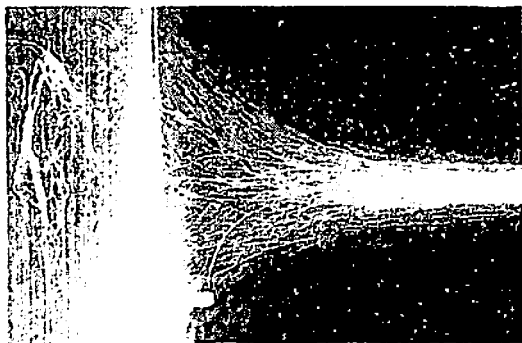


3.57-расм. Чиплардаги нанотузилмаларнинг бошқариладиган яратилиши (Nanogen фирмаси, Inc).

Шундай қилиб, ДНК томонидан электрон бошқариладиган ўз-ўзини йиғиш технологиясидан фойдаланиш мумкин бўлган соҳалар

жуда кенг. Яқин келажакда бу технология фотон ва микроэлектрон қурилмаларини тайёрлаш учун, узоқ истикболда эса молекуляр электр занжирлари ва қурилмаларини тайёрлашда қўлланиши мумкин.

Электроникада нанотрубкалар. Нанотехнологиялар-нанотрубкалар элементлари. Таркибига наноўлчамли элементлар киритилган бетон пластмасса, бўёқларни биз наноматериаллар деб атаймиз. Агар механизмнинг амал қилиш тамойилини амалга оширадиган марказий ҳалқаси шундай элементлардан таркиб топса-чи?



3.58-расм. Углеродли нанотрубка.

Вазифаси ва бажарилишига кўра турли-туман бўлган механизмларда углеродли нанотрубкалардан (УНТ) тайёрланган сунъий мушак айнан мана шундай ҳалқа бўлиши мумкин(3.58-расм). Далласнинг Техас университети қошидаги Нанотехнологиялар институти директори Рэй Богман бир неча йиллар давомида бу ғоя устида ишлаб келмоқда. Аввал у УНТларнинг бетартиб тутамини яратишга муваффақ бўлди. Тутам тузилишининг батартиблигини ошириш устида бетиним иш олиб борган олим мушаксимон тузилма олишга эришди. Бу мушаксимон тузилма узунлиги тахминан 100 нм келадиган ҳамда ингичка ва узун «макроиплар»га буралган вертикал йўналишдаги зич тахланган УНТлардан иборат калава ип кўринишига эга. Умуман олганла у ҳақиқий мушакка ўхшайди; ўхшашлик яна шунда намоён бўладики, «УНТ-мушак» электр токи воситасида бошқарилади: ток ўтганда, УНТлар, ўз турларидан келиб чиқиб, бир-биридан қочади ёки бир-бирига тортилади. Иплар, наноқоғозга қараганда, 150 марта

пишиқрок чикди. Бирок асосий гап бунда ҳам эмас. «Нанотрубкали мушак» ниҳоятда кучли – албатта, солиштирма ўлчамда. У табиий мушакдан 10 марта кўпроқ ва 1000 марта тезроқ чўзилиш қобилиятига эга. Сиқилганда у худди шундай энлама кесимга эга бўлган табиий мушакникидан 30 марта ортиқ кучланиш ҳосил қилади. Бизнинг мушакларимиз секундига 10-20% сиқилади, УНТдан ясалган «мушак»нинг сиқилиши эса 30 000-40 000%ни ташкил этади.

Агар бунга яна азотнинг суюлишидан тортиб то металлнинг эришигача бўлган «гайриинсоний» диапазондаги ишчи температураларни кўшсак, бу ҳолда, нафақат бурлақлар ва докерларнинг, балки электр- ва гидросимли роботларнинг ҳам ҳавфли рақобатчиси пайдо бўлганини тўшуниш қийин эмас.

Шунинг учун Богман ишланмасини қўллашга доир кўплаб таклифлар орасида – бунда ҳеч бир кутилмаган таклифлар ҳам учрайди – наномеханизмлар учун приводлар сифатида «УНТ-мушак»лардан фойдаланиш таклифи унча қизиқарли ва долзарб бўлиб кўринмайди (3.58-расм).

Нанотрубкалар энергия манбаи сифатида. Агар углеродли нанотрукаларни ёнадиган модда плёнкаси билан қоплаб ёқиб юборилса, қудратли энергия манбаига эга бўлиш мумкин. Массачусетс технология институти тадқиқотчилари электр энергияси олишнинг янги усулини ишлаб чиқдилар.

Углеродли нанотрубкани юпқа қатламли ёнилғи билан қоплаб, ва бир учини электр учкуни ёки лазер чакнаши билан ўт олдириб, нанотрубканинг ички бўшлиғи бўйлаб тарқаладиган иссиқлик тўлқинини ҳосил қилиш мумкин(3.59-расм).

Бу иссиқлик тўлқини йўлига тушиб қолган электронларни итаради ва шу тахлитда сезиларли электр токини ҳосил қилади. Ҳозирги пайтдаёқ прототипларда литий-ионли батареяларнинг худди шундай кўрсаткичидан юз марта ортиқ энергия зичлиги намоён бўлади, бундай манбадаги энергиянинг сақланиш муддати қанча хоҳласа, шунча узоқ бўлиши мумкин, чунки токнинг чиқиб кетиши ва ўз-ўзидан разрядка бу ўринда бўлмайди. Ҳозирда муҳандислар ёнилғи қатламининг оптимал турларини танилаш устида иш олиб бормоқдалар ҳамда мана шу асосда қандай қилиб кўп марталаб ишлатиладиган элемент яратиш устида ўйламоқдалар. Бунинг учун янги қатламни юза устига қандай қилиб автоматик тарзда югуртириш усулини ўйлаб топиш лозим.

Нанотрубкалар асосидаги транзисторлар. Шу нарса яхши маълумки, электрон микросхемаларни тайёрлаш учун аъъанавий кремнийли пленар технология айрим элементларни янада кичрайтириш бўйича ўзининг назарий чегарасига жуда яқин келди. Бундан кейин нанометрлар бирлигидаги ўлчамлар ҳақида гап боради: катта-кичиклиги бўйича алоҳида олинган молекула билан қиёсланадиган транзистор. Ва бу ўринда, бошқа «талабгорлар» қаторида, саҳнага яна углеродли нанотрубкалар (УНТ) чиқади. УНТлардаги транзисторлар прототиплари ҳозирда яратиб бўлинган; улар ўзларининг кремнийли «аждоглари»дан анча кичик бўлибгина қолмай, балки уларни тез амал қилиши билан ҳам орқада қолдиради(3.60-расм).

УНТ ёрдамида дала транзисторини яратиш мумкин. Унинг амал қилиш тамойили аъъанавий дала транзисторининг ишига айнан ўхшаш; фарқи шундаки заряд ташувчиларини олиб ўтиш канали сифатида углеродли трубка хизмат қилади. Бундай транзисторнинг энг оддий схемаси расмда кўрсатилган.

Транзистор қуйидагича ясалади. Кремний пластинкасига бир жуфт электрод – кирувчи оқим ва чикувчи оқим – туширилади, улар ўртасига нанотрубка жойлаштирилади. Пластинанинг ўзи затвор (қулф) сифатида хизмат қилади. Одатий ҳолатда канал ёпиқ бўлади, чунки тешиқлар учун потенциал барьер мавжуд бўлади. Ўтказувчанлик зонаси ва валент зонаси эни бир нечта эВ келадиган таъқиқлаш зонаси билан ажратилган. Аммо затворга УНТ жойлашган ерда электр майдони ҳосил бўлишига олиб келадиган кучланиш берилса, унинг зонавий диаграммаси қайта қурилади, у яхши ўтказгичга айланади. Шундай қилиб, затвордаги кучланишни ўзгартириб, нанотрубканинг ўтказувчанлигини бошқариш ва тегишинча транзисторни ёқиш ёки ўчириш мумкин бўлади. Бу транзисторнинг кремнийли транзистордан нимаси яхшироқ? Биринчидан, УНТ-транзисторнинг ишлаш тезлиги кремнийли транзисторлардан анча юқори. Айрим баҳоларга кўра, нанотрубка I ТГц частотада ишлаши мумкинки, бу замонавий компьютерлар тезлигидан бир неча юз марта ортик. Ҳозирги пайтга келиб нанотрубкаларга асосланган қурилмалар яратиб бўлинган. Улар 30 ГГц гача частотада ишлайди, бу эса ҳозирги энг яхши процессорнинг шундай частотасидан бир карра юқори. Бунга пан отрубкалардаги электронларнинг юқори ҳаракатчанлиги эвазига эришилади (кремнийда бу параметр 1400 см²/В-с ни ташкил этса,

нанотрубкаларда у 100 000 смУВ-с га яқин). Иккинчидан, кремнийли элементларни мўъжазлаштиришнинг назарий чегараси 12 нм ни ташкил этади. УНТ учун бундай чегара йўқ, улар асосидаги элементлар ўлчамлари молекула ўлчамларига етиши ва тенглашиши мумкин. Катта-кичиклиги 18×1 нм келадиган транзисторлар яратиб бўлинди. Улар, ҳатто уларни тайёрлаш технологиясини унча ўзгартирмай туриб ҳам, кўпчилик параметрлар бўйича ўлчамлари анча катта бўлган кремнийли транзисторлардан ёмон ишламайди. Учинчидан, УНТ асосида транзисторларни ишлаб чиқариш жараёнини кремнийли элементларнинг ишлаб чиқарилишига қараганда анча соддалаштириш мумкин. Бунга транзисторларни NEC компанияси томонидан ишлаб чиқариладиган углеродли нанотрубкалардан таркиб топган бўёқ билан босиш технологияси туфайли эришилади. Ҳозирги пайтда транзисторни бутунча, электродлар, изоляция қатламлари ва УНТ дан канатлар билан биргаликда, босиб чиқариш имконияти мавжуд. Яратилаётган технологиянинг шубҳасиз афзаллиги шунда бўладики, атроф муҳитга ажралиб чиқаётган захарли моддалар миқдори кескин камаяди; масалан, карбонат ангидрид газининг отилиб чиқиши, айрим ҳисоб-китобларга кўра, 90%гача камайтирилиши мумкин. Бундан ташқари, бирон-бир қўшимча элементларсиз, ўз-ўзича транзистор функциясини бажариши мумкин бўлган У-симон нанотрубокаларни синтезлаш имконияти мавжуд. Бундай транзисторнинг нурланувчи электрон микроскопдаги фотосурати ва схемаси 3.60-расмда келтирилди. Бундай тузилмаларни яратиш учун тайёр УНТга каталитик фаол титаннинг нанозаррачалари ўрнатилади. Бу нанозаррачалар шаклланиб бўлган трубка сиртида иккинчи «шоҳ»нинг ўсиб чиқиш нуқтаси вазифасини бажаради. Нанотрубка «танаси»га кучланиш берилганда, электронларнинг бир шоҳдан иккинчисига оқиб ўтиши тўхтайдди. Нанотранзистор «танаси»нинг нулли потенциали тикланиши биланок, ток «шоҳ»лар бўйлаб яна ҳаракатлана бошлайди. Шундай қилиб, бу тузилма дала транзистори қандай ишласа, худди шундай ишлайди. Шунинг учун нанотрубкаларнинг шоҳлаб кетган тармоқларидан компьютерлар учун чиплар яратиш имконияти мавжуд бўлиб, улар ўзининг ўта ихчамлиги ва ўта юқори тезлиги билан ажралиб туради. Биз ҳисоблаш ва телекоммуникация технологияларидек кенг ва муҳим соҳада ҳақиқий инқилоб бўсағасида турган бўлсак, ажаб эмас.

1. Iijima, S. 1991. Helical microtubules of graphitic carbon. *Nature* 354:56.
2. Guo, T. et al. 1995. Catalytic growth of single walled nanotubes by laser vaporization. *Chem. Phys. Lett.* 243:49.
3. Tans, S. J. et al. 1997. Individual single-wall carbon nanotubes as quantum wires. *Nature* 386:474.
4. Bockrath, M., et al. 1997. Single electron transport in ropes of carbon nanotubes. *Science* 275:1922.
5. Collins, P. G., A. Zettl, H. Bando, A. Thess, and R. E. Smalley. Nanotube nanodevice. *Science* 278:100.
6. Martel, R., T. Schmidt, H. R. Shea, T. Hertel and P. Avouris. 1998. Single- and multi-wall carbon nanotube field effect transistors. *Appl. Phys. Lett.* 73A7):2447.
7. Bumm, L. A., J. J. Arnold, M. T. Cygan, T. D. Dunbar, T. P. Burgin, L. Jones II, D. L. Allara, J. M. Tour, and P. S. Weiss. 1996. Are single molecular wires conducting? *Science* 271:1705-1707.
8. Reed, M. A., et al. 1997. Conductance of a molecular junction. *Science* 278:252.
9. Stroschio, J. A., and Eigler, D. 1991. Atomic and molecular manipulation with the STM. *Science* 254:1319.
10. Lyo, I.-W., and Avouris, P. 1991. Field-induced nanometer to atomic-scale manipulation of silicon surfaces with the STM. *Science* 253:173.
11. Jung, T. A., et al. 1996. Controlled room-temperature positioning of individual molecules: Molecular flexure and motion. *Science* 271:181.
12. Cuberes, M. T., et al. 1996. Room temperature repositioning of individual C60 molecules at Cu steps: Operation of a molecular counting device. *Appl. Phys. Lett.* 69:3016.
13. Resch, R., et al. 1998. Manipulation of nanoparticles using dynamic force microscopy: Simulation and experiment. *Appl. Phys. A* 67:265.
14. Murray, C. B., et al. 1995. Self organization of CdSe nanoparticles into three dimensional quantum dot superlattices. *Science* 270:1335.
15. Mao, C, et al. 1999. Ananomechanical device based on the B-Z transition of DNA. *Nature* 397:144.

16. Noji, H., et al. 1997. Direct observation of the rotation of F1-ATPase. *Nature* 386:299.
17. Spudich, J. A. 1994. How molecular motors work. *Nature* 372:515.
18. Prinz, G. A. 1998. Device physics-magnetolectronics. *Science* 282:1660.
19. Disktrend. 1998. <http://www.disktrend.com>.
20. Gurney, B., and E. Grochowcki. 1998. Spin-valve sensors take up where MR heads leave off. *Data Storage*, September, 59.
21. Grochowcki, E. 1998. Emerging trends in data storage on magnetic hard disk drives. *Datatech*, 11.
22. Guo, L. J., et al. 1997. A single electron transistor memory operating at room temperature. *Science* 275:649.
23. Jeon, E., et al. 1995. Observation of quantum effects and Coulomb blockade in silicon quantum dot transistors at temperatures over 100K. *Appl. Phys. Lett.* 67:938.
24. Matsumoto, K., et al. 1996. Room temperature operation of a single electron transistor made by the STM nanooxidation process for the TiOx/Ti system. *Appl. Phys. Lett.* 68:34.
25. Lutwyche, M., et al. 1998. Microfabrication and parallel operation of 5x5 AFM cantilever arrays for data storage and imaging. In *Proc. MEMS98, IEEE 11th Annual International Workshop on MEMS*, 8.
26. Minne, S. C., et al. 1996. Independent parallel lithography using the AFM. *J. Vac. Sci. Technol. B* 14:2456.
27. Sievenpiper, D. F., et al. 1998. 3D metallo-dielectric photonic crystals with strong capacitive coupling between metallic islands. *Phys. Rev. Lett.* 80:2829.
28. Dong, L. F., et al. 1997. Gas sensing properties of nano-ZnO prepared by arc plasma method. *Nanostruct. Mater.* 8:815.
29. Shor, P. 1994. Algorithms for quantum computation: Discrete logarithms and factoring. In *Proc. 35th Annu. Symp. Foundations of Computer Science*, 124.
30. DiVincenzo, D. 1995. Quantum computation. *Science* 270:255.
31. Gershenfeld, N., and I. L. Chuang. 1997. Bulk spin resonance quantum computation. *Science* 275:350.
32. Lent, C, and D. Tougaw. 1997. A device architecture for computing with quantum dots. In *Proc. IEEE* 85:541.

33. Orlov, A. O., et al. 1997. Realization of a functional cell for quantum dot cellular automata. *Science* 277:928.

34. Ellenbogen, J. C and J. C. Love. 1999. Architectures for molecular electronic computers:

1. Logic structures and an adder built from molecular electronic diodes. McLean, VA: The MITRE Corporation, Report MP 98W0000183. July. See also references cited in the extensive bibliography in this work. (Available on the Internet at: [http://www.mitre.org/technology/nanotech/.](http://www.mitre.org/technology/nanotech/))

35. Adleman, L. 1994. Molecular computation of solutions to combinatorial problems. *Science* 266:1021.

36. 1998. Computing with DNA. *Scientific American* 279:34.

37. Chou, S., and P.R. Krauss. 1996. Quantum magnetic disk. *J. Magn. Mater.* 155:151.

38. Kim, J., et al. 1999. A single-photon turnstile device. *Nature* 397:500.

39. Gimzewski, J. K., et al. 1998. Rotation of a single molecule within a supramolecular bearing. *Science* 281:531.

40. Alivisatos, A. P., et al. 1996. Organization of nanocrystal molecules' using DNA. *Nature* 382:609.

41. Mucic, R. C, et al. 1998. DNA-directed synthesis of binary nanoparticle network materials. *J. Amer. Chem. Soc.* 120:12674.

42. Heath, J. R., P. J. Kuekes, G. S. Snider, and R. S. Williams. 1998. A defect-tolerant computer architecture: Opportunities for nanotechnology. *Science* 280:1716-1721.

43. Collier, C P., E. W. Wong, M. Belohradsky, F. M. Raymo, J. F. Stoddart, P. J. Kuekes, R. S. Williams, and J. R. Heath. 1999. Electronically configurable molecular-based logic gates. *Science* 285:391-394.

44. Balzani, V., M. Gomez-Lopez, and J. F. Stoddart. 1998. Molecular machines. *Ace. Chem. Res.* 31:405.

45. Credi, A., V. Balzani, S. J. Langford, and J. F. Stoddart. 1997. Logic operations at the molecular level. An XOR gate based on a molecular machine. *J. Am. Chem. Soc.* 119:2679.

46. Aviram, A., and M. Ratner, eds. 1998. Molecular electronics: Science and technology. *Annals of the New York Academy of Sciences*, Vol. 852. New York: New York Academy of Sciences.

47. Petty, M. C, M. R. Bryce and D. Bloor, eds. 1995. An introduction to molecular electronics. New York: Oxford University Press.

48. Zhou, C, M. R. Deshpande, M. A. Reed, L. Jones II, and J. M. Tour. 1997. Nanoscale metal/self-assembled monolayer/metal heterostructures. *Appl. Phys. Lett.* 71:611.

49. Kergueris, C, et al. 1999. Electron transport through a metal-molecule-metal junction. *Phys. Rev. B* 59J12505.

50. Chen, J., M. A. Reed, A. M. Rawlett and J. M. Tour. 1999. Large on-off ratios and negative differential resistance in a molecular electronic device. *Science* 286:1550—1552.

МУНДАРИЖА

Сўз боши.....	3
---------------	---

I- боб. Хужайра тизими

1.1-§. Хужайра.....	8
1.2-§. Органик кимё хазинаси ҳақида.....	26
1.3-§. Хужайрадаги органик моддалар.....	62
1.4-§. Метаболизм йўллари.....	76
1.5-§. Вирус ва бактериялар	90

II- боб. Хужайра кибернетикаси

2.1-§. Хужайра бошқаруви тизими.....	100
2.2-§. Математик моделлар.....	114
2.3-§. ЭҲМ ва хужайра тузилиши.....	135
2.4-§. Хужайра бўлиниши модели.....	136
2.5-§. Хужайранинг ўз-ўзини бошқариш усулларини ЭҲМда таҳлил этиш.....	150

III- боб. Нанотехнологиялар

3.1-§. Нанотехнологиялар XXI аср тиббиётида Адабиётлар	167
3.2-§. Нанотехнологиялар электроника ва ҳисоблаш техникасида	256
Адабиётлар	282

**В.Қ.ҚОБУЛОВ, А.В.ҚОБУЛОВ,
С.С.ҚОСИМОВА**

ҲУЖАЙРА КИБЕРНЕТИКАСИ. НАНОТЕХНОЛОГИЯЛАР

Тошкент – «Fan va texnologiya» – 2011

**Мухаррир: Ф.Исмоилова
Тех. муҳаррир: А.Мойдинов
Мусаввир: Ҳ.Ғуломов
Мусахҳиҳа: М.Ҳайитова
Компьютерда
саҳифаловчи: Ш.Мирқосимова**

Нашр.лиц. АЛ№149, 14.08.09. Босишга руҳсат этилди. 24.03.2011.

Бичими 60x84 ¹/₁₆. «Times Uz» гарнитураси.

Офсет усулида босилди. Шартли босма табоғи 18,0.

Нашр босма табоғи 18,5. Тиражи 1000. Буюртма № 70.