

117 16809

А. И. ОПАРИН
Члан Академије наука СССР
Професор Московскога универзитета

ПОСТАНАК ЖИВОТА НА ЗЕМЉИ

БИБЛИОТЕКА
Јована Л. Симовљевића
бр. 66

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ
бр. 30.629
БИБЛИОТЕКА



ПРОСВЕТА
ИЗДАВАЧКО ПРЕДУЗЕЋЕ СРБИЈЕ
БЕОГРАД 1947

УВОД

Питање порекла живота, појаве првобитних живих бића на Земљи, већ давно, још од најстаријих времена, занима човекову мисао. Може се слободно рећи да то питање спада у најкрупније проблеме природних наука. Нема ниједног религиозног или филозофског система, ниједног већег мислиоца, који томе питању није посветио озбиљну пажњу. Овакво или онакво решење проблема порекла живота, један или други одговор на питање како су поникла жива бића што насељавају нашу планету, нужно се намеће сваком мисаоном човеку. Без тога одговора није могуће изградити коначни поглед на свет.

Као и у ранијим временима, и данас су путеви којима иде човечанство у тежњи да реши тај проблем, одређени пре свега тиме како се схвата сама суштина живота: као манифестација неког вишег духовног принципа, или као појава материјална по својој природи, слично осталим појавама у свету. Та два става, — став идеализма и став материјализма, — не могу се измирити. Отуда се око питања порекла живота, без обзира на различита решења у разним епохама и на разним ступњевима културе, увек јављала оштра филозофска борба која је собом јасно одражавала борбу друштвених класа.

У току читаве историје развитка човекове мисли, идеализам је истакао два начела од којих су полазили филозофи тог табора у расправљању питања порекла живота. Прво начело се састоји у томе да се жива бића стварају, да постају одједном путем самозачећа у потпуно организованом и дефинитивно изграђеном облику из неживе, неорганске материје коју формира, одухотворује или одуховљава неки духовни принцип.

По другом начелу, напротив, живот се никада не може родити из неживе, неорганске материје. Живот је вечан јер у себи оваплоћује вечни духовни принцип, „апсолутну идеју“ или „свест“. Он само мења своје облике, прелазећи са једног живог бића на друго путем рађања.

Изгледа на први поглед да су ова два начела сасвим различна међ собом, штавише супротна једно другом. У суштини, она почивају на истој филозофској основи, на идеји о првобитном постојању „духа“. Само је са гледишта „самозачећа“ могуће претпоставити да се „дух“ може споља уселити у неорганску материју и одуховити је, оживети на тај начин; према теорији вечности живота дух се, слично вечитом огњу Весте, може само непрекидно преносити са једног живог бића на друго.

Материјализам који сматра да је живот по самој својој природи материјалан, прилази питању порекла живота са савршено других позиција, принципијелно различитих од свега напред реченог. Али и овде треба разликовати две основне гране, два основна правца којим је ишла човекова мисао у решавању питања порекла живота. По једноме (механистички материјализам), живот је првобитна нераздвојна особина сваке материје. Свеколика материја се одликује животом (хилозоизам). Према томе, појава живих бића из неорганског материјала не би стварно значила појаву живота, него просто изграђивање његових облика које се врши чисто механичким путем. Жива бића би се образовала из већ живог материјала неорганске природе. Отуда се она могу најједном јавити у већ потпуно организованом облику (спонтано родити), слично кристалу који се издваја из матичног раствора. Према томе, механистички материјализам допушта могућност самозачећа организама (ако не данас, онда бар у прошлости, у удаљеним периодама постојања Земље); али насупрот идеализму, он сматра да се образовање живих бића врши под дејством одређених материјалних, физичких сила, или као резултат случајног, али сасвим одређеног комбиновања материјалних честица.

Други правац материјализма (дијалектички материјализам) сматра да живот претставља особени облик постојања материје у кретању. Тај се облик јавља као нови квалитет материје у процесу њеног историског развитка. На тај начин дијалектички материјализам насупрот механизму, усваја гледиште да живот стварно постаје. Живот није могао вечито постојати, али се исто тако не може примити ни могућност спонтаног зачећа организама као резултат дејства духовног принципа, или њиховог механичког формирања непосредно из неорганских материја. Првобитна жива бића поникла су из неживе материје, али су се она могла образовати само као резултат дуге еволуције, само као одређени ступањ, одређена етапа у њеном историском развитку. Отуда је појави живота морала претходити дуга еволуција материје, при чему су се у процесу еволуције јављали све нови квалитети подложни све сложенијим законитостима.

Филозофска борба која се води око проблема порекла живота није попустила ни данас. Напротив, то се питање у току последњих деценија поставило у сасвим оштром облику. Полазећи од Дарвиновог учења, савремена биологија је прикупила огроман чињенични материјал који непобитно доказује да су виши облици биљака и животиња, међу њима и сам човек, произишли на путу дуге еволуције од најпростијих живих бића. Само собом се намеће питање одакле су произишла и како су настала та прва најпростија бића?

У светској литератури посвећеној томе питању, још и данас се сусрећу поборници сва четири горе наведена гледишта. У даљем излагању, пошто укратко додирнемо само најзначајније моменте из историје проблема, ми ћемо обратити главну пажњу његовом савременом стању, особито питању о томе уколико објективне чињенице до којих је наука дошла у последње време, оповргавају или потврђују поједине од горе наведених праваца којима је ишла човекова мисао у тежњи да реши проблем порекла живота.

ГЛАВА I

ТЕОРИЈЕ САМОЗАЧЕЋА ЖИВОТА

„Свакодневно искуство, непобитна очевидност, — пише у својој интересантној књизи Е. Липман [1], — показивали су у току хиљада година да се Сунце окреће око Земље. То је изгледало толико тачно да се у том погледу нису могле јавити никакве сумње. Исто је тако изгледало сасвим очевидно и то да се живо, под повољним околностима, јавља из неживог. Тај „факт“ је изгледао толико несумњив да није било никаквог повода за ближе упознавање са том појавом. Отуда се код различитих народа свих крајева света сусреће чврсто уверење, често засновано на посматрањима, да простије животиње, ниже као и више, могу постати саме од себе.“

Површина свакодневна посматрања околне природе толико снажно утичу на људске појмове да се веровање у могућност саморађања различитих живих бића из свих могућих врста материје у распадању, сусреће стварно код свих народа и на најразличитијим ступњевима културе. То се веровање провлачило кроз хиљаде година и сачувало чак до данашњег времена. Још и у нашим данима, у доба процвата егзактних природних наука, просечни становник и најкултурнијих земаља често пута је убеђен у то да се црви јављају сами од себе у ђубрету и у трулој материји, и да се различити паразити у домаћем кругу спонтано рађају из отпадака и ђубрета сваке врсте. Површном посматрању из отпадака и ђубрета сваке врсте. Површном посматрању измиче чињеница да су отпаци и ђубре само место где паразити полажу своја јаја из којих ће се развити ново потомство тих живих бића.

Није тешко разумети какав је огроман значај имало то свакодневно наивно искуство у стварању појмова код старих народа, кад природа још није била проучавана у детаљима, није се подвргавала анализи и рашчлањавању него узимала у целини, онако како је дата у непосредном чулном опажању. Управо таквим су путем старогрчки филозофи при-

ступали питању порекла живота. За њих није постојала никаква сумња да се жива бића не само рађају од себи сличних него и да постају сама од себе. Отуда се у делима већине филозофа старе Грчке, почев од Милећана па све до Епикура, сусрећу непосредни наповештаји у погледу порекла различитих животиња и биљака из земље, воде, блата и трулих материја сваке врсте. Тако на пр., већ је најстарији претставник јонске школе, Талес (рођ. око 630, умро око 550 до наше ере) учио да се жива бића рађају под утицајем топлоте из хаотичног првобитног муља [2]. Други Милећанин Анаксимандар (611—547 до н. е.) тврдио је да све живо постаје из морског муља [3]. Ксенофан (565—473 до н. е.) је учио да се сви организми стварају из земље и воде [4]. По Анаксагори (око 500—428 до н. е.), биљке, животиње и људи проистичу из муљевите земље која је оплођена „старским клицама“ што доспевају у земљу из ваздуха са кишном водом [5]. Емпедокл (око 485—425 до н. е.) претпоставља могућност саморађања биљака и животиња из неорганизоване материје [6]. По Демокриту (460—370 до н. е.), органски свет је поникао из воде и влажне земље на коју су деловали атоми живе и оживљавајуће ватре [7].

Указивања на могућност спонтаног постанка најразноликијих живих бића сусрећу се нарочито много код Аристотела (384—322 до н. е.). [8]. По томе филозофу, биљке свуда постају саме од себе из земље као материјала који им је најближи; али је исто тако могуће посматрати спонтани постанак и читавог низа животиња. Обични црви, ларве пчела, осаца, а такође и крпељи, свитци, и разноврсни други инсекти постају по Аристотелу из росе, приликом труљења блата и ђубрета, из сувог дрвета, длака, зноја и меса. Свакојаке глисте постају из делова тела која се распадају и из екскремената. Комарци, мухе, мољци, водени цветови, бубе балегари, бубе кантариде, буве, стенице и ваши (делом као одрасле, делом као ларве) настају из муља извора, река и мора, из хумуса поља, из плесни и ђубрета, из трулог дрвета и трулих плодова, из животињског измета и прљавштине сваке врсте, из сирћетног талоба, а исто тако и из старе вуне.

Не само инсекти и црви него и сложеније грађена жива бића могу по Аристотелу постати путем самозачећа. Ракови и различити мекушци настају из влажне земље и муља који се распада; јегуље и многе друге рибе — из морског муља, песка, блата и водених биљака које труле. Чак и жабе, а под одређеним условима и даждевњаци, могу да се створе из преврелог муља. Мишеви се рађају из влажне земље. На сличан начин постају и нека друга виша жива бића.

Па ипак, на све те изложене тврдње о пореклу живих бића из неорганизоване материје треба гледати као на резултат непосредног опажања појава околне природе. Филозофско образложење тих појава далеко је превазилазило оквире теорија самозачећа и садржавало у себи клице свих оних концепција које су се доцније биле развиле у односу на питање порекла живота. Основни принцип милећанских филозофа (Талес, Анаксимандар, Анаксимен) састојао се у признавању објективног постојања материје која собом претставља вечно живи и вечно променљиви првобитни принцип. Отуда то што они говоре о постајању живих бића из муља и блата, не треба схватити као првобитно постајање у буквалном смислу речи, јер је за те филозофе свет жив од самог свог почетка. Већ овде се дакле јављају елементи схватања вечности живота. То схватање код Милећана носи ипак стихиско-материјалистички карактер, пошто они одричу могућност одуховљавања материје споља, од стране ма какве божанске силе.

Принцип вечности живота нарочито је био развио Анаксагора у своме учењу о „панспермији“. Према томе учењу, није могуће ни постајање ни уништавање живота. Стварање биљака и животиња из муљевите земље није саморађање у правом смислу те речи. За такво стварање је неопходно да материја буде оплођена непролазним, непроменљивим и бескрајно ситним семенима („спермата“), „етарским клицама“ које добијају живот од небеског огња. Те су клице свуда расејане и падају на земљу из ваздуха са кишном водом. У извесном смислу принцип вечности живота није далеко ни од Емпедокла који је учио да жива бића постају из супстанци додуше неорганизованих али ипак живих, и то било од „себи подобних“ путем рађања, било од „себи неподобних“ (путем самозачећа), у коме случају топлота сунца претставља принцип који оплођава и собом доноси живот. Најзад по Епикуру (342—270 до н. е.) [10] појава црва и других животиња из земље и ђубрета није ништа чудноватија од појаве живог пилета из јајета, пошто је Земља одувек располагала продуктивном моћи и одувек била „првобитна мајка“ биљака, животиња и људи, да би тек са старошћу, — као и свака права мајка, — изгубила готово сасвим своју првобитну продуктивну снагу.

Али старогрчким филозофима, који су били рођени дијалектичари, није био туђ ни принцип еволуционог развојка материје. Већ је и за Милећане материја у сталном току, где „ништа не остаје непромењено и непокретно“, већ се све мења, све креће, постаје и ишчезава. [11]. Даље развијање тог принципа сусреће се код Хераклита (око 540—484 до н. е.). По Хераклиту, права истина је пре свега

живот који се вечно креће, рађа, постаје. Тај је филозоф гледао у промени, у процесу вечног кретања живота, највиши закон свега што постоји. Наше тело тече као поток, материја се обнавља у њему као вода у потоку.

Елемент живота је Хераклит замишљао у виду ватре, али не пламена него више самог процеса горења. „Овај свемир, исти за све, који није створио нико од богова и нико од људи, био је, јесте и биће вечно живи огањ што се по мери распламсава и по мери гаси.“ [12].

Идеје Хераклита, а нарочито његова теза о еволуцији света на основи борбе супротности, сусрећу се и код Емпедокла који је необично јасно и са дубоком научном видовитошћу развио учење о еволуцији како у области космоса тако и у царству живих бића. Ова последња постају путем спајања основних елемената: ватре, земље, ваздуха и воде, мењају се и поново ишчезавају у борби двеју супротних свемирних сила — љубави и мржње.

Старогрчки материјализам је достигао врхунац свога развојка код Демокрита, иако је истовремено добио до извесне мере механистички карактер. По учењу тог филозофа, у основи природе ствари свемира лежи материја састављена из мноштва најситнијих честица (атома) који су у вечној покрету и одвојени међ собом празним простором. У основи видљивих процеса мењања, настајања, рушења, пропасти или развојка, леже спајања и раздвајања атома. Органски свет је постао из воде, при чему су жива бића проишла дуги пут развојка пре но што су постала онаква каквим их данас видимо.

Али упоредо са тим еволуционистичким поставкама Демокрит у исти мах истиче и принцип механичког спонтаног стварања живота као последице сопственог кретања атома. По томе филозофу, жива бића постају онда кад се атоми безживотне и влажне земље случајно сусретну и сједине са атомима ватре. [13].

И тако се дакле у учењу старогрчких филозофа сусрећу елементи свих схватања о питању порекла живота која су се развила доцније, у следећим вековима. Упоредо са учењем о самозачећу живих бића, ту се јавља и принцип вечности живота, као и концепција еволуционог развојка материје.

Сасвим особен и изузетан значај за целокупну даљу историју учења о пореклу живота имала су гледишта која је развио Аристотел. Овај филозоф је дао човечанству најширу синтезу достигнућа античке науке, која је обухватила сав дотада скупљени чињенични материјал. Заједно с тим, његово је учење постало доцније основа средњевековне научне културе и владало у мишљењу света кроз чи-

таве 2000 година. Своје идеје о пореклу живота Аристотел је развио пре свега у својим књигама „О деловима животиња“, „О кретању животиња“, „О пореклу животиња“ и најзад „О биљкама“. Очеvidно да су се његови погледи нешто мењали у току времена, али је он у крајњој линији широко развио учење о самозачећу живих бића, давши му до извесне мере идеалистички карактер.

По томе учењу, упоредо са рађањем животиња од себи сличних, постоји и увек је постојало стварање живих бића из неживе материје. Аристотел је сматрао да се жива бића, као и остале конкретне ствари („битности“), стварају благодарећи сједињавању неког пасивног принципа, „материје“ (овом речи је Аристотел свакако означавао оно што би ми могли назвати материјалом) са активним принципом — „формом“. Форма код живих бића је представљена „ентелехијом тела“ — душом. Она формира тело и покреће га. Материја према томе нема живота, али бива захваћена њим, формира се целисходно, организује уз помоћ снаге душе, чија унутрашња целисходна суштина (ентелехија) доводи материју до живота и одржава је живом. Али је душа присутна и у првобитним елементима из којих се стварају жива бића; у мањој мери она је присутна у земљи, у већој мери у води, ваздуху и ватри. Отуда оно што ће душа формирати, зависи пре свега од тога који елемент преовлађује. Земља ће углавном произвести биљке, вода — водене животиње, ваздух — становнике копна, а ватра — замишљене становнике небеских тела, на пример Месеца. Форма живих бића, при постанку „од себи сличних“, зависи од „животињске топлоте“, а у случају самозачећа из неорганиске материје — од „сунчане топлоте“. Муљ, ђубре и остале ствари које труле стварају жива бића не сама по себи него благодарећи оплођујућем дејству кише и сунчане топлоте, засићених небеским ваздухом.

Ми смо се ближе зауставили на погледима Аристотела зато што се сва даља историја питања порекла живих бића развијала под утицајем његовог учења. Аристотел је потврдио податке непосредних наивних опажања и својим огромним ауторитетом предодредио унапред, за читаве векове, даљу судбину учења о самозачећу. При томе се даље нарочито развијала управо идеалистичка страна учења о ентелехији. Од великог је значаја била и чињеница да су Аристотелово учење, преко римских филозофа и претежно преко неоплатоноваца (Плотин, 204—270), примили и потврдили „оци хришћанске цркве“, специјално Базилиус (315—379) и блажени Августин (354—430). [14].

Базилиус је учио да је раније Земља, према заповести божјој, родила различите траве, дрвеће и животиње, па

су и данас та својства остала у снази и зато се из земље могу стварати жива бића: скакавци, мишеви и т. сл. Блажени Августин је сматрао самозачеће живих бића неоспоривом истином и у своме учењу је тежио само томе да ту појаву образложи са гледишта хришћанске цркве. Као што бог, — говорио је он, — по правилу ствара вино из воде и земље посредством винове лозе и сока грожђа, али га у извесним случајевима, као у Кани Галилејској, може створити и непосредно из воде, он може и жива бића пустити да се рађају из семена, или их натерати да се стварају из неорганиске материје, где се налази невидљиво семе (*semina occulta*). Августин је према томе гледао у саморађању испољавање божје воље која нарушава обични законити ред ствари. Тиме је он учење о саморађању подигао на степен неоспориве догме, подржаване читавим ауторитетом хришћанске цркве.

Разумљиво је дакле што даљи развитак проблема порекла живота није за дуго времена излазио из оквира учења о самозачећу. Средњевековни научници су у својим делима само потврђивали „факта“ стварања живих бића из труле материје која је Аристотел описао, и допуњавали их још фантастичнијим опажањима и опитима. У томе погледу, за средњевековне методе упознавања природе, веома је карактеристично широко распрострањено учење о гушчијем дрвету, о биљном јагњету и о хомункулу.

По сведочанствима врло угледних научника и многобројних путника тога времена, гуске и патке се рађају из морских љуштура, које са своје стране постају из плодова дрвећа, специјално из жира. Из ових последњих се могу птице и непосредно створити. Ова се прича о гушчијем дрвету среће већ почетком XI века, код кардинала Пиетра Дамјана (1007—1072). Енглески енциклопедист Александар Некем (1157—1217) разрадио је учење о стварању птица из дрвећа четинара при њиховом додиру са сољу из морске воде. Доцније је то учење о биљном пореклу гуски и пловки било до те мере усвојено да се гушче и пловче месо почело да употребљава као посна храна, што је накнадно било забрањено специјалном одлуком папе Инокентија III (1215). [15].

Интересантна је чињеница да се учење о гушчијем дрвету очувало до краја XVI, па чак и до почетка XVII века. Низ писаца излаже у томе погледу своја лична опажања и чак даје више или мање фантастичне цртеже који треба да покажу како птице постепено постају из плодова дрвећа. По свему судећи, та је легенда заснована на наивном тумачењу површних посматрања на особеној прупи ракова, такозваних морских патки (*Lepas anatifera*). Ове се морске живо-

тиње, у одраслом стању, притврђују нарочитом дршком за камење, стене, дно бродова и за дрво које је случајно доспело у воду. Уз то, оне стварају нарочиту кречну љуштуру, сличну љуштури мекушаца. На обалама северне Шкотске, Ирске и блиског острвља, то се дешава у годишње време када са севера ту долећу излегли младунци поларних гусака. Ове две појаве биле су доведене у везу, а уобразиља је изградила слику стварања птица долетелих незнано откуда, из ракова-морских патки, који се виђају на стаблима дрвета палих у воду.

Могуће је да се на сличним површним запажањима заснива и друга прича о биљном јагњету, о коме говори читав низ путника по источним земљама: Одорико ди Пардоније (ум. 1331), Мондевил (1300—1372) и други. По исказу тих путника, њима су причали, — или су то они тобоже чак и сами видели, — да постоје биљке или читаво дрвеће у чијем се плоду, сличном дињи, налази јагњад што се ту зачала и чије месо месно становништво употребљава као храну [16].

Учење о хомункулу је поникло на основи алхемиских експеримената. Очевидно је да се оно јавило још у првом веку наше ере. Оно се заснива на идеји да се путем мешања пасивног материнског принципа са активним мушким може вештачки изазвати појав зачећа и добити ембрион, мали човек, хомункул. То се учење провлачи кроз читав средњи век; још средином XVI века чувени лекар и алхемичар Парацелз даје „тачан“ рецепт справљања хомункула. За тај посао потребно је узети човекову сперму, ставити је у посебан суд и подвргнути је, у току одређеног времена, читавом низу сложених манипулација. Тада ће се створити мали човечуљак, кога треба хранити људском крвљу.

Парацелз је уопште био убеђени присталица самозачећа живих бића. Он је сматрао да у телу животиња и човека влада нарочита животна сила коју је он звао „духом живота“ («*Spiritus vitae*»). Та сила одређује формирање организма и његово даље понашање. У пуној сагласности с таквим филозофским погледима, Парацелз је развијао мисао о могућности зачећа живота. Он чак наводи низ личних опажања о самозачећу мишева, жаба, јегуља, корњача и т. сл. из воде, ваздуха, сламе, трулог дрвета итд. [17].

Без обзира на то што у другој половини XVI века, а нарочито у XVII в., посматрања над природним појавама почињу да бивају тачнија и што и експеримент почиње да пробија себи пут, — идеја о првобитном самозачећу живих бића остаје још у пуној снази у свести тадашњих истраживача и научника. Познати бриселски лекар Ван-Хелмонт (1577—1644) већ је толико овладао методама прецизног експери-

мента да је могао сасвим прићи решавању сложеног питања исхране биљака, али је у исти мах сматрао да је могућност самозачећа живих бића неоспорива. Штавише, он је то схватање поткрепио низом опажања и опита. Од Ван-Хелмонта управо и потиче добро познати рецепт добијања мишева из пшеничног зрнеља. Пошто по његовом мишљењу човечија испарења могу послужити као оплођавајући принцип, треба ставити прљаву кошуљу у ма какав суд који садржи зрна пшенице. За 21 дан „ферментација“ престаје и испарења кошуље заједно са испарењима пшенице створе мишеве. При томе је Ван-Хелмонта чудило то што су вештачки добијени мишеви били потпуно слични са природним, произашлим из родитељског семена [18].

Ни творац теорије крвотока, Харвеј (1578—1657) није порицао могућност спонтаног самозачећа. Иако од њега потиче чувена изрека „*omne vivum ex ovo*“ („све живо потиче из јајета“), он је ипак појму јајета давао веома широко тумачење и сматрао да је потпуно могућа *generatio aequivoca* (спонтано самозачеће) црва, инсеката и т. сл., као резултат дејства нарочитих сила које се испољавају приликом труљења и сличних процеса [19].

Декарт (1596—1650) [20] је први устао против идеалистичког тумачења појаве самозачећа. Овај велики француски филозоф и научник, иако је сматрао спонтани постанак живих бића као несумњив, категорички је одбацивао схватање да се такав постанак збива под утицајем »*anima vegetativa*«
сколастичара, „духа живота“ Парацелза, „археја“ Ван-Хелмонта или још каквог било другог духовног принципа. По његовом мишљењу, за објашњење живог организма не постоји никаква потреба за неком посебном законитости, за „животном силом“. Организам није ништа друго до веома сложена, али по својој грађи сасвим схватљива машина чији покрети зависе искључиво од притиска и судара честица, слично кретању точка у часовнику.

Декарт сматра самозачеће животиња и биљака природним процесом који се увек јавља под одређеним, иако недовољно проученим условима. Специјално приликом стајања влажне земље на сунчаној светлости или при појавама труљења, постају све могуће биљке и животиње као што су црви, мухе и други инсекти.

Експерименти тосканског лекара Франческа Реди (1626—1697) с правом се могу сматрати као прекретница у учењу о спонтаном самозачећу. Овај научник је први покушао да експерименталним путем оповргне веровање у самозачеће, које је неподељено владало током многих столећа. У своме делу »*Esperienze intorno alla generazione degli insetti*«
(„Опити о пореклу инсеката“), овај научник износи низ личних експеримената који показују да су бели црви у

месу ларве од муха. Он је стављао месо или рибу у велики суд покривен најфинијим наполитанским муселином, а ради још веће сигурности, покривао је читав суд рамом од муселина. Иако су се мухе у великом броју спуштале на муселин, црви се нису појављивали у самом месу. Реди саопштава да му је било могуће посматрати како мухе полагају своја јаја на муселин, али су се из јаја могли развити црви у месу само у случају када су јаја пала на месо. На основу тога Реди је дошао до закључка да материје које труле претстављају само место или гнездо развитка инсеката, а да је за њихову појаву неопходно потребно да јаја претходно буду положена, јер се без њих црви никада не могу створити [21].

Не треба међутим мислити да је Реди потпуно одбацио идеју о самозачећу. Без обзира на своје сјајне експерименте и на њихово правилно тумачење, овај је научник, у односу на друге случајеве, сасвим допуштао могућност самозачећа. Он је на пр. сматрао да цревни црви и црви у дрвету постају спонтано из трулог материјала. Исто тако и црвићи који живе у храстовим шишаркама, постају по његовом мишљењу из биљних сокова. То је мишљење било оповргнуто тек доцније, благодарећи испитивањима падованског лекара и природњака Валисниерија (1661—1730). [22].

Па ипак, веровање у самозачеће животиња и биљака било је још увек толико чврсто да се одржало кроз цео XVIII век па чак и до почетка XIX века, без обзира на многобројне експерименте који су га оповргавали. Чак и код Ж. Ламарка (1744—1829), у његовом делу »Philosophie zoologique« („Зоолошка филозофија“) сусрећу се још наговештаји о могућности спонтаног постанка гљива, извесних паразита и других нижих организама. Тек сасвим постепено, благодарећи све прецизнијим испитивањима живе природе, а нарочито благодарећи детаљнијем упознавању сложене грађе живих бића, дошло се до свести о немогућности постанка таквих сложених творевина из безструктурног муља и труле материје. На тај је начин из научне употребе било изгнано веровање у самозачеће свих високо организованих живих бића. Али сама идеја о првобитном самозачећу није ишчезла, већ се напротив у току XVIII и XIX века стала даље развијати у односу на најпростија и најситнија жива бића и микроорганизме.

Готово у то исто време кад је Реди вршио своје знамените опите, холандски научник Антон Левенхук (1632—1723) открио је нови свет голим оком невидљивих живих бића, помоћу својеручно направљених увеличавајућих стакала. У својим писмима Лондонском краљевском друштву Левенхук је подробно описао те најситније „живе животињице“ (»viva animalcula«), које је открио у кишници по-

сле дужег стајања на ваздуху, у различитим оставама, у измету, у зубним наслагама итд. Помоћу својих лупа Левенхук је видео претставнике готово свих данас познатих класа микроорганизамата. Он даје цртеже и за оно време изванредно тачне описе инфузорија, квасца, бактерија и т. сл. [24].

Интересантно откриће холандског научника привукло је на себе свеопшту пажњу и повукло за собом многобројна слична посматрања. Микроорганизме су почели проналазити свуда где је трулила или превирала органска супстанца. Они су налажени у свакојаким биљним наливима и оставама, у трулом месу, у поквареном буљону, у ускислом млеку, у кљуку који превире и сл. Довољно је било само оставити неко време на топлом месту материје које се лако кваре или труле, па да се у њима одмах почну развијати микроскопска жива бића којих ту раније није било. С обзиром на распрострањено веровање тога времена у спонтано постајање живих бића, и невољно се наметала мисао да се управо ту, у органским наливима и оставама што се распадају врши процес самозачећа живих микроба из неживе материје.

Сам Левенхук није се придржавао тога мишљења. Он је сматрао да су клице микроорганизамата доспевале у његове инфузије из ваздуха. То је мишљење било потврђено експериментима Луја Жоблоа (1645—1723). Тај следбеник Левенхука је узимао наливне сена који кипте микроорганизмима, прокувавао их у току 15 минута и затим разливао по пола у два различита суда. Један од судова, пре но што би се охладио, брижљиво је затварао пергаментом, а други остављао отворен; у овом последњем обилно су се развијала најситнија жива бића (очевидно инфузорије), док се у првом уопште нису појављивала. На крају експеримента, уклањањем пергамент са првог суда, после чега су се у наливу брзо појављивали микроорганизми [25]. Па ипак, експерименти Жоблоа нису изгледали довољно убедљиви његовим савременицима и они су доцније били сасвим заборављени.

Откриће свуда распрострањених најситнијих клица живота одразило се и у филозофским конструкцијама Лајбница (1646—1716) [26]. Његово учење о монадама садржавало је у себи метафизичку прераду савремених података математике и природних наука његовог времена. Монаде претстављају, по Лајбницу, првобитне центре сила духовног карактера. Као полазни принцип свега што постоји, оне се морају одликовати апсолутном простотом и недељивошћу. Како је материја сама по себи пасивна, монаде претстављају духовну супстанцу, јер само дух, сходно Лајбницовим погледима, располаже способношћу непрекидне делатности.

Полазећи од таквих поставки, Лајбниц је сматрао да се живот не може објаснити само на основу материјалних сила. Специјално није могуће самозачеће виших биљака и животиња из материјала који трули, као што је то и утврђено непосредним опитима. Појава и ишчезавање живих бића само је развиће и устук («evolution et involution») вечно постојећих клица. Супстанце које ми обично сматрамо неорганским, садрже у себи читав свет животних клица. Чак и у сирћету и у књиговезачком лепку — пише Лајбниц, — налазе се такве клице. Сва тела према томе могу садржати у себи органске творевине, али још невидљиве, још не готове, него тек у клицу. У тим клицама су већ постављени, већ постоје сви услови за будућу специфичну организацију, што чини да ће се из њих образовати жива бића путем постепеног развића.

Идеје Лајбница, са извесним битним резервама, прихватио је француски природњак Бифон (1707—1788). [27]. Бифон је сматрао да је читава природа испуњена „свуда присутним јединицама или клицама живота“ које ипак имају материјалан карактер. Благодареви њиховим својствима, те се клице могу спајати и образовати ниже биљке и животиње, из којих затим постају високо организована бића. Напротив, приликом распадања леша, његово индивидуално постојање престаје и живе клице које су раније улазиле у његов састав, могу се поново спајати у жива тела: из њих произилазе микроорганизми. У томе је Бифон нашао објашњење појаве саморађања бактерија и инфузорија у органским растворима што превиру, коју је он сматрао несумњивом „чињеницом“.

На истом гледишту стајао је савременик и пријатељ Бифонов, шкотски свештеник и природњак Нидхем (1713—1781). Он је веровао да се у свакој микроскопској честици органске материје скрива „животна сила“ која може да оживи органску материју налива. На тај начин је Нидхем развијао у то време распрострањена виталистичка гледишта на суштину живота и његово порекло. Па ипак, значај тог научника за решавање проблема порекла живота не лежи толико у његовим расуђивањима колико у опширним експерименталним испитивањима вршеним у циљу да се потврди могућност спонтаног зачећа микроорганизма. „Узео сам, — пише Нидхем, — извесну количину јако вреде овчије чорбе непосредно са ватре и ставио у затворен суд са тако добро затиснутим чепом да се суд могао сматрати херметички затвореним“. После тога је Нидхем накнадно још прејао пажљиво суд на врелом пепелу. Али без обзира на све то, суд је после неколико дана киптео микроорганизмима. На сличан начин је он испитивао различите органске течности и наливе, увек са истим резултатом. Из тога је он, при-

родно, извео закључак да је самозачеће микроорганизма из органских материја што превиру потпуно могуће, па чак и неизбежно. [28].

Схватања Бифона и Нидхема, па чак и саме експерименте овог последњег подвргао је оштрој критици италијански научник, опат Спаланцани (1729—1799) [29]. Као и Нидхем, Спаланцани је вршио опите у циљу да потврди или оповргне могућност самозачећа. Али је он на основу тих опита дошао до сасвим супротних закључака. Он је утврдио да су експерименти Нидхема пошли за руком само благодареви недовољном загревању судова са течностима, што значи њиховој непотпуној стерилизацији. Сам он извршио је на стотине експеримената у којима су биљне оставе и друге органске течности биле подвргнуте више или мање дугом кувању, после чега је суд са њима бивао затваран и на тај начин био спречен приступ ваздуха који је по мишљењу Спаланцаниа носио у себи клице микроорганизма. У свим оним случајевима када је описана операција била довољно брижљиво изведена, течности садржане у суду нису превирале и у њима се нису јављала жива бића.

Нидхем је на то одвраћао тврдећи да је, прво, ваздух у судовима бивао искварен услед дугог загревања течности, и у томе лежи пре свега узрок што се микроорганизми нису развили; друго, при дугом загревању била је разрушена „животна сила“ органских налива која је очевидно каприциозна и непостојана и која не може да дуго издржи груба дејства. И зато је Нидхем сматрао да није он загревао течности одвећ слабо већ да их је, напротив, Спаланцани у својим опитима загревао одвећ јако, услед чега је била уништена сила зачећа у наливу.

Да би одговорио на те замерке, Спаланцани се вратио својим експериментима и кроз велики низ опита изведених са крајњом брижљивошћу, одговорио на готово све примедбе Нидхема [29]. Па ипак, он није успео да убеди своје савременике, и доктрина о спонтаном самозачећу и надаље је уживала подршку многих научника тога времена, све до средине XIX века.¹⁾

¹⁾ Интересантно је напоменути да је отприлике у то исто време, упоредо са Спаланцанијем, вршио аналоге опите и наш суграђанин М. М. Тереховски, који је био послат из С. Петербурга у Штрасбург. У својој дисертацији објављеној у 1775 г. на латинском језику под насловом: »Dissertatio inauguralis zoologico-physiologica de Chao infusorio Linnaei quam pro licentia summus in medicina honores et privilegia doctoralia legitime imperandi in inclita Argento — ratensium Universitate solenni naturae curiosorum disquisitioni Anno 1775 die 23 Junii sistit Martinus Terechowsky ucraino-russus L. C. horis pomeridianis a secunda ad quintam Argentorati«, Тереховски долази до истих закључака као и Спаланцани. [30]

Јасан одблесак тих схватања из краја XVIII и почетка XIX века налазимо у немачкој класичној натурфилософији. Иако је Кант (1724—1804) [31] сматрао да првобитни унутрашњи узрок постанка организама лежи у надчулном (трансценденталном), што значи да је хипотеза самозачећа само „смела авантура разума“, — доцнији натурфилософи, Хегел (1770—1831) и Шелинг (1775—1854) широко су развијали у својим делима идеју о *generatio aequivoca* (спонтаном самозачећу). Тако на пример, Хегел је указивао на то да су „Земља и море имали јако изражену потребу да буду оживљени“ и да је општи облик оживљавања „*generatio aequivoca*“. Он је затим писао у својој „Енциклопедији“ да „Земља и море рађају све могуће лишајеве, инфузорије, неизмерну количину фосфоресцентних животних тачака“. [32].

По Шелингу [33], између Земље, биљног и животињског света постоји потпуна идентичност. Сама Земља се претвара у биљке и животиње због тога што такозвана мртва материја претставља само „успавани биљни и животињски свет.“

Следбеник Шелинга, натур-философ Л. Окен (1779—1851) [34], развијао је мисао да земља приликом своје метаморфозе прелази у угљеник, а овај последњи путем мешања са водом и ваздухом претвара се у „оводњени оксидовани угљеник“ који као безоблична првобитна слуз претставља основу свих организама са обликом. Из те првобитне служи произилази сав живот. Под утицајем светлости слуз се у почетку преобраћа, слично првобитном облику планета, у лопчасте мехуриће („слузаве првобитне мехуриће“) или инфузорије, а затим кроз њихову метаморфозу постају биљке и животиње које се приликом трулења поново преобраћају у инфузорије. Упоредо с тим могуће је и право спонтано самозачеће прегљева, црва и т. сл. путем непосредне прсте коагулације првобитне служи.

Тако се у излагањима Окена о проблему порекла живота сусрећу, покрај вулгарних идеја о самозачећу, и елементи изванредног научног предвиђања. „Окен, — пише тим поводом Ф. Енгелс, — мислено открива протоплазму и ћелицу.“¹⁾ И што је нарочито важно, Окен, иако још у сасвим нејасном облику, поставља већ теорију порекла живота као резултат постепене еволуције материје.

Истовремено са теориским разлагањима о питању спонтаног постанка живота, у првој половини XIX века врше се многобројни експерименти са циљем да се докаже или оповргне могућност самозачећа микроба.

Нарочито је било много утрошено труда и експерименталне довитљивости да се објасни значај ваздуха за појаву

живих бића у претходно грејаним течностима. Чувени француски хемичар Л. Геј-Лисак (1778—1850) показао је помоћу непосредних анализа да у судовима, затвореним после кувања течности у њима, недостаје кисеоник, тј. онај саставни део ваздуха који подржава горење и дисање. У томе би се могла видети потврда гледишта која је развио Нидхем. Да би објаснио улогу кисеоника у сличним опитима, Геј-Лисак је пунио живом стаклену цев затворену с једног краја (еудиометар) и постављао је у суд са живом, са затвореним крајем навише. Затим је под живу било стављено зрно грожђа које је било раздробљено помоћу жице провучене кроз живу. Исцеђени прожђани сок одлазио је у горњи крај цеви. Дуго времена он је остајао прозачан и изгледао потпуно стерилан. Међутим, после пуштања мехурића ваздуха у цев, сок је брзо почео да превире и у њему су се јавили микроорганизми. [35].

Овај експеримент који су доцније широко искористиле присталице самозачећа, интересантан је с тог гледишта да су у њему, — како ми то данас знамо, — као извор заразе служиле клице микроорганизама које су се налазиле на површини живе, о чему ни експериментатор ни његови доцнији интерпретатори очевидно нису могли имати појма.

У 1836 г., познати немачки природњак Т. Шван (1810—1882), творац учења о ћелици, подвргао је питање значаја кисеоника новом експерименталном проверавању. Он је пропустио струју ваздуха грејаног у стакленој цеви у суд са стерилизованим буљоном од меса и показао да се под тим условима буљон не квари. Према томе, самозачеће се не јавља ни у присуству стално обнављане струје стерилизованог ваздуха. Па ипак је поновљени опит са течностима које су у себи садржавале шећер, дао сасвим друге резултате. Без обзира на то што се, по речима самог аутора, поступак са тим течностима ничим није разликовао од поступка са буљоном, у њима се често развијала маса живих микроорганизама [36].

У истој години Фр. Шулице (1815—1873) је извео аналоге опите, измењене утолико што је ваздух који се уносио у суд, био пречишћаван од клица не загревањем, него пропуштањем кроз сумпорну киселину. Резултати су били исти. Међутим, многобројна понављања опита Шулицеа давала су различите резултате и у извесним случајевима микроорганизми су се јављали у течностима [37].

Нешто доцније (1853), хајделбершки професори Г. Шредер и Т. Душ упростили су још више тај експеримент, процишћавајући ваздух простим пропуштањем кроз слој стерилизоване вате која је служила као изврстан филтар што задржава све клице микроорганизама. На тај начин они су могли да ослободе ваздух заразне моћи не подвр-

¹⁾ Ф. Енгелс. Диалектика природе, стр. 17. Партиздат, 1933

гавајући га никаквом хемиском поступку и не дејствујући на њега загревањем. Стварно су у низу опита ових научника, буљон од меса и пивски слад, — претходно подвргнути кувању, — остајали без промене у току многих недеља. Ипак су се млеко и месо без воде и при таквим условима брзо кварили и пунили микроорганизмима [38].

На тај начин, без обзира на то што су сви изведени експерименти били управљени томе да оповргну могућност самозачећа, њихова доказна снага није била довољно велика, пошто у извесним случајевима они нису полазили за руком и микроорганизми су се јављали у течностима. Ми данас знамо да је то био резултат једне или друге случајне техничке грешке, али су то савременици схватили другојаче. Сви ти неуспеси, са мало добре воље, могли су бити тумачени и стварно се тумачили у том смислу да је самозачеће, ако не увек, а оно под одређеним условима, могуће. Тога су мишљења делимично били и Дима и Негели, као и читав низ угледних научника из средине XIX века.

Борба мишљења по питању спонтаног самозачећа микроорганизма достигла је врхунац напетости у 1859 години када је Ф. Пуше (1800—1878) [39] објавио своје радове у којима је покушавао да експериментално докаже могућност самозачећа, полазећи од схватања да је сасвим немогуће да се течности увек заражавају микроорганизмима из ваздуха. У своме опширном раду који обухвата око 700 страница, Пуше је разрадио своју виталистичку теорију самозачећа, у суштини врло сличну погледима Нидхема. Свакој појави самозачећа претходи превирање или трулење органских супстанци. Само материје које улазе у састав живих организама могу породити нови живот. Под утицајем превирања или трулења, органске честице лешина се распадају, да би се, пошто пробаве извесно време на слободи, поново сјединиле благодарећи нарочитој способности којом располажу, и створиле на тај начин нова жива бића. Пуше је сматрао да је за постанак организама неопходно претходно постојање извесне „животне силе“, и зато он никако није веровао да жива бића могу постати де пово у растворима минералних супстанци. За потврду својих гледишта Пуше је у низу многобројних експеримената поновио испитивања својих претходника. При томе је увек добијао резултате који су ишли у прилог његовом гледишту, наиме у органским течностима које је испитивао, увек су се развијали микроорганизми.

Радови Пушеа оставили су дубок утисак на његове савременике. Француска Академија наука је одредила награду ономе ко тачним и убедљивим експериментима осветли

питање првобитног постанка живих бића. Награда је била досуђена Лују Пастеру (1822—1895) [40], који је у 1862 г. објавио своје радове о самозачећу и у њима доказао, на основу сјајних експеримената у које се не може сумњати, немогућност стварања микроорганизма из различитих налива и раствора органских супстанци. То је Пастеру пошло за руком само зато што је отступио од слепог емпиризма и што је у својим радовима широко поставио читаво питање, дао рационално објашњење раније вршених опита и указао на изворе грешака својих претходника. Пастер је пре свега разјаснио питање присутности микроорганизма у ваздуху који је, као што смо већ видели, сматран једним од главних извора заразе. Присталице самозачећа, специјално Пуше, у више махова су изражавали сумњу у присуство клица живота у ваздуху и захтевали да им се покаже та „небројена маса микроорганизма“ која се налази у ваздуху.

Пастер је решио тај задатак применивши сасвим просту методу. Он је помоћу аспиратора провлачио ваздух кроз цев у коју је била стављена вата. Као што су то још Шредер и Душ показали, све најситније честице садржане у ваздуху, морале су се задржати на вати и остати у цеви. По истеку 24 часа, ток ваздуха био је обустављен и чеп од вате са прикупљеном прашином на њој вађен из цеви и стављен у мешавину алкохола и етра. Све чврсте честице са вате таложиле су се на дно суда и њих је било могуће опрати у раствору и посматрати под микроскопом. Показало се да је ту било могуће наћи на хиљаде организованих телашаца, ни по чему различитих од разних микроорганизма и њихових клица. На тај је начин било доказано присуство знатне количине организованих тела у атмосфери која нас окружује.

Пастер је даље показао да управо те клице које се налазе у ваздуху могу да у много случајева послуже као извор заразе. Он је пре свега поновио Шванове експерименте, изменивши их унеколико и усавршивши их. Кување органских течности вршено је у боци са округлим дном, везаној са платинском цеви преко дугог истегнутог врата. Цев је загревана на гасном пламену до црвеног усијања. На тај је начин ваздух, који је улазио у боцу после завршеног кувања течности у њој, пролазио кроз ужарену платинску цев, где су клице из ваздуха морале бити уништене. Ваздух је, при прелазу из цеви у боцу, био хлађен воденим млазом. По пуњењу са ваздухом, боца је затварана и могла се сачувати неизмењена неограничено дуго време. Са тако постављеним експериментима, раствори су без изузетка

остајали без промене и у њима се нису јављали микроорганизми. Али је било довољно сломити затопљени грлић боце и убацити у течност чеп од вате кроз који је пропуштан ваздух, и затим одмах поново затопити грлић, па да се за релативно кратко време течност напуни гљивама, бактеријама, па чак и инфузоријама. То значи да органска течност није изгубила способност да храни микроорганизме, и клице које су се налазиле у ваздуху и биле задржане на чепу од вате, стварно су могле да се лако развијају у тој течности.

Пастер је накнадно успео да очисти од клица ваздух који је пуштан у боцу, и без загревања. У том циљу, он је с једне стране применио методу Шредера и Душа и пропуштао ваздух кроз чеп од вате, с друге стране употребио свој оригинални поступак. Боца са округлим дном коју је Пастер обично употребљавао, пуњена је до половине испитиваном течношћу, па је затим грлић боце размекшан на гасном пламену и истезан. Истегнути део имао је облик латинског слова S. После тога је течност у боци кувана без икаквих даљих предострожности. Кад је из отвора истегнутог грлића почела да избија снажна струја паре, кување је обустављано и боца је остављана да се охлади. Садржина боце је остајала без промена, иако је у овом случају раствор стајао непосредно у вези са атмосфером преко истегнутог грлића. То се могло десити због тога што се прашина из ваздуха, а са њом и клице микроорганизама, задржавала на савијеним зидовима цеви облика слова S. Ако би се грлић одрезао, течности би се брзо пуниле микроорганизмима. То се дешавало и у случају нагињања боце до мере да течност спере са зидова савијеног грлића споре што су се ту наслагале из ваздуха. У овом експерименту, ваздух није био подвргаван никаквом претходном поступку, па ипак се течности нису квариле јер је приступ ка течности клицама садржаним у ваздуху био спречен.

Даља испитивања Пастерова показала су да количина живих микроорганизама садржаних у ваздуху ни изблиза није стална и да се мења у зависности од годишњег доба и од места испитивања. Највећа количина клица живота сусреће се у ваздуху градова и насељених места. Ваздух на пољима и у шумама далеко је сиромашнији микроорганизмима и најзад, на планинама, на великој висини, број најситнијих живих бића садржаних у ваздуху сасвим је ништаван. Тамо је могуће отворити боце са стерилизованом течношћу без опасности да би се оне обавезно морале заразити клицама. У низу случајева, такве су боце, после затопљавања, остајале стерилне, иако је у њих про-

дирао планински ваздух који претходно није био подвргнут никаквом поступку.

Пастер је у исти мах утврдио да ваздух није једини извор заразе органских течности. Клице микроорганизама се налазе на површини свих предмета који се употребљавају за време експеримената. Отуда све те површине морају бити најбрижљивије очишћене. Пастер је доказао да је појава микроорганизама у опитима ранијих испитивача била условљена тиме што услед методских грешака нису били потпуно отстрањени сви извори заразе. Тако је на пр. Пастер доказао непосредним опитима да су у експерименту Геј—Лисака као извор заразе грожђаног сока послужили микроорганизми који су били пали на површину живе. У другим случајевима, клице су долазиле из недовољно стерилизованих судова. Ако се отстране сви ти извори грешака, — а Пастер је то сјајно показао у својим многобројним опитима, — зараза је искључена стопроцентно. Штавише, Пастеру је пошло за руком да покаже како је могуће и без икаквог загревања или каквог другог дејства сачувати неограничено дуго и оне течности што се лако кваре, као што су мокраћа и крв. Потребно је само извући их из тела животиња, где су оне без бактерија, и предузети мере предострожности да клице не доспеју споља, — па у том случају сачувати те течности без кварења неограничено дуго.

Пастер је не само дошао до тачних и увек истих резултата, него је и разјаснио противуречности у подацима других аутора. Он је оповргао претпоставку да налив који превире рађају микробе и показао да је напротив превирање тих течности уствари резултат животне радљивости микроорганизама који су споља доспели.

Разумљиво је да се присталице самозачећа микроорганизама нису одмах покорице и да је после објављивања Пастерових радова било извршено још доста експеримената који су имали да потврде могућност самоницања живих бића под извесним специјалним условима. Најозбиљнији и најинтересантнији у том погледу били су опити Бастиана (1837—1915 [41] који је показао да се у прокуванним растворима сена јављају микроорганизми чак и у случајевима ако се боце са таквим растворима отварају на планинским висинама или ако се ваздух који у њих долази претходно подвргне жарењу. Испитивања Пастерова потврдила су чињеничну страну тих опита, али је он у исти мах доказао да и у таквим случајевима нема самозачећа микроба. Споре бацила сена које се при томе појављују у наливима, могу да издрже дуго кување и да ипак остану способне за развиће. Али ако се налив сена подвргне загре-

вању у аутоклаву до 120°, или ако се два пута узастопце прокува, он ће као и остале органске течности остати стерилан у присуству очишћеног ваздуха. Двоструко кување деловало је у том случају на следећи начин: прво загревање налива убијало је све вегетативне форме бактерија, али је остављало у животу њихове споре. После хлађења из спора су се развијале бактерије које су, не успевши да већ образују нове споре, бивале уништаване поновним кувањем.

После Бастиана, нико више није могао да чини озбиљне замерке Пастеровим резултатима. Сви покушаји да се његова схватања оповргну и да се утврде случајеви спонтаног самозачећа једних или других микроорганизама, остали су безуспешни.

Додуше, и до данашњег времена јављају се у специјалној литератури по каткад тврдње о „открићу“ самозачећа микроба. Али сви ти радови носе обично сасвим дилетантски карактер и немају никакав озбиљнији научни значај. Као пример треба навести чланак др. Елфвинга [42] објављен 1938 у часопису Финског научног друштва. У њему аутор излаже своје опите којима он настоји да докаже самозачеће бактерија у проклијалим деловима грашка убијеним загревањем. Неисправност методике аутора која не даје гаранције за тачност извођења замишљених опита пада одмах у очи. Отуда тај рад нема никакву научну вредност. Али је занимљиво да Елфвинг, и дан данас, покушава да брани теорију самозачећа које он сматра као резултат деловања нарочите „генеративне силе“, сасвим у духу Нидема.

Са савременог гледишта, немогућност самозачећа, изненадне појаве микроба, јасна је и без нарочитих огледа, пошто микроорганизми нису простице органске материје као што се то мислило до Пастера. Детаљно испитивање тих најпростијих живих бића показало је да она имају веома фину и сложену организацију. У томе погледу грађа једноћеличних микроорганизма не разликује се много од грађе појединих ћелија које улазе у састав вишећеличних живих бића. Сасвим је немогуће претпоставити да би сложена и уз то сасвим одређена организација такве врсте могла постати у току кратког времена. Таква претпоставка је у својој суштини исто толико апсурдна колико и претпоставка о постанку „жаба из мајске росе“ или „лавова из пустињског камена.“

Тако је после Пастерових експеримената изгледало да је теорија самозачећа живих бића заувек сахрањена. Али се историја понавља, и већ у данашње време слична гледишта васкрсавају у нешто модернизованом, обновљеном

виду. Занимљиво је да су се идеје о самозачећу живих бића увек везивале за такве организме који су на датом ступњу познавања били још недовољно проучени. То је био случај са различитим врстама црва и паразита до Редијевих огледа, а исто тако и случај са бактеријама до експеримената Пастера. Исто се понавља и данас, кад присталице самозачећа управљају своју пажњу на још слабо проучене ултрамикробе и филтрирајуће вирусе. Па ипак и ту, спонтани постанак тих бића постаје све мање вероватан, уколико више напредује њихово упознавање.

Данас је познат велики број веома тешких обољења човека, животиња и биљака која, иако су заразна, не могу бити објашњена продирањем ових или оних бактерија или каквих било микроскопски видљивих микроба у организам. То је, специјално код човека, случај са пегавцем, богињама, енцефалитом, полимиелитом, малим богињама, грипом, бениолом, жутом грозницом. Код животиња то су кравље богиње, слинавка, куга рогате стоке, мишији сарком. Код биљака, — разнолике врсте мозаичне болести које нападају дуван, цвеклу, парадајс, кромпир и др.

Сви покушаји да се докажу узрочници тих болести који би били видљиви под микроскопом, остали су безуспешни. Па ипак, по својој несумњивој заразности и по општим симптомима те су болести толико потсећале на бактериозне инфекције да се и за њих претпоставило да их изазивају жива бића аналога бактеријама, али толико малих размера да се не могу открити ни под најсавршенијим микроскопима. Та је претпоставка била утолико вероватнија што је познат читав низ микроорганизма који стоје на граници микроскопске видљивости. Као пример може се узети *Vac. pneumosintes* који је био издвојен код људи оболелих од грипа и који је дуго времена сматран као узрочник те болести. Исто се може рећи и за узрочнике плеуропнеумоније рогате стоке, чије су размере толико мале да их је могуће видети тек после нарочитог бојења. Док се величина обичних бактерија креће у границама од 500 до 2000 μ ¹⁾, код тих микроорганизма она је испод 250 μ .

Полазећи од претпоставке да су узрочници поменутих болести најситнији живи организми, извесни аутори су их означили као ултрамикробе [43]. У литератури међутим далеко је распрострањенији назив „филтрирајући вируси“. Филтрирајући се зову зато што више или мање лако пролазе кроз бактеријалне филтрове, што такође говори у прилог малих размера њихових честица.

¹⁾ 1 мм = 1 000 000 μ ; 1 μ = 10 Å.

Идеју о постојању филтрирајућих вируса изнео је први још крајем прошлог века руски научник А. Г а м а л е ј а (рођ. 1859). Те творевине почеле су да се студирају нарочито детаљно тек у току последњих деценија а пре свега последњих година. Испитивања су била јако олакшана широком применом методе за истраживање величине вирусних честица, ултрафилтрације кроз мембране са одређеном величином пора, а исто тако и ултрацентрифугирања. Применом тих и других метода успело је да се довољно тачно одреди величина честица појединих вируса, а у извесним случајевима и утврди њихов облик. У следећој табlici, позајмљеној из последњег рада В. С т е н л и а [44], изнете су релативне размере појединих вирусних честица.

Та таблица показује да се величина честица различитих вируса колеба у широким границама. Честице извесних вируса толико су велике да се по својим размерама приближују најситнијим бактеријама, и могу се нарочитим поступцима, — на пр. такозваним „супербојењем“ по Б о р е л у, — учинити видљивим на микроскопу. Као пример могуће је навести вирус вакцине (крављих богиња) који се може видети у облику таквозваних „елементарних“ телесаца чији дијаметар приближно износи 175 μ .

Упоредо с тим, назначен је при дну таблице вирус слинавке чије су честице по размерама мање од честица високомолскуларне беланчевине хемоцијанина. Дијаметар честица тог вируса износи 10 μ . Ми имамо овде пример величине која одговара величини молекула хемоглобина или албумина јајета. Величине честица свих познатих вируса леже према томе у границама између размера бактерија и размера молекула беланчевина.

И невољно се добија утисак да је пред нама нека врста еволуционе лествице која иде од молекула беланчевина ка микроорганизмима. Са тога гледишта вируси, пошто по својим размерама стоје по средини, играју улогу карике која везује живо и неживо. Одатле је свега један корак до претпоставке да се те „полуживе“ творевине јављају спонтано, самозачећем, и да од њих путем еволуције настају микроорганизми и сложеније грађена жива бића.

Та је мисао једно време уживала, а и данас до извесне мере ужива приличну популарност. Она се често сусреће у литератури из области вирулогије. Чак и тако опрезни научник као што је А. Г а р д н е р [43] пише тим поводом у својој књижици: „Мало је вероватно да би вируси могли постајати спонтано, али је можда ипак потребно узгред напоменути да П а с т е р, који је коначно срушио теорију спонтаног самозачећа, није узео у обзир ултрамикроскопски

живот, — тако да се то питање, у односу на вирусе, може још сматрати као отворено.“

Други аутори се изражавају још одређеније. Тако је на пр. ту скоро Д. А л е к с а н д е р [45] у једном од својих чланака развио мисао да честица вируса може постати абиогенетски (самозачећем), путем спајања раздвојених молеку-

	Молекуларна тежина $\times 10^{-6}$	Дијаметар или дужина \times ширина у μ	
Црвено крвно зрнце*	173 000 000	7 500	
<i>Bacillus prodigiosus</i> *	173 000	750	
Рикеције (петави шифус)*	11 100	300	
Психакозис (папагајска болесћ)*	8 500	275	
Вакцина (кравље богиње)*	2 300	175	
Миксома (вирусни шумор)*	2 300		
Кука канаринки*	1 400	150	
Плеуропнеумонија сшоке*	1 400		
Лажно беснило	1 400		
Екшрометалија	1 400	125	
Херпес	800		
Беснило	800	120	
Борнова болесћ	700		
Грип	410	100	
Везикуларни сшомашић	300	90	
Бактериофаг сшафилокока †	300		75
Пшичичја кука	173		
Бактериофаг C ₁₀	142	70	
Тумор кокоши*	43	430 \times 12.3	
Мозаик дувана*	43		125 \times 20
Мозаик красјаваца 3 и 4*	33	430 \times 9.8	
Ген*	26		40
Лашенши мозаик кромџира*	25	38	
Папилом зеца*	23		30
Енцефалић коња	23		
Бактериофаг магашериум	11	28	
Грозница у долини Рифша	9	26	
Вирусна болесћ парадајза*	7.4	59 \times 13.2	
Прсиенасћа петавосћ дувана*	6.7		
Молекул хемоцијанина*	4.3	22	
Жуша грозница	2.8	19	
Вирусна ашаксија	2.8	64 \times 8	
Молекул хемоцијанина (окшопода)*	2.8		
Полимиелић	0.7	12	
Бактериофаг сшафилокока	0.4	16	
Вирус слинавке	0.4		2.8 \times 0.6
Молекул хемоглобина (коњ)*	0.069	1.8 \times 0.6	
Молекул албумина јајета*	0.040		

Сл. 1.

ла у веће молекуларне комплексе. Ипак, ближе упознавање природе филтрирајућих вируса чини претпоставку такве врсте сасвим неоправданом.

Испитивање вируса пошло је убрзаним корацима напред од тренутка кад је В. С т е н л и ј у крајем 1935 г. по-

шло за руком да издвоји вирус мозаика дувана у кристалном облику. Тај вирус и читав низ других, њему сличних, који изазивају разнолика обољења код биљака, испитивали су сам Стенли, а исто тако и Боуден, Пирри, Виков, Доринг, и код нас у СССР Ришков [46] и многи други. Без обзира на релативно кратки размак времена, појавила се и по том интересантном питању огромна литература, тако да се данас има извесна претстава о природи овог свакако најбоље проученог вируса мозаика дувана.

Издвојен из сока оболеле биљке и очишћен путем таложења амонсулфатом или, још боље, путем центрифугирања, вирус мозаика дувана, у воденом раствору, претставља суспензију једнородних честица беланчевине са молекуларном тежином која износи око 43,000.000, дужином честица око 430 $m\mu$ и ширином од 12,3 $m\mu$. Те штапичасте честице се могу спајати, слепљивати својим крајевима и образовати дуге нити а каткада и читаве мреже.

Стенли је добио издвојени и очишћени вирус у облику вретенастих кристалоидних творевина чији су истањени крајеви каткада мало савијени. Испитивањем тих творевина помоћу Х-зракова Виков је добио дифракционе решетке, али је доцније било показано да те решетке одговарају правилностима унутрашњости молекула, а не распореду молекула у кристалу. Према томе, ако се говори о кристалима, треба их сматрати као кристалне издвојене молекуле. Низ аутора који су се бавили тим питањем дошли су до закључка да вирус мозаика дувана не гради праве кристале, пошто су честице које граде горе описана вретенаста телашца правилно распоређене само у две димензије. Приликом стајања очишћених раствора вируса долази до њиховог разлагања на два слоја: један горњи, жићи, и један доњи, гушћи. У тим се растворима може констатовати двојно преламање светлости, што указује на присуство течних кристала.

Брижљиво хемиско испитивање очишћеног вируса мозаика дувана и других данас добијених препарата различитих вируса, показало је да су они у суштини нуклеопротеиди, тј. једињења беланчевине са нуклеинском киселином. У вирусу мозаика дувана, однос између садржине беланчевине и нуклеинске киселине остаје прилично постојан код препарата добијених у различито време и различитим методама. Беланчевина се по својим особинама приближава глобулинама, а нуклеинска киселина је слична са такозваном квашчевом нуклеинском киселином, тј. киселином која се сусреће не у једру ћелица него у протоплазми. Од угљених хидрата у њу улази пентоза, а не дезоксирибоза, као што је

то случај са такозваном тимонуклеинском киселином ћеличних једара. Код других испитиваних вируса, однос између беланчевине и нуклеинске киселине је нешто другојачи но код вируса мозаика дувана, али су ипак све те творевине по своме саставу доста блиске једна другој. Само се код елементарних телашца вакцине и код вируса кокошијег рака сусреће, покрај нуклеопротеида, још и знатна количина липоида. Ту скоро се чак успело да се из тих телашца издвоји липопротеид, — једињење беланчевина са липоидима.

Према томе, честице вируса, специјално вируса мозаика дувана, с хемиског гледишта нису ништа друго до гигантски молекули беланчевина (нуклео-протеида). Иако они, по својим размерама, више пута превазилазе молекуле хемодијализације, то нема никакав принципијелан значај јер су данас познати и такви вируси који су по величини својих честица сасвим блиски молекулу поменуте беланчевине (на пример вирус парадајса, прстенастог мозаика дувана итд.), или чак и знатно мањи (вирус слинавке, полиомиелита итд.) С друге стране, у последње време пошло је за руком Х. Лорингу, В. Прајсу, Р. Викову [47] и другима да издвоје веома високомолекуларне беланчевине из нормалних незаражених биљака (из краставца и многог другог поврћа). Иако су честице тих „нормалних“ високомолекуларних беланчевина нешто ситније од честица вируса мозаика дувана, оне се ипак већ ближе размерама ових последњих. Поменуте високомолекуларне беланчевине су прилично непостојане и лако се распадају на своје саставне делове, чија се размера и природа могла данас одредити. Таквом непостојаношћу се одликују и неке вирусне беланчевине. Изузетак чини вирус мозаика дувана који задржава размере својих честица и своју активност и кад је изложен низу хемиских манипулација, што разуме се јако олакшава његово испитивање.

Из изложенога, као и из читавог низа других чињеница утврђених у последње време, излази да вирус мозаика дувана и њему слични вируси нису ништа друго до беланчевинасте творевине. Али од свих других творевина оне се битно разликују по томе што унесене у здраво ткиво одговарајуће биљке, оне почињу да се бујно размножавају. Приликом заразе дувана мозаичном болести, у њему се врло брзо развија процес нагомиланања вирусне беланчевине. За четири дана по зарази, количина те беланчевине повећава се милион пута у поређењу са количином првобитно унесене беланчевине. При томе се у биљци образује управо она високомолекуларна вирусна беланчевина која је била унесена при инфекцији. Ништавнио мала количина те тако створене белан-

чевине способна је да изазове трајну заразу нове биљке. Беланчевина која се ствара тачно показује физичке, хемиске и серолошке особине полазне беланчевине која је послужила за почетну заразу. Само у извесним релативно ретким случајевима могуће је утврдити промену вируса (његову мутацију), али се тада мутација одржава, при следећим заразама, код доцнијих поколења дате расе или датог соја вируса. Без обзира на многобројне покушаје, никада није полазило за руком да се запази појава вируса *de novo*. Он се јавља само приликом заразе са одговарајућим вирусом.

Поменута способност самосталног умножавања толико је карактеристична за жива бића да многи истраживачи чак и данас, после сјајних радова на вирусу мозаика дувана, одбијају да у томе вирусу виде само обичну беланчевинасту супстанцу. Изнета је чак и претпоставка да су беланчевинасте честице вируса само носиоци на којима се налазе најситнија жива бића што измичу нашем опажању. Независно од тога да је тешко замислити микроорганизам који би се могао настанити на честици величине молекула беланчевине, сва испитивања вируса на ултравиолетној светлости, помоћу рентгена, па чак у последње време и на електронском микроскопу, ни најмање не потврђују ту хипотезу. Напротив, све чињенице говоре за то да је управо сама вирусна беланчевина узрочник заразе. Та способност вируса иде увек строго паралелно са количином горе описаног нуклеопротеида, и то без обзира да ли је много пута прекристализован или добијан најразличитијим другим методама.

Потребно је ипак нарочито подвући чињеницу да је вирусна беланчевина мозаика дувана или других сличних болести, способна за самоумножавање само кад је унета у жива ткива. Сви покушаји да се вирус размножи у најразличитијим вештачким срединама, претрпели су потпун неуспех. Чак се ни свеже спремљена каша растртих листова дувана или друге одговарајуће биљке, није показала погодном за ту сврху. Објашњење те чињенице треба тражити, по мишљењу Стенлија, у томе што је вирус мозаика дувана потпуно неспособан за самосталну функцију размене материја.

„Слична творевина, — пише Стенли, — остаје инертна и безживотна под свима условима, изузев случаја када доспе у одређену врсту протоплазме.“ Ново стварање вирусне беланчевине може се вршити само на основи размене материја која се одиграва у живој ћелици, и енергије која том приликом настаје. Сам по себи, вирус не изазива никакве биохемиске реакције, него само условљује одређен,

правац тих реакција које се и без њега одигравају у живој ћелици.

Довољно је само нарушити размену материја која се врши у ћелици (на пример, механичком повредом ћелице), па да се стварање вируса намах прекрати.

Сасвим је јасно да је спонтана појава такве творевине ван живе ћелице одвећ мало вероватна и да се тако нешто никада није могло утврдити, упркос многобројним покушајима вршеним у томе правцу.

Постоји данас читав низ хипотеза о пореклу вирусних беланчевина. Многи аутори претпостављају да су вируси резултат крајње деградације бактерија услед прилагођавања на паразитски начин живота. В. Р и ш к о в, као пример првог ступња такве деградације, наводи најситније бактерије које је испитивао П и р и и које стоје на граници видљивости, а могу да дишу само ако је катализа присутна у околној средини, пошто оне саме не садрже у себи тај фермент. Следећи ступањ претстављају елементарна тела која изазивају богиње и друге вирусне болести животиња, а која су већ изгубила свој сопствени ферментни систем и отуда се размножавају само у унутрашњости живог организма, али у својој грађи имају не само беланчевине него и липоидне материје. На последњем ступњу деградације стоје вируси слични вирусу мозаика дувана који су потпуно изгубили способност самосталне размене материја и који су претстављени само честицама нуклеопротеида.

Други аутори су мишљења да су вирусне беланчевине, исто онако као и високомолекуларне беланчевине здравих биљака, производ распадања, дезинтеграције саме протоплазме виших биљака. Али би у том случају било могуће, иако ретко, посматрати појаву вируса и без инфекције, а то се још није десило.

На тај би начин, и по једној и по другој хипотези, вируси претстављали продукт регреса. То је део, комадић организације материје која је већ постојала у живој ћелици. Проучавање вируса има огроман значај за познавање организације живе супстанце па према томе и за утврђивање етапа кроз које је прошла еволуција те организације у процесу постанка живота. Отуда смо се ми тако детаљно задржали на питању природе и особина филтрирајућих вируса. Томе питању ћемо се и доцније вратити. Овде је нужно истаћи да изложени значај тих творевина ни у ком случају не треба мешати са питањем њиховог спонтаног постанка. Без обзира на многобројне, веома примамљиве и помоћу савремене технике изведене експерименте, ником још није пошло за руком да утврди и најмањи знак спонтаног зачећа

вируса. Они се јављају само у случају одговарајуће инфекције.

Резимирајући све што је речено у овој глави, морамо доћи до закључка да су теорије самозачећа, у облику како смо их изложили, увек трпеле фијаско кад су бивале подвргаване строгом научном проверавању. Уколико се више продубљивало изучавање природе која нас окружује, утолико је претпоставка о спонтаном постанку живих бића постајала мање вероватна. Данас ми морамо да одбацимо све те теорије и да тражимо друго објашњење порекла живота на Земљи.

ЛИТЕРАТУРА

1. E. Lippmann. *Urzeugung und Lebenskraft*, Berlin, 1933.
2. Roderer. *Lehre von der Urzeugung bei den Griechen und Römern*, 1928.
3. А. Маковельский. Досократики. 1914.
4. П. Таннери. Первые шаги древнегреческой науки. СПб., 1902.
5. Т. Гомперц. Греческие мыслители, т. I СПб., 1911.
6. Idem.
7. А. Деборин. Книга для чтения по истории философии, т. I, Москва, 1924.
8. E. Zeller. *Die Philosophie der Griechen*. Leipzig, 1923.
9. Цит. по E. Lippmann-у *Urzeugung und Lebenskraft*, S. 10.
10. E. Zeller. *Die Philosophie der Griechen*. Leipzig, 1923.
11. Цит. по Марксу и Энгельсу. Соч., т. XV, стр. 520
12. Цит. по В. Ленину. Философские тетради, стр. 318, 1936.
13. Демокрит. Фрагменты (пер. А. Маковельского). 1929.
14. Н. Меуер. *Geschichte der Lehre von den Keimkräften*. Bonn, 1914 (цит. по E. Lippmann-у, 23).
15. Цит. по E. Lippmann-у, 39.
16. Tschirch. *Handbuch der Pharmakognosie*, Leipzig, 1909.
17. E. Darmstaedter., *Acta Paracelsica*. München, 1931 (цит. по Lippmann-у).
18. W. Bulloch. *History of bacteriology*, London, 1938.
19. Т. Мейер-Штейнгер и К. Зудгоф. История медицины, 1925.
20. R. Descartes. *Oeuvres philosophiques*, ed. Aime et Martin, Paris 1838.
21. По W. Bulloch (в. примедбу 18).
22. По E. Lippmann-у, 66.
23. I. Lamarck. *Philosophie zoologique*; из Ch. Martin, 1873.
24. A. Leuwenhoek. *Arcana naturae detecta* (цит. по В. Омелянском. Основы микробиологии, 1922).
25. L. Joblot. *Descriptions et usages de plusieurs nouveaux microscopes*, Paris, 1718 (цит. по W. Bulloch-у, 70).
26. Feuerbach, „Leibniz“ ed. Bolin und Iodl. Stuttgart, 1906.
27. E. Nordenskiöld. *Die Geschichte der Biologie*. Iena, 1926.
28. T. Needham. *Philos. Trans.*, N 490, 1749; *Idée sommaire en vue generale du systeme physique et metaphysique de M. Needham*. Bruxelles, 1776 (цит. по W. Bulloch-у, 74).
29. L. Spallanzani. *Saggio di osservazioni microscopiche concernenti il sistema della generazione dei sig. di Needham e Buffon*. Modena, 1765 (цит. по W. Bulloch-у, 75).

30. М. Тереховский. *Dissertatio*. Anno 1775. Argentorati.
31. I. Kant. *Kritik der Urteilskraft*. 1790 (рус. прев. Соколова СПб. 1898).
32. Г. Гегель. *Энциклопедия философских наук* (изд. Инст. Маркса и Энгельса). Москва, 1929.
33. F. Schelling. *Zeitschrift für spekulative Physik*. Iena, 1800—1802.
34. L. Oken. *Lehrbuch der Naturphilosophie*. Zürich, 1843.
35. L. Gay-Lussac. *Ann. Chimie*, 76, 245, 1810.
36. T. Schwann. *Ann. physik. Chemie*, 41, 184, 1837.
37. Fr. Schulze. *Ann. physik. Chemie*, 39, 487, 1836.
38. H. Schröder u. Th. von Dusch, *Ann. chem. Pharmacie*, 89, 232, 1854.
39. F. Pouchet. *C. R.*, 47, 979, 1858; 48, 148, 546, 1859; 57, 765, 1863; *Hétérogénéité ou traité de la génération spontanée, basé sur de nouvelles expériences*. Paris, 1859.
40. L. Pasteur. *C. R.* 50, 303, 675, 849; 51, 348, 1860; 56, 734, 1863 *Ann. Sci. nat.*, 16, 5, 1861; *Ann. de chim. et de phys.*, 3, 64, 5, 1862; *Etudes sur la bière*. Paris, 1876.
41. H. Bastian. *The beginnings of life*. London, 1872.
42. T. Elfving. *Soc. Scient. Fennica. Commentationes Biologicae* т. VII, № 4, 1. 1938.
43. А. Гарднер. Микробы и ультрамикробы. Биомедгиз, 1935.
44. W. M. Stanley a. H. Loring. *Properties of purified viruses. Relazioni del IV Congresso internazionale di patologia comparata*. Roma 15—20 Maggio, 1939.
45. I. Alexander a. C. Bridges. *Science*, 70, 508. 1929; I. Alexander, I. Heredity, 28, 38, 1937.
46. В. скупне чланке В. Рыжков-а. Успехи современной биологии, 9, 351. 1938; R. Wyckoff. *Erg. Enzymforsch.* 8, 1. 1939.
47. W. Price a. R. Wyckoff. *Nature*, 141, 685, 1938; *Phytopathology*, 1939.

ГЛАВА II

ТЕОРИЈЕ ВЕЧНОСТИ ЖИВОТА

Као што смо то видели у првој глави, елементи концепције о вечности живота се сусрећу већ на самим изворима европске филозофије, — код Милећана. По учењу тих филозофа, читав свет је првобитно жив. Они су схватили живот као неопдељиво примарно својство сваке материје. Принцип вечности живота био је шире разрађен у Анаксагорином учењу о „панспермији“. По томе учењу, „етарске клице“ — „спермата“ које су расејане свуда и оплођавају материју, добијају свој живот споља, од небеске ватре. На тај начин, принцип вечности живота добија у учењу Анаксагоре до извесне мере идеалистичку боју.

Сва доцнија историја питања вечности живота развија се на основи идеалистичког принципа по коме се „вечни живи дух“ супротставља мртвој неорганској материји. То се схватање сусреће и код „отаца хришћанске цркве“ и код средњовековних научника, код читавог низа натурфилозофа новијег времена, и код савремених виталиста. Интересантно је да се све до средине XIX века концепција о вечности живота преплиће са учењем о спонтаном самозачећу. Ова последња појава узима се само као оживљавање материје. Сам пак живот, „животни принцип“, „дух живота“ итд., никада се не рађа, вечан је и може се само предавати са једног живог бића на друго (путем рађања од себи сличних) или продирати у материју споља (путем самозачећа живих бића).

У већини случајева тај принцип који оплођава и одуховљава материју замишљан је у облику невидљивих духовних клица живота, растурених свуда. Тако на пр., по „блаженом“ Августину, Земља је испуњена скривеним клицама (occulta semina), невидљивим тајанственим семеном духовног принципа које под повољним условима, сагласно божјој заповести, постаје активно и ствара из воде и ваздуха жабе и птице, а из земље — биљке и животиње.

Истога су карактера и клице „душе растења“, »anima vegetativa« доцнијих схоластичара, „археј“ Парацелза и Ван-Хелмонта, „дух живота“ низа других писаца итд. Атанасиус Кирхер (1602—1680) развија већ у XVII веку своју теорију „панспермије“, према којој су клице живота растурене у хаосу и у свима елементима. Управо благодарећи њиховом дејству постају биљке и животиње.

Исти принцип лежи и у основи Лајбницовог учења о клицама живота које вечно постоје и сусрећу се свуда, и из којих се путем поступног развића образују сва жива бића. По Нидхему, животворни принцип, „животна сила“ постоји у сваком молекулу органске супстанце и само благодарећи формативном дејству те силе могуће је зачеће микроорганизама из неорганизоване материје. Аналоге погледе развијао је и Пуше, који је сматрао да је самозачеће могуће само под претпоставком претходног постојања „животне силе“.

У другој половини XIX века идеје о вечности живота добиле су нешто друкчији карактер и почеле су, бар формално, да се супротстављају теорији спонтаног самозачећа живих бића. Разлог томе били су експерименти Пастера који је убедљиво доказао немогућност самозачећа микроорганизама у стерилним органским растворима и налицима. Ти експерименти су до те мере утицали на мишљења савременика да су их многи почели сматрати као доказ апсолутне немогућности преласка мртве материје у живе организме. Тако је на пр. чувени енглески физичар В. Томсон (Лорд Келвин) (1871) [1] сасвим јасно изразио такву мисао истичући да се после Пастерових експеримената немогућност самозачећа живота, свеједно када и где, има сматрати исто толико поузданом као и закон опште гравитације. И немачки физиолог Х. Хелмолц (1821—1894) [2] писао је поводом тога: „пошто сви наши покушаји да створимо организме из неживе супстанце трпе неуспех, мени изгледа сасвим у духу научног мишљења поставити себи питање: да ли је живот уопште икада постао, и да ли је можда он исто толико стар колико и сама материја.“ Слично мишљење се сусреће и код многих других научника који су, полазећи од емпириски утврђене чињенице немогућности самозачећа живота, прокламовали принцип вечности живота остајући при том (како је бар то њима изгледало) на основи материјалистичких схватања.

У наше време, аналога схватања је изнео академик В. Вернадски (1863—1945) [3], који сматра да су идеје о „логички неизбежној стварности почетка живота дошле у науку под утицајем религиозно-филозофских захтева“ и да

су „туђе емпириској основи науке“. „Све досада познате, тачно утврђене чињенице, — пише В. Вернадски, — ни у чему се не мењају ако би сви ти проблеми били негативно решени, тј. ако би ми признали да је живот одувек постојао, да нема почетка, да живо, — живи организам, — никада и нигде није произишло из неорганичне материје, и да у историји Земље није уопште било периода лишених живота.“

Битну непробродиву материјално-енергетску одлику живих тела у односу на неорганичну материју, Вернадски [4] види у томе што та тела карактерише посебно стање простора. Он указује на то да је још Пастер признавао могућност различитог стања космичког простора и тиме објашњавао појаву асиметрије у живој материји или појаву „десног и левог“ („правизни и левизни“) по терминологији Вернадског. То стање простора у коме се налази овај или онај организам, окарактерисано је по Вернадском на следећи начин: десни и леви облици једног истог хемиског једињења, хемиски су идентични у неорганичним телима, а различити у живим. Услед тога, у продуктима који се стварају као резултат биохемиских процеса, оштро се испољава та хемиска неједнакост: преовлађују десне или леве изомере. Вернадски даље развија мисао да се такво стање простора у коме се налази тело живог организма, ствара у биосфери само од раније постојећих живих природних тела, тј. путем рађања. Отуда синтеза живог и не полази за руком јер за то, под лабораториским погодбама, недостаје неопходни услов, — нарочито стање простора, асиметрија.

Питање о „десном и левом“ у живој супстанци заслужује најозбиљнију пажњу и ми ћемо се доцније вратити на њега. Али већ сада треба напоменути да данас у научној литератури има читав низ фактора који указују на могућност појаве асиметрије материје и независно од органског живота.

Ф. Енгелс (1820—1895) [5], још крајем прошлог века подвргао је детаљном разматрању сам принцип вечности живота и убедљиво указао на његову потпуну несагласност са дијалектичким материјализмом. Он наводи веома карактеристичан цитат, речи које је Либих упутио М. Вагнеру у 1868 г.: „Довољно је само усвојити да је живот исто толико стар, исто толико вечан као и сама материја, па да читав спор о пореклу живота очевидно изгуби сваки смисао. Стварно, зашто не замислити да је органски живот исто толико примаран као и угљеник и његова једињења (!), или уопште као и сва материја што се не може ни створити

ни уништити, као и силе које су вечно везане са кретањем материје у светском простору.“¹⁾ Енгелс указује на то да се гледиште такве врсте може заснивати само на признању нарочите животне силе као формативног принципа и да оно апсолутно не одговара материјалистичком погледу на свет. Даље у коментарима Енгелс констатује да је „тврђење Либиха како су угљеникова једињења исто тако вечна као и сам угљеник, нетачно, а можда чак и сасвим погрешно.“²⁾ „Једињења угљеника, — пише Енгелс — вечна су у том смислу да се она под једнаким условима мешања, температуре, притиска, електричног напона итд., увек поново јављају. Али до сада још никоме није падало на памет да тврди како су она, — узимајући на пр. макар само најпростија угљенична једињења, CO_2 или CH_4 , — вечна у том смислу као да постоје од свих времена и више мање заједно, а да се не стварају стално из елемената и стално не разлажу на исте елементе. Ако је жива беланчевина вечна у том смислу у каквом су вечна остала угљенична једињења, онда се она не само мора стално разлагати на своје елементе, како то стварно и бива, него се мора исто тако стално поново стварати из тих елемената, без учешћа већ постојеће беланчевине, а то је дијаметрално супротно резултату до кога је дошао Либих.“³⁾

То исто, и још у већој мери, важи и у односу на живе организме. Идеја да живот, жива бића, увек постају, да се увек јављају под одређеним условима, нема још ничега заједничког са појмом „вечности живота“, — напротив она доводи до признања нужности зачећа организма из неживе материје. Насупрот томе, присталице вечности живота сматрају да је у свима временима, вечито постојао неки принцип који се путем наслеђа предаје с организма на организам и без кога је постанак живих бића немогућ. „Живот, — писао је у своје време Ф. Кон (1828—1898) — је сличан светоме огњу Весте који се одржавао стално само зато што се нови пламен палио са старог.“ Али шта је тај принцип који се сусреће само код живих организама, каква је његова природа? Он не може претстављати вечну особину материје као што су то мислили стари Грци, пошто у томе случају за оживљавање материје не би било неопходно присуство већ живих организама и живот би се стварао спонтано. Он не може бити ни ново својство које се јавља у процесу историског развитка материје, пошто у том слу-

¹⁾ Ф. Енгелс. Диалектика природе, стр. 25, Партиздат, 1933 (курзив Енгелса).

²⁾ Idem, стр. 27.

³⁾ Idem, стр. 28.

чају он не би био вечан. Према томе, природа тог принципа није материјална и на тај начин, развијајући и продубљујући принцип вечности живота, ми нужно постајемо, — хтели или не, — плен идеалистичких схватања.

Ипак, није довољно само прокламовати принцип вечности живота. Треба још и објаснити како се, сагласно томе принципу, јавио живот на Земљи. И сама наша планета није вечна, — она је некада постала, одвојила се од Сунца, и у прво доба свога постојања тешко је могла бити насељена организмима већ и из чисто температурних узрока. Да би се избегла та тешкоћа, била је изнета претпоставка да су клице живота доспеле на Земљу споља, из међупланетног, међузвезданог простора, исто онако као што су и у огледима Пастера доспевале у његове боце из ваздуха. Ту претпоставку разрадио је још 1865 г. први пут Х. Рихтер [6]. Он је пошао од претпоставке да се при брзом кретању небеских тела могу од њих одвајати или откидати мали дељићи или чврсте честице. Истовремено се могу од небеских тела, заједно са тим честицама, и то на пример прилепљене на њима, одвајати живе клице микроорганизама. Те честице лутају доцније по међузвезданом простору и могу случајно доспети на друга небеска тела. Ако те клице падну на планету на којој су већ остварени повољни животни услови (умерена температура, влажност и т. сл.), оне почињу да се развијају и постају затим преци читавог органског света на тој планети. Рихтер је претпостављао да се негде у васионском простору увек сусрећу небеска тела на којима постоји живот у облику хелица. Ту је идеју доцније развијао и Ј. Либих [7] који је држао да се „атмосфере небеских тела и козмичких маглина које се окрећу, могу сматрати као вечита чувалишта оживљене форме, као вечни расадници органских клица.“ Постојање живих организама у свету је према томе вечно; органски живот никада није постао већ се само преноси с једне планете на другу. По мишљењу Рихтера, питање се дакле не састоји у томе како је живот постао него у томе како се клице живота могу преносити с једног небеског тела на друго.

Рихтер је обратио нарочиту пажњу питању могућности преноса клица способних за живот кроз светски простор што раздваја једно небеско тело од другог. Он је указивао на то да органске клице могу врло дуго време опстати без воде и хране, остајући у извесном безживотном стању, да би се поново пробудиле у нов живот чим се за то појаве неопходни услови. С обзиром на то, органске клице могу издржати врло дуга путовања без воде и хране.

Извесну опасност за живот клица претставља само повишавање температуре које се јавља услед огромног трења тела што пада кроз земљину атмосферу. Али Рихтер истиче то да извесни метеорити садрже у себи трагове угља и других лако запаљивих материја. Ако су, те материје могле да доспеју на Земљу не сагоревши, то значи да је сасвим могуће да би и клице могле пролетети кроз атмосферу а да не изгубе своје животне способности.

Неколико година доцније изнео је сличну претпоставку и Х. Хелмхолц [8]. „Органски живот, — писао је овај знаменити немачки физиолог, — или је некада постао, или постоји вечно.“ Сам Хелмхолц је прихватио други део те алтернативе и сматрао да живе клице доспевају на Земљу преко метеорита. Он је заснивао ту могућност на томе да се метеорити, пролазећи кроз земљину атмосферу, јако загревају само на површини а да њихова унутрашњост остаје хладна. „Ко би могао рећи, — пише даље Хелмхолц, — да таква тела што лутају свуда по васионском простору, не остављају увек клице живота тамо где је новопостало небеско тело већ постало способно да прими на себе органске творевине!“

Па ипак се убрзо морала напустити мисао да клице живота могу доспети на Земљу у унутрашњости метеорита. Без обзира на најбрижљивија испитивања, у метеоритима се не само никада нису могла наћи жива бића¹⁾, него у њима никада нису запажени трагови седиментних или биогених стена. Ако би ту постојао ма када или ма какав живот, он би очевидно оставио трага у облику таквих стена. „Клице живота, микрозое, — пише В. Вернадски [10], — не могу се генетички везати за метеорите или за нама познату козмичку праšину. У тој праšини и у метеоритима, никада и нигде се у њиховој структури не могу запазити манифестације и утицаји живота. Њихово испитивање указује на услове њиховог постанка који су слични условима стварања наших најдубљих стена (високи притисак, висока температура), или на њихово издвајање путем хемиских процеса из течности и гасова, такође везаних са високим температурама (хондрити, молдавити). Микрозое би се могле наћи заједно са њима само случајно, али са њима нису непосредно везане, нису од њих зависне. Клице живота би према томе могле бити само случајно захваћене метеоритима из небеског пространства, али би

¹⁾ Податак од пре неколико година о томе да је Ч. Липман [9] успео да издвоји из метеорита живе бактерије, није могао бити потврђен, и сам аутор оспорава могућност пренашања живих бића у унутрашњости метеорита.

се у томе случају морале налазити на површини метеорита, па према томе нужно и угинути, изгорети приликом проласка кроз земљину атмосферу.

Почетком XX века, на место метеоритне теорије пренашања живота, дошла је такозвана теорија панспермије. Њен творац је познати шведски физико-хемикар С. Арениус (1859—1927) [11]. Ватрени присталица идеје да се живот налази свуда расејан у светском простору, он је веома убедљиво, помоћу непосредних срачунавања, доказивао могућност пренашања делића материје са једног небеског тела на друго. При томе, по његовом мишљењу, улогу главне активне силе игра притисак светлосних зракова, појава коју је теориски засновао Максвел (1831—1879) и огледима сјајно потврдио П. Лебедев (1866—1912).

Арениус даје следећу слику таквога пренашања најситнијих честица, — ту рачунајући и споре микроорганизама, — кроз међупланетни и међузвездани простор. Ваздушне струје, управљене навише, које су нарочито јаке приликом великих вулканских ерупција, могу да однесу најситније честице материје до огромних висина, — до 100 и више километара изнад површине Земље. У горњим слојевима атмосфере, услед дејства низа узрока, стално се врше електрична пражњења која су више него довољна да одбаце те честице материје из земљине атмосфере у међупланетни простор. Ту оне бивају све даље ношене дејством једностраног светлосног притиска сунчевих зракова. Стварно, под одређеним условима могуће је за нашу планету утврдити неку врсту кометиног репа само у несравњено мањим размерама (појава опозиције). Тај реп образују најситнији делићи материје који стално напуштају Земљу и потпадају под одбојно дејство сунчаних зракова. Аналоге појаве се по мишљењу Арениуса сусрећу и на другим планетама.

На тај се начин, како са површине Земље тако и са површине других небеских тела, морају непрекидно одвајати најситнији делићи материје. Ако је планета насељена живим бићима, специјално микроорганизмима, споре ових последњих морају на горе описани начин доспевати у међузвездани простор. Арениус је израчунао да се споре бактерија са пречником од 0.0002—0.00015 мм. под утицајем притиска сунчане светлости крећу кроз безваздушни простор веома великом брзином. Пошто се одвоји од Земље, таква ће спора за 14 месеци напустити границе нашег планетног система, а за 9000 година стићи до најближе звезде, — α Центаура.

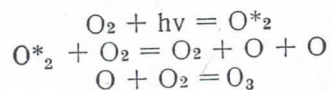
Али се кретање спора микроорганизама може вршити не само у правцу од Сунца него и обрнуто, ка Сунцу. Разне у међузвездани простор, клице живота се могу срести са честицама козмичке прашине које имају релативно веће сразмере. Ако се спора придружи честици чији пречник премаша 0.0015 мм она ће се почети кретати у правцу ка Сунцу, пошто светлосни притисак неће бити у стању да савлада тежину такве честице, и она ће се почети приближавати Сунцу услед његовог привлачења. На тај је начин, по мишљењу Арениуса, Земља могла бити насељена спорама микроорганизама што су долетеле у наш сунчани систем из других звезданих светова. Појмљиво је да се то могло десити само у случају ако су споре остале потпуно способне за живот после свог дугог путовања.

Из потпуно разумљивих разлога обратили су Арениус и остале присталице његове теорије двоструку пажњу на ту страну питања. Арениус анализира детаљно све опасности којима су клице изложене приликом свог пута од једне планете ка другој. Отсуство влаге, кисеоника и страховита хладноћа међузвезданог простора нису, по мишљењу поменутог научника, опасни за споре микроорганизама. То исто важи и за загревање честица што брзо падају кроз земљину атмосферу. По срачунавањима Арениуса, у низу случајева то загревање може и не прећи 100° и трајати релативно кратко време, а познато је да споре бактерија могу често остати у животу и после таквог загревања. На основу свих тих разматрања Арениус сматра за допуштено да се са извесном дозом вероватноће призна могућност преноса живих клица из једног планетног система у други, и на тај начин објасни појава живота на Земљи. Та је теорија стекла многобројне присталице и њу су специјално у СССР подржавали С. Костичев [12] и А. Немилев [13].

Пре извесног времена изгледало је да је та теорија добила извесну потврду у посматрањима која су вршиле северне експедиције. На крајњем северу нађене су у тлу и на снегу споре термофилних бактерија. Како се те бактерије могу развијати само на релативно високим температурама којих уопште нема у областима где су споре нађене, није чудо што се јавила претпоставка да су споре донете од некуда споља. С обзиром на то да се у извесним случајевима покрај спора могла наћи и козмичка прашина, дошло се на помисао да су нађене споре такође дошле из међупланетног простора. Па ипак, испитивање тих бактерија показало је да се оне ни по својој грађи, ни по физиолошким и биохемиским особинама не разликују од сличних, сасвим

обичних бактерија које се могу наћи на било ком другом месту. Нема међутим никакве сумње да су наше савремене земаљске бактерије резултат дуге еволуције. Да су се оне развијале у другим временима и под другим спољашњим условима, оне би се одликовале другим типом размене материја. Ту недавно је В. Таусон [14] показао на основу веома занимљивих и убедљивих података да је на пример бактеријама које су живеле у периоди каменог угља, била својствена нешто друкчија размена материја но што је то случај са савременим бактеријама. Веома је тешко претпоставити да би из међупланетног и међузвезданог простора, са других небеских тела, могла до нас доспети сасвим иста жива бића каква постоје и на нашој планети. Много је природније замислити да су споре термофилних бактерија биле донете на крајњи север са површине Земље и да оне нису излазиле ван граница наше атмосфере. Таква претпоставка је утолико вероватнија што би оне ван граница атмосфере безусловно морале угинути услед дејства краткоталасних ултравиолетних радијација.

Испитивања спектра сунчане светлости показују да до Земљине површине доспевају ултравиолетни зраци таласне дужине која није краћа од 3000 Å. Само се на великој висини може констатовати присуство ултравиолетних зракова са таласном дужином од 2900 Å. Све радијације са краћом дужином таласа апсорбује земљина атмосфера и оне не доспевају до површине наше планете. Али иза граница атмосфере постоји светлост са таласним дужинама од свега 1000—2000 Å. Ти се зраци одликују изванредно снажним хемиским дејством. Зраке са таласном дужином од 2000 Å и мање, који доспевају до површине гасовитог омотача наше планете, апсорбују молекули кисеоника; ови последњи бивају услед тога активирани, што повлачи за собом реакцију која се завршава стварањем озона, према једначини [15]



Присуство слоја озона у нашој стратосфери на висини од око 30 км над површином Земље, може се поуздано доказати помоћу спектроскопских посматрања. Али у нижим слојевима атмосфере тај се гас не образује више на горе описани начин, пошто дотле не доспевају зраци са дужином таласа који су неопходни за такву реакцију (испод 2000 Å).

Још релативно давно (1877) било је примећено да се сунчева светлост одликује знатним бактерицидним дејством.

Доцније се могло утврдити да су за бактерије опасни поглавито зраци ултравиолетне светлости са таласном дужином не већом од 3100 Å. С обзиром на велики значај који је то опажање имало за медицину, оно је било подвргнуто детаљном изучавању најпре у Финзеновом институту у Копенхагену, а затим и у многим другим научним институтима. Сва та изучавања су показала да бактерицидно дејство ултравиолетних зракова расте са опадањем дужине таласа. Оно достиже максимум око 2700—2800 Å, затим мало опада у границама од 2600—2400 Å да би почело поново јако да расте при прелазу ка радијацијама још краћих таласних дужина [16].

У назначеним границама таласне дужине и при довољној интензивности ултравиолетне светлости, били су уништавани не само испитивани микроорганизми него и њихове споре. Ту скоро је Е. Рохлина [17] вршила одговарајуће огледе над многобројним врстама микроорганизма и њиховим спорама. Огледи су показали да сви они гину у току од 30 секунди, каткада и за краће време. Ранији подаци Р. Визнера [18] о томе да постоје врсте бактерија отпорне према светлости, нису дакле могли бити потврђени огледима других научника.

Напротив, по испитивањима А. Ларсена [19], П. Потхофа [20] и других, постоје сасвим мале разлике између појединих врста бактерија у односу на њихову отпорност. У томе погледу, дејство светлости се битно разликује од дејства температуре према коме су многе врсте бактерија веома отпорне. Тако на пример познато је да споре *B. anthracis* и *B. subtilis* могу издржати више или мање дуго кување, насупрот вегетативним облицима тих бактерија. Напротив, под дејством ултравиолетне светлости споре тих микроорганизма гину готово исто тако брзо као и њихови вегетативни облици.

Разлика између температурног и светлосног дејства огледа се и у томе да за ово последње није потребно присуство воде. Ултравиолетна светлост убија потпуно исушене културе и споре бактерија исто тако лако као и влажне. Кисеоник такође не изгледа да је потребан за бактерицидно дејство светлости. Ранија мишљења да се ефект ултравиолетне светлости своди на оксидирајуће дејство, показала су се као нетачна. Би [21], Анри [22], Тили и Волф [23] и многи други аутори експериментално су утврдили да ни кисеоник, ни водоник-пероксид који се ствара у воденој средини, немају никаквог значаја у процесу уништавања бактерија помоћу краткоталасних радијација. Ултравиолетни зраци делују непосредно на саме бак-

терије а не преко каквих отровних материја које се стварају у околној средини.

Ни температурни услови не играју одлучујућу улогу у овоме процесу. Ф. Гетс [24] је утврдио да температурни коефицијент ту не прелази 1.06, како се то и могло очекивати за фотохемиску реакцију. По П. Бекерелу [25] температура течног ваздуха донекле смањује бактерицидно дејство ултравиолетне светлости. Споре које је он испитивао на собној температури, гинуле су за 2—3 минута, док их је у вакуму и на температури течног ваздуха било могуће поуздано убити тек у току 6 часова. Међутим доцнија испитивања Л. Хила и Ејдинова [26] показала су да и врло високе и врло ниске температуре смањују отпорност бактерија према ултравиолетним зрацима; оне не само да не успоравају него чак убрзавају процес убијања микроорганизама.

Бактерицидно дејство краткоталасних ултравиолетних зракова објашњава се њиховим изванредно снажним хемиским дејством. Енергија тих зракова је толико велика да су они у стању да измене или чак и да разруше какав било органски молекул који их апсорбује. Они полимеризују ацетилен, антрацен и низ других угљоводоника, разлажу ацетон, различите алдехиде и органске киселине итд. [15]. За нас је нарочито интересантно дејство тих зракова на беланчевинасте материје. Као што су то показала испитивања М. Шпигел-Адолфа [27], Ж. Кларка [28] и других аутора, под дејством ултравиолетне светлости наступа денатурирање беланчевина, при чему оне губе хидрофилност и способност да се растварају у води. Насупрот топлотном денатурирању, ова се промена може произвести и при зрачењу суве беланчевине [29]. Она се дешава у исти мах и независно од присуства кисеоника. Промене које се одигравају у физичким особинама раствора беланчевине приликом зрачења (промена вискозитета, коагулације итд.) зависе од дубоких хемиских измена што се дешавају под утицајем светлости у самом молекулу беланчевине (радијација делује пре свега на карбоксилне и аминоксидне групе беланчевине). Уз то треба напоменути да се те хемиске промене најинтензивније врше под дејством таквих таласних дужина које беланчевине најпотпуније апсорбују. Веома је важна околност да се кривуља апсорпције ултравиолетне светлости код беланчевина сасвим поклапа са кривуљом која одликује уништавање бактерија у различитим деловима ултравиолетног спектра. И ту и тамо максимум лежи око 2700 Å; апсорпциона способност беланчевина и бактерицидно дејство светлости затим опадају, да би поново порасли при прелазу ка ра-

дијацијама краће таласне дужине. Ово поклапање служи као добар доказ да је уништавање бактерија управо последица измене протеинских молекула под дејством ултравиолетне светлости. [30]. Велики значај у томе има и губитак хидрофилности зрачених беланчевина, што се може доказати непосредним испитивањем микроорганизама подвргнутим дејству ултравиолетних зракова.

Из свега реченог јасно излази да сви микроорганизми, чију протоплазматичну основу чине беланчевинасте материје (а ми не познајемо друга жива бића, без беланчевина), морају угинути под дејством ултравиолетне светлости. Како се промена беланчевина, — а с њом у вези и уништавање бактерија, — без тешкоћа врши и у отсуству воде, кисеоника, и на врло ниским температурама, вероватност пренашања клица способних за живот из васионског простора на Земљу, равна је нули. Светлост звезда је богата ултравиолетним зрацима. На земљиној површини ми смо заштићени од њиховог опасног дејства атмосфером која окружује Земљу. Клице живота које одлете из граница те атмосфере нужно морају угинути под дејством ултравиолетних зракова који пробијају међузвездане просторе.

Додуше, јавиле су се у последње време, у циљу спасавања теорије панспермије, и такве „хипотезе“ као што је доношење клица живота на Земљу од стране астронаута, виших свесних бића која изводе међупланетна путовања и која су некада долетела к нама (Р. Енџо-Пелтри) [31]. Али претпоставке такве врсте више личе на фантастични роман него на озбиљну научну хипотезу. Чињенице којима наука данас располаже, убедљиво говоре о потпуној немогућности преноса живих клица на Земљу.

И тако дакле принцип самозачећа као и теорија вечности живота стоје у оштрој супротности са чињеницама које запажамо. Ношене кроз међузвездани простор, ничим незаштићене од смртоносних зракова, клице живота морају безусловно угинути; чак се и њихова унутрашња хемиска структура подвргава битној промени у току релативно кратког времена. Отуда се мора потпуно напустити претпоставка о томе да су клице живота дошле на Земљу споља, а порекло живота потражити у границама наше планете.

ЛИТЕРАТУРА

1. W. Thomson (Lord Kelvin). Претседничка беседа на скупу Британске Асоцијације у Единбургу, 1871.
2. H. Helmholtz. Предговор уз „Handbuch der theoretischen Physik“ von Thomson u. Tait. Braunschweig 1874.

3. В. Вернадский. Биосфера. Ленинград 1926.
4. В. Вернадский. Проблемы биогеохимии, II, изд. АН СССР, 1939.
5. Ф. Энгельс. Диалектика природы. Партиздат, 1933.
6. H. Richter. Zur Darwin'schen Lehre, Schmidts Jahrb. d. ges. Med., 126, 1865, und 148, 1870.
7. Ю. Либих. Письма о химии, пер. Алексеева, 1861.
8. H. Helmholtz. Ueber die Entstehung des Planetensystems, Vorträge und. Reden. Braunschweig, 1884.
9. Ch. Liptan. American Museum Novitates, 588, 1932.
10. В. Вернадский. Начало и вечность жизни. Петроград, 1922.
11. S. Arrhenius. Lehrbuch der kosmischen Physik. 1903; Образование миров. Одесса, 1912; Вселенная, 1912; Судьба планет, 1912.
12. С. Костычев. О появлении жизни на земле. Госиздат, 1921.
13. А. Немилов. Как появилась на земле жизнь? Изд. „Образование“, 1924.
14. В. Таусон. Доклад в Институте физиологии растений Акад. Наук СССР. Декабрь, 1939.
15. F. Daniels. „Photochemistry“ Biological effects of radiation Ed. Duggar I, p. 298, 1936.
16. B. Duggar. Effects of radiation on bacteria ibid. II, pt. 1119, 1936.
17. Э. Рохлина. Лично саопштење.
18. R. Wiesner. Arch. Hyg. 61, 1—95 1907.
19. A. Larsen. Mitt. Finsen's Med. Lisinst. I, 89—98, 1900.
20. P. Pothoff. Desinfektionen 6; 10-20, 1921.
21. V. Bie. Mitt. Finsen's Med. Lisinst. I 40—77. 1900, 9, 5 —74, 1905.
22. V. Henri. Etudes de photochemie. Paris, 1919.
23. H. Thiele a. K. Wolf. Arch. Hyg. 57, 29—55 1906. 60; 29—30 (1907).
24. F. Gates. Journ. Gen. Physiol. 13, 231—248, 249—260 1929 Proc. Soc. Exp. Biol. a. Med. 21, 61—62 1923.
25. P. Becquerel. C. R. 151, 86—88 1910.
26. L. Hill a. A. Eidinow. Proc. Roy. Soc. 95; 163—180 1923 Britisch. Med. Jour. I; 338—389 1930.
27. M. Spiegel-Adolf. Die Globuline. Leipzig, 1930.
28. I. Clark. The Effect of Radiation on proteins. Biological effects of Radiation. Ed. Duggar, I, pt. 303, 1936.
29. H. Stedman a. L. Mendel. Amer. Journ. Physiol. 77, 199—210 (1926).
30. T. Rivers a. F. Gates. Journ. Exp. Med. 47, 45—49 1928 C-Sonne-Strahlentherapie 28; 45—51 1928.
31. R. Esnault-Pelterie (Цит. по A. Dauvillier L'Astronomie Bullet. Societé Astronomique de France 146 1939.

ГЛАВА III

МАТЕРИЈАЛИСТИЧКЕ ТЕОРИЈЕ ПОРЕКЛА ЖИВОТА

Међ гледиштима о пореклу живота која су се изградила на материјалистичкој основи, треба разликовати две основне гране, два основна правца. По једноме, живот је првобитна, нераздвојна особина сваке материје (хилозоизам). Отуда је стварање живих бића из неорганске материје само образовање облика живота које се врши чисто механичким путем. Овај се правац према томе доста блиско везује за теорије самозачећа изложене у првој глави и допушта да се жива бића могу јављати спонтано из различитих материја, данас или у крајњој линији у прошлости, у далеким периодама постојања Земље.

Други правац (дијалектички материјализам) сматра да се живот јавио као нови квалитет у процесу историског развитка материје. Отуда се жива бића нису могла спонтано зачети или механички формирати непосредно из неорганских материја. Појави живота морала је претходити дуга еволуција материје, при чему су се у процесу те еволуције јављала све нова и нова својства, потчињена све сложенијим законитостима. Појава првобитних живих бића само је одређена етапа те еволуције.

Могуће је пратити оба правца од њихових извора, од старогрчких филозофа до данашњег времена. Ми ћемо се овде дотаћи само најважнијих момената историје развитка тих гледишта и обратити пажњу на најновија схватања проблема.

Иако се принцип свеопштег живота материје сусреће још код Милећана, најизразитији претставник идеје самообразовања живих бића био је несумњиво Демокрит [1] који је објашњавао порекло живих бића као резултат случајног спајања или сусрета атома у њиховом механичком кретању. То се кретање, по Демокриту, не може одвојити од материје и претставља узрок промене свих појава. Атоми који располажу различитим просторним облицима налазе се у непрекидном покрету, при чему покрет треба схватити као самокретање које се јавља као резултат

међудејстава атома и празног простора. Ово механичко кретање атома лежи у основи не само читавог процеса постајања у целини, него и постанка појединих ствари. Жива бића специјално, постају приликом одређеног спајања атома земље и ватре.

Овај механистички принцип Демокрита био је доцније потпуно бачен у засенак под утицајем идеја Платона (427—347 до н. е.) и отуда се не сусреће ни у почетку наше ере ни у средњем веку. Тек доцније он се јасно одражава у учењу Декарта [2]. У оштрој супротности са антропоцентричним тенденцијама читаве средњовековне физике, Декарт је покушао да сву квалитативну разноликост природних појава сведе на материју и њено кретање. „У својој физици Декарт приписује материји самосталну творачку снагу и механички покрет посматра као манифестацију живота материје“¹⁾ Са тог гледишта, организми животиња и биљака само су веома сложени механизми, машине чије је кретање условљено узајамним сударима и притиском честица материје. Постанак живих бића из неорганске материје који се стално и стварно запажа (како је то Декарт мислио), претставља само природни процес механичког самоформирања сложених машина који се одиграва приликом судара финијих и грубљих честица и њиховог сједињавања под утицајем топлоте.

Основне линије механистичких схватања Декарта одразиле су се у учењу материјалиста XVII и XVIII века и воде ка погледима о пореклу живота који су се нарочито развили у другој половини XIX и почетком XX века. Ти се погледи у суштини сведе на тврђење могућности спонтаног постанка живих организама из неорганске материје. Отуда су механистички материјалисти, све до Пастерових огледа, потпуно заступали гледиште самозачећа живота и само замењивали „животну силу“ виталиста некаким природним физичким силама. Х. Бастиан [3] је заступао такво гледиште чак и кад је Пастер доказао потпуну неодрживост теорије самозачећа микроба. Било је ипак тешко оспоравати оно што је очевидно. Бастиан је остао усамљен и већина присталица овога правца почела је да заступа мишљење да се првобитна појава живих организама могла десити само у ранијим епохама постојања наше планете.

Најизразитији претставник тог гледишта био је Е. Хекел (1834—1919) [4]. Испитујући односе организама према неорганској природи, он долази до закључка о свеоп-

¹⁾ Маркс и Енгелс. Соч., т. III, стр. 154.

штем јединству природе. „Сва позната природна тела на Земљи, како одуховљена тако и неодуховљена, слична су међ собом у свима битним особинама материје.“ Живот је присутан и у самим атомима. Отуда првобитни постанак живих бића, иако још није доказан непосредним искуством, претставља несумњив, „логички постулат филозофског познавања природе“.

Хипотеза пренашања клица живота из међузвезданих простора не може да нам објасни појаву живота на Земљи. Али како је Земља у једно извесно време била у таквом стању које је искључивало сваку могућност органског живота, организми су се морали развити из неорганске материје у одређеном моменту развитка Земље. Нема никакве противуречности у томе што се данас не запажа самозачеће микроорганизама. Постанак организама из неживе материје био је ипак могућ у удаљеним периодима постојања Земље, онда када су постојали савршено други спољашњи услови, различити од данашњих. Организми постали путем спонтаног самозачећа, морали су претстављати, по мишљењу Хекела, најнижа, најпростија бића која је могуће уопште замислити као „једнородне, беструктурне, бесформне комадиће беланчевине“. Она су постала као резултат међудејстава материја растворених у првобитном мору. Али Хекел не објашњава како се збио сам постанак организама. Штавише, он сматра да би „сваку иоле ближу претставу о првобитном пореклу требало сматрати још непоузданом, пошто за сада не располажемо готово никаквим задовољавајућим подацима о том изванредно особеном стању у коме се налазила површина наше Земље у тренутку првобитног постанка организама“.

На тај начин Хекел је преносио тежиште питања о пореклу живота на значај посебних физичких услова који су некада постојали на Земљи. Он је веома упрошћено мислио да нема никакве начелне разлике између постанка кристала и живе ћелице. Најпростије живо биће, „монера без једра“ искристалисала се, по његовом мишљењу, чисто механички из безживотне материје [5]. У томе је лежала основна грешка Хекела. Излазило је на то да најпростији организми могу у крајњој линији постати одједном из неорганске материје. Читаво питање се сводило само на присуство некаких нарочитих спољашњих физичких сила које условљавају прелаз такве врсте од безживотне материје ка живом бићу. Такве су силе постојале у прошлости; данас њих више нема на Земљи и отуда је самозачеће данас немогуће.

Сасвим је разумљиво да су доцнији аутори који су стајали на Хекеловом гледишту, покушавали да ипак себи некако претставе те силе које су из неорганике материје образовале жива бића. У те силе убрајана су и електрична пражњења, и ултравиолетна светлост, и некакве нарочите силе афинитета, а доцније и радиоактивност елемената. Као пример може се навести Ф. Елен [6]. Тај аутор је постанак живота везивао за доба када је вода већ образовала првобитни океан на земљиној површини. У то време су се излучила у земљиној кори тешка, постојана нерастворљива једињења, а мање постојана налазила су се делом у гасовитом облику у ваздуху, делом у раствореном стању у води. У ваздуху и у води налазили су се азот, кисеоник и угљена киселина. Благодарени моћним електричним пражњењима, којом су приликом муње непрекидно проседале влажну топлу атмосферу, стварали су се, — као што то још и данас бива у незнатној мери, — амонијак и азотов оксид које је киша повлачила собом надолу, и који су се растварали у води. Овде су они долазили у додир са раствором угљеном киселином, са хлоридима, сулфатима, алкалним фосфатима и другим солима метала. Отуда су једињења азота, којима је Елен придавао особити значај, могла да ступају у хемиске односе са различитим материјама. Приликом једињења са угљеном киселином долазило је до ослобађања кисеоника и до појаве првобитног живог бића које је углавном испољавало већ све оне особине што се сусрећу и данас код савремених организама. Елен се не задржава детаљно на детаљима образовања живе супстанце; он само износи претпоставку да при спајању кисеоника са азотом или одвајању од азота може играти извесну улогу сунчева светлост коју су апсорбовала једињења гвожђа растворена или суспендована у води. У целини узето, остаје ипак потпуно неразумљиво на који начин силе што их Елен узима у обзир, могу да образују организовану материју.

Блиска схватања развио је доцније, већ у XX веку, Х. Осборн [7]. На почетку своје књиге „The origine and evolution of life“ („Порекло и еволуција живота“), он слика још безживотну Земљу, густо обвијену као одећом, тадашњом атмосфером која је у себи садржавала велику количину водене паре и угљене киселине. Та је угљена киселина управо послужила, по мишљењу Осборна, као извор угљеника за образовање оних органичних материја из којих су затим постали организми. „Ми можемо, — пише он, — да усвојимо хипотезу према којој се у најранијим периодама организације живе материје, извршило постепено сје-

дињавање десет елемената неопходних за живот. Од тих елемената; четири најважнија добијена су из првобитних једињења — воде, везаног азота (вулканске ерупције) и угљене киселине атмосфере“. Па ипак Осборн уопште не објашњава на који начин се могао извршити такав преображај. Он се само ограничава на то да нејасно укаже на „привлачну силу“ кисеоника и водоника.

Као што ћемо доцније видети, наведена тврђења о првобитном постанку гасовитог угљендиоксида у атмосфери потпуно су произвољна и слабо одговарају стварности. Али су она играла велику негативну улогу у историји развитка наших схватања порекла живота, пошто су на основу њих грађени веома важни закључци који су знатно компликовали читаво питање. Уствари, ако у моменту образовања првих живих бића није било на површини Земље никаквих органичних материја него само угљене киселине, воде, кисеоника, азота и низа минералних соли, првобитни организми би морали располагати способношћу да се хране тим материјама, слично данашњим биљкама. „Пионери живота, — писао је тим поводом В. Омељански (1867—1928) [8] у својим „Основама микробиологије“ (1922), — несумњиво су била нека примитивна бића која нису имала потребе за готовим органичним материјама и која су била способна да их у потпуности синтетизују из неорганичних једињења — угљене киселине, кисеоника и азота из ваздуха, а такође и из различитих минералних соли. Таквој групи микроба са примитивном разменом материја припадају на пример нитрифицирајући организми, делом и бактерије које узимају азот, а можда и модрозелене алге“.

Али сва та побројана жива бића већ имају сложену грађу и она су морала располагати особеном физичко-хемиском организацијом, апаратима способним да врше синтезу органичних једињења из материја мртве природе. Како би такве творевине могле постати непосредно из угљене киселине, воде и минералних соли? В. Омељански, сходно погледима свога времена, даје на то питање сасвим прост одговор. „Када се Земља охладила, — пише он, — и када је створена могућност појаве органског живота на њој, он се јавио као резултат непознатих комбинација материје и силе“. Тако су дакле и многи научници XX века, слично Хекелу, покушавали да питање порекла живота сведу на постојање некаквих специјалних, необичних и непознатих спољашњих услова у прошлим периодима развитка наше планете.

Крајем XIX и почетком XX века, упоредо са поменутим теоријама које су тежиле да оцртају слику појаве живота у

ранијим геолошким периодама јавио се један други правац, такође механистички, са циљем да реши питање порекла живота експерименталним путем. Тај је правац поникао на бази истраживачких радова на изградњи такозваних модела живих ћелица. Као пример таквог модела могла би се навести вештачка ћелица М. Траубе-а (1826—1894). [9]. Траубе је ставио мали кристал бакарног сулфата у водени раствор фероцијан-калија. На месту додира раствора бакарне соли са околним раствором $K_4Fe(CN)_6$ ствара се преградна опна од нерастворљивог бакра-фероцијанида. Та опна образује полупропустљиви мехур око кристала бакра сулфата и садржи у себи раствор те материје. При постепеном растварању кристалића у унутрашњости таквог мехура, повећава се стално осмотски притисак. Врло танка и нееластична опна прска и раствор бакарне соли, кроз тако створену пукотину, долази у додир са раствором фероцијанкалија. Услед тога се на месту пукотине одмах ствара опна од бакра-фероцијанида, која ту пукотину затвори. Самим тим се мехур донекле повећа. Ова се појава непрекидно понавља у истом смислу, при чему мехур расте и узима одређен облик и размере. Траубе сматра да његова вештачка ћелица имитује растење праве живе ћелице и отуда се проучавањем таквог модела могу схватити физичко-хемијски узроци који условљавају растење.

Доцније је О. Бичли (1848—1920) [10] створио модел који репродукује кретање живих амеба. Он је узимао капљицу маслиновог уља и стављао је на раствор соде. Капљица је, слично амеби, испуштала псеудоподије, кретала се и чак могла да захвата чврсте честице слично амеби која уноси у себе ћелице алга и т. сл. Сличне прсте моделе који репродукују кретање, исхрану и деобу ћелије, правио је и Румблер [11] и читав низ других испитивача.

Сви ти модели били би од научног интереса само у том случају ако се појаве што их они репродукују заснивају на истим физичко-хемијским узроцима који условљавају исте појаве и у живој ћелици. У таквом случају модел допушта да се тачно проуче дате појаве под мање сложеним околностима него што су околности дате у протоплазми. Нажалост, испитивачи су се одвећ често поводили за чисто спољашњом површном сличношћу између модела и живих бића, што је доводило до необично упрошћених, механистичких закључака. Као пример таквог изузетног повођења за спољашњом сличношћу, могуће је навести радове С. Ледика [12] на добијању такозваних „осмотских ћелица“. Ледик је углавном репродуковао исте појаве као и Траубе само под далеко сложенијим условима. Он је као

полазни материјал узимао комадић стопљеног калцијумхлорида и стављао га у zasiћени раствор соде или калијумфосфата. Резултат је био појава полупропустљиве опне од креча или калцијумфосфата која је чинила осмотски мехур. Путем измене концентрације раствора, додавања различитих других примеса и других поступака, Ледик је успевао да добије врло сложене творевине које су по своме изгледу јако потсећале на алге, гљиве итд. Све се те творевине јављају као резултат дејства осмотских сила и сила површинског напона.

Нема, разуме се, никакве сумње да осмотске појаве играју битну улогу у животу биљних и животињских ћелица. Али гола спољашња сличност сасвим је недовољна за закључке о идентичности физичко-хемијских процеса који се одигравају у живој ћелици и у описаним „осмотским ћелицама“. И баш тим путем је пошао Ледик у својим радовима. Повевши се за спољашњом сличношћу добијених творевина са живим организмима, он је сматрао да његови огледи могу послужити као основа новог правца у биологији. Тај правац је он назао „синтетичком биологијом“ — науком о експерименталном добијању живих облика из неживе материје.

Једва је и потребно доказивати потпуну безнадност таквог необично упрошћеног приступа решењу питања порекла живота. Као што није могуће објаснити све животне појаве присуством ма каквог хемијског радикала, тако исто није могуће очекивати да се изгради живи организам искључиво помоћу дејства осмотских сила. Сличност Ледикових творевина са живим бићима није већа од спољашње сличности живог човека са његовом мраморном статуом; али ми никада не би озбиљно поверовали у могућност оживљавања Галатеје или посете „Каменог госта“.¹⁾

Ледик је обележио само путеве ка синтези организма. Почетком нашег века многи су аутори пошли још даље и тврдили у својим радовима како им је пошло за руком да вештачким путем створе жива бића. Показало се да свата тврђења почивају на више или мање грубим заблудама и да немају никакав значај за решење проблема порекла живота. Али су она до извесне мере интересантна као карактеристика упрошћеног механистичког приступања томе проблему.

Као пример такве неуспешне „синтезе живота“ могуће је навести рад Кукука [13], објављен под громким на-

¹⁾ Галатеја — према грчкој митологији кип нимфе коју је оживела Афродита на молбу вајара Пигмалиона, његовог ствараоца; „Камен гост“ — драма у стиховима од А. С. Пушкина у којој оживљује мермерни кип љубоморног Дон Карлоса. — Прим. прев.

словом „Решење проблема самозачећа“. По испитивањима аутора, под утицајем радиума на смесу желатина, глицерина и кухињске соли, за 24 часа се на желатину развија нарочита култура, образују живе ћелице које расту, деле се и манифестују друге знаке живота. Овај рад је имао отворено дилетантски карактер и показивао да аутор недовољно познаје колоидне системе. Разуме се да тај рад нема никакав стварни значај, али га не треба узети као случајну појаву или као неки куриозум. Он до извесне мере одражава, у веома претераном и чак оптерећеном облику, иста механистичка гледишта која је развио Хекел и његови следбеници. Он се могао појавити само на основи таквих гледишта и теорија. У суштини, и сам Хекел је сматрао да су најпростија жива бића могла некада одједном постати из неорганске материје, слично кристалу који искристалисава. За то је било потребно присуство некаквих специфичних непознатих сила које омогућују такав прелаз неживе материје у жива бића. Кукук је тражио те силе међ радиоактивним појавама дотада још слабо проученим.

У суштини, Хекел није тако далеко одмакао од теорије првобитног самозачећа у њеном првобитном наивном облику; он је то збивање само пренео у давно прошла времена и заменио „животну силу“ виталиста некаквим специфичним, непознатим и необичним спољашњим условима. Како су ти услови и силе изградили изванредно сложене системе као што су најпростија жива бића, остало је потпуно нејасно и за самог Хекела и за све његове следбенике.

Отуда су сасвим разумљиве све многобројне замерке које су износиле и данас износе присталице вечности живота, теорији могућности постанка живих организама у ранијим периодима постојања наше планете. У суштини, све се те замерке могу свести на две. Прву је изнео релативно давно В. Прајер (1841—1897) [14]. Тај је аутор доста злобно исмевао те тајанствене услове који су били неопходни за појаву живота у давним геолошким епохама. Ако су ти услови били истоветни са данашњим, појава живота је била немогућа пошто је Пастер доказао да се она данас не дешава. Ако су пак они били различити од садашњих, постали организми морали би данас угинути, пошто они у данашње време егзистирају у врло узаним оквирима спољашњих услова.

Другу замерку формулисао је С. Костичев (1877—1931) [15] у својој малој популарној књижици „О појави живота на Земљи“ (1921). Та се замерка своди на ово: жива бића, чак и најпростије саграђена, имају веома сложену, танану и савршену структуру протоплазме. „Једино је благо-

дарећи таквој грађи протоплазме и необично савршеној расподели функција међу њеним саставним деловима, могућ цео низ животних појава“.

„Све трансформације материје и енергије, карактеристичне за жива бића, биле би немогуће без посредства специјално прилагођеног апарата. Али је случајна појава сложеног апарата сасвим невероватна. Ако бих ја предложио читаоцу да процени колика је вероватност да би се из неорганизоване материје, помоћу каквих било природних, на пр. вулканских процеса, случајно створила велика фабрика са пећима, цевима, котловима, машинама, вентилаторима и т. сл., такав предлог би у најбољем случају оставио утисак неукусне шале. Па ипак, и најпростији микроорганизам је саграђен још сложеније од сваке фабрике; његов случајни постанак је дакле још мање вероватан.“

Наведене замерке имају битни значај у случају ако се поставимо на Хекелово гледиште, ако сматрамо да је у одређеној периоди постојања Земље, под утицајем некаквих физичких сила и непознатих услова, одједном поникао живи организам из неживе материје, слично кристалу који се издваја из матичног раствора. Ако је такав организам чак и био најпростија „монера“, он је морао имати све атрибуте живота, тј. његова унутрашња структура, његова грађа морала је бити прилагођена вршењу одређених животних функција. Али појава те прилагођености, те „целисходности“ унутрашње грађе под дејством некаквих спољашњих, физичких, „слепих“ сила, изгледа крајње невероватна.

Ствар ће сасвим другојаче стајати ако одбацимо помешану механистичко схватање и станемо на гледиште да су се најпростији живи организми јавили постепено, као резултат дуге еволуције органске супстанце, само као одређена етапа на путу општег историског развика материје. У том случају, и замерке Прајера и замерке Костичева губе свој значај. У својим разматрањима Костичев је допустио себи исту грешку коју су у своје време учинили антидарвинисти кад су доказивали немогућност природног постанка виших организама снабдених низом органа, одлично прилагођених на вршење одређених функција. Несумњиво да фабрика не може постати под природним условима независним од човека управо зато што је свака фабрика изграђена по одређеном, унапред смишљеном плану. Све је у тој фабрици, од изградње зидова и детаља машина до распореда појединих постројења, срачунато на испуњавање одређених претходно предвиђених циљева. Стихиско испуњава-

ње такве људске сврхе, таквог унапред постављеног плана, није могуће у датом случају.

Не може бити ни говора о таквом унапред смишљеном плану грађе протоплазме, јер би иначе морали уопште говорити о творачкој вољи божанства и о плану стварања. Али се одређена организација протоплазме, прилагођеност њене унутрашње структуре на вршење одређених функција, сасвим могла изградити у процесу еволуције органске супстанце, исто онако као што су у процесу еволуције најпростијих живих бића постале високо организоване животиње и биљке.

Са тог становишта, беспредметна је и замерка П р а ј е р а, јер у овом случају није потребно измишљати никакве натприродне силе и услове. Као што ћемо доцније видети, појава живота у процесу еволуције органске материје збила се отприлике под истим условима температуре, влажности, притиска, светлости итд. какви постоје и данас. Одређена „целисходна“ организација протоплазме јавила се не под дејством некаких спољашњих формативних сила, него као резултат особина самих угљеничних једињења, као резултат законитости на чијој је основи текла еволуција тих једињења. Једини услов који је био неопходан за такву еволуцију органских супстанци и кога данас нема на површини Земље, је (ма колико парадоксално то звучало) безживотност Земље. Живот се могао јавити само у отсуству организама. Данас органска супстанца која на овај или онај начин постане на земљиној површини, не може да претрпи дугу еволуцију. Већ за релативно кратко време њу ће уништити, појести многобројни организми добро наоружани за животну борбу, што насељавају земљу, воду и ваздух. Али у давним временима, кад је Земља била још стерилна, процес еволуције органске материје могао је трајати неограничено дуго и довести, на основу законитости о којима ће доцније бити говора, до појаве живих бића.

Идеја о еволуцији материје као основи појаве живота, сусреће се, заједно са свима осталим концепцијама тог проблема, још код старогрчких филозофа. Као што је већ напоменуто у првој глави, дијалектички принцип еволуционог развитка материје подигао је Х е р а к л и т [16] на изузетну висину. Тај је принцип био доцније моћно развијен у учењу Е м п е д о к л а [17] и (делимично) Д е м о к р и т а, који су говорили о еволуцији читавог козмоса и специјално о еволуцији живих бића, и указивали на то да су организми прошли дуги пут развитка пре но што су постали онакви какве их видимо данас.

Па ипак, овај се принцип у току дугог времена не одражава у даљој историји питања порекла живота. Тек се код француских материјалиста XVIII века сусрећу поједине мисли о еволуцији живих бића. Тако на пр. Л а м е т р и (1709—1751) [18] говори у својим делима о бесконачно дугом развоју органских врста које се непрекидно мењају под непосредним дејством спољашње средине и унутрашњих напора. О томе такође говори Р о б и н е (1735—1820) [19] у своје покушају да објасни порекло и развитак живих бића. Најзад, Д и д р о (1713—1784) [20] у „Мислима о објашњењу природе“ указује на то да комадић живе материје — смбрион, — постао сједињавањем низа елемената, пролази кроз бескрајне ступеве развитка у току многих милиона година.

Дијалектички метод мишљења долази до широке примене у класичној немачкој натурфилософији, и то се одrazilо и у покушајима решења проблема порекла живота. Иако се, као што смо видели у првој глави, већина немачких идеалиста XVIII и почетка XIX века придржавала принципа самозачећа живота, код О к е н а [21] се сусреће већ довољно разрађена идеја о постепеној еволуцији угљеничних једињења чији је резултат био стварање првобитне слуги из које су се затим развила сва жива бића.

Интересантно је у вези с тим посебно истаћи чињеницу да се принцип еволуције, који се нагло развијао у природним наукама почетком XIX века, примењивао само на већ постојећа жива бића. У питању порекла живота, тај принцип у већини случајева није долазио до примене. Изразит пример тога је Ж. Л а м а р к [22]. Полазећи од идеја француских просветитеља, Л а м а р к је изградио своју чувену теорију еволуције органског света. Али он принцип еволуције није применио и на питање порекла живота, и остао је убеђени присталица спонтаног зачећа живих бића из неорганске материје.

Чарлс Д а р в и н [23] (1809—1882) не говори у својим делима готово ништа непосредно о пореклу живота, о постанку живих бића. Само у једном писму У о л е с у (из 1872 г.), критикујући огледе Б а с т и ј а н а које сматра потпуно нетачним, он указује на то да је спонтано зачеће још недоказано, „али ипак ја сматрам за могуће да је архебиоза исправна“. По мишљењу Д а р в и н а, живот је морао некада и негде постати, али како је до тога дошло, још је неизвесно. Ипак, огроман значај Д а р в и н о в о г учења за решење проблема порекла живота лежи наравно не у појединим исказима него у законитостима еволуције организама које је он утврдио. Као што ћемо видети, само је на основу тих законитости могуће правилно разумети процес еволуције материје која је довела до појаве живих бића.

Ф. Ен г е л с [24] први је најизразитије применио дијалектички метод на решавање проблема порекла живота. У „Дијалектици природе“ Ен г е л с је подвргао поразној критици како принцип самозачећа, тако и идеју вечности живота. Живот се не рађа спонтано из неорганичних материја нити постоји вечно; он се у процесу еволуције материје јавља сваки пут кад за то постоје повољни услови. У уводу „Дијалектике природе“ 1880 г., дајући слику постепеног развитка звездане васионе и нашег планетног система, Ен г е л с истиче основне етапе еволуције материје које су довеле до постанка органске природе. „Најзад, — пише он, — кад се температура охладила дотле, — бар на неком знатнијем делу површине — да више не прелази границе у којима беланчевина може постојати, жива протоплазма се образује под повољним хемиским условима...“ „Можда су, — пише он даље, — прошле хиљаде година док се нису створили неопходни услови за следећи корак напред, и док се из те безобличне беланчевине (о којој је О к е н. пророчки...) није развила, са образовањем једра и опне, прва ћелица. Али заједно са том ћелицом била је створена и основа за формирање читавог органског света.“¹⁾

Међ природњацима пред крај прошлог века који су се трудили да реше питање порекла живота на основи еволуционог принципа, треба овде нарочито истаћи Е. П ф л и г е р а (1829—1910) [25], који је створио веома интересантну теорију о томе проблему. Насупрот Хекелу, он је тражио узрок постанка живих бића не само у особености спољашњих услова, него поглавито и у особинама оних материја из којих су се организми морали јавити. У својим конструкцијама он је полазио од анализе хемиских особина беланчевине, — тела за које је он нераскидљиво везивао суштину животног процеса. П ф л и г е р је сматрао да у организмима постоје две принципијелно различите категорије беланчевина: „мртва“ резервна беланчевина и „жива“ протоплазматична беланчевина. У прву категорију спадају материје као што су беланце кокошијег јајета, резервна беланчевина семена итд. Те су беланчевине веома постојане и хемиски инертне. У отсуству микроорганизама могуће је сачувати их неограничено дуго време а да не претрпе никакве битне хемиске промене. Напротив „жива“ беланчевина протоплазме веома је непостојано једињење. Управо се на тој непостојаности заснива, по мишљењу П ф л и г е р а, хемиска размена материја у унутрашњости живе ћелице. Свака жива супстанца се до извесне мере увек сама по себи разлаже. Узрок томе П ф л и г е р је гледао у присуству нарочитих хемиских група у саставу „жи-

ве“ беланчевине. Та беланчевина наиме нужно мора имати способност самооксидације кисеоником из ваздуха. То произилази из чињенице да се приликом саморазлагања живе супстанце увек образује угљена киселина. Али се угљена киселина не може образовати непосредном оксидацијом угљениковог атома и простим одвајањем молекула CO_2 . Продукти распадања које добијамо при разлагању „мртве“ беланчевине, или сама „мртва“ беланчевина као таква, савршено су неспособни за такву врсту оксидације. Према томе, у „живот“ беланчевини морају постојати нарочите атомске групе, нарочити радикали способни за саморазлагање и самооксидацију. Многи разлози довели су П ф л и г е р а до хипотезе да се молекул „живе“ беланчевине одликује присуством радикала цијана (CN). Главни доказ за то гледао је П ф л и г е р у поређењу азотних продуката распадања беланчевине који се добијају при нормалној размени материја живог организма, са одговарајућим производима распадања „мртве“ беланчевине који се јављају приликом њеног вештачког разлагања. Ти су продукти битно различити међ собом. Карактеристичне материје које се јављају приликом разлагања „живе“ беланчевине: уреа, мокраћна киселина итд., никада се не могу добити при вештачком разлагању „мртве“ беланчевине. Али се те карактеристичне материје лако могу створити из цијанског једињења путем премештања атома; тако је на пр. у синтези Ф. Велера (1800—1882) уреа добијена из амониумцијаната.

Али је стварање цијана везано са знатном апсорпцијом топлоте, што произилази из чињенице утврђене калориметриским испитивањима, да цијан претставља радикал са великом количином енергије. „Приликом образовања ћеличне супстанце, тј. живе беланчевине из беланчевине хране, — пише П ф л и г е р, — наступа промена те беланчевине, праћена вероватно знатном апсорпцијом топлоте услед тога што атоми азота ступају у цијанско једињење са атомима угљеника“. На тај начин, са увођењем цијана у живи молекул, „у живу материју се уноси момент моћног унутрашњег кретања“. Тиме се, по мишљењу П ф л и г е р а, објашњава лако разлагање беланчевине и њена способност самооксидације. Атоми цијана, по схватању поменутог аутора, налазе се у моћном осцилаторном кретању. Угљенични атом цијана, приликом случајног приближавања два кисеонична атома, излази из сфере дејства азота и ближи се сфери дејства кисеоничних атома, да би се затим сјединио с њима у угљену киселину.

И тако П ф л и г е р тежи да упрошћено сведе читаву размену материја, све особине живе протоплазме, на присуство одређених хемиских група цијанског радикала који улази у састав „живе“ беланчевине. Полазећи од те поставке,

¹⁾ Ф. Ен г е л с. Диалектика природы, стр. 94-95. Партиздат, 1933.

Пфлигер гради своју теорију порекла живота. „Када се мисли о почетку органског живота, — писао је он, — не треба обраћати пажњу пре свега на угљену киселину и амонијак, пошто они претстављају крај живота, а не његов почетак. Почетак живота лежи далеко пре у цијану“.

Решење питања порекла живе супстанце своди се према томе на решење питања постанка цијана. „У овом погледу, органска хемија нам даје веома важну чињеницу да се цијан и његова једињења образују на топлоти усијања, када се неопходна азотна једињења налазе у додиру са ужареним угљем, или када се њихова смеша доведе до белог усијања. Отуда је сасвим јасна могућност образовања једињења цијана у оно време када се Земља у целини или делимично налазила у ужареном или усијаном стању. Према томе, живот проистиче од ватре и у својој суштини зачет је још у време када је Земља претстављала усијану ватрену лопту“.

„Ако се сада узме у обзир неизмерно дуги размак времена у току кога се бескрајно лагано вршило хлађење земљине површине, цијан и његова једињења имали су довољно времена и могућности да широко искористе своју склоност ка промени и стварању полимера и да, сједињујући се са кисеоником, а доцније и са водом и солима, пређу у беланчевину способну да се сама разлаже, беланчевину која улази у састав живе материје“.

Савремена биохемија је потпуно напустила основне идеје Пфлигера о „живој“ беланчевини способној за само-разлагање и самооксидацију, у облику како је он то замишљао. Не само беланчевина, него и друге органске материје, на пример угљени хидрати, претстављају ван организма веома постојана, хемиски инертна једињења, док се међутим у живој ћелици подвргавају доста брзим променама. То зависи од присуства у живој ћелици читавог система катализатора — фермената који необично убрзавају ток одређених хемиских реакција и тиме стварају нужне предуслове за размену материја. Наиме и размена азота је резултат ферментног дејства, али она тече сасвим другојаче но што је то замишљао Пфлигер. Ни резервна ни протоплазматична беланчевина се не могу подвргнути непосредној оксидацији помоћу кисеоника из ваздуха. Разлагање беланчевине у живој ћелици обично почиње са хидролитичким разлагањем на пептоне и аминокиселине; затим наступа оксидација тако добијених продуката распадања под дејством нарочитог, доста сложеног система фермената, при чему и оксидација није непосредна, није резултат спајања са кисеоником из ваздуха, него посредна, преко везаног кисеоника из воде. Азот се обично одваја у облику амонијака. Уреа, мокраћна киселина итд. су продукти секундарне синтезе и ни на који начин не по-

казују да се у молекулу беланчевине налази радикал цијана. Обавезно присуство таквог радикала у беланчевини протоплазме, данас се све више доводи у сумњу. У сваком случају може се поуздано рећи да се никаквим радикалима, никаквим оделитим молекуларним групама каквог било познатог једињења, не може објаснити укупност животних особина организма. У томе погледу, Пфлигер је пао у несумњиву грешку, јер је одвећ упрошћено пришао сложеној појави размене материја која се одиграва у ћелици.

Па ипак, Пфлигерова теорија има изузетан значај за развитак наших схватања порекла живота. Пфлигер није само искористио принцип еволуционог развитка материје за решење тог питања. Он је први (иако не сасвим правилно) осветлио могућност првобитног постанка органских материја, јоних материја које располажу, благодарећи огромној резерви хемиске енергије у себи, широким могућностима за даље промене и трансформације. Он је први указао на то да „угљена киселина није почетак већ крај живота“. Доцније је то тврђење било сасвим заборављено и многи познији аутори (механицисти као и еволуционисти) полазе у својим констатацијама од поставке да је управо угљена киселина била првобитни облик у коме се угљеник јавио на земљиној површини.

У XX веку, еволуционистички метод приступања питању порекла живота придобија велики број присталица међу природњацима. Али само расправљање тог питања по правилу још је површног карактера. У већини случајева, њему су посвећене само популарне брошуре и чланци, или опште примедбе на јавним иступањима. Споменућемо овде неке од њих.

Говор који је одржао А. Шефер [26] на годишњем скупу Британске Асоцијације у Дендиу 1912 год., о теми „Живот, његова природа, порекло и одржавање“, има знатан интерес. Додирујући питање порекла живота, Шефер је рекао: „ми смо не само у праву, него смо и принуђени да верујемо да жива супстанца, за своје порекло у прошлости, има да благодари узроцима по свом карактеру аналогним онима који су дејствовали приликом стварања и свих других облика материје у васиони, наиме процесу постепене еволуције...“. „Посматрајући еволуцију живе материје с гледишта и у светлости еволуције материје уопште, ми постајемо уверени да жива материја није постала путем изненадне промене коју би изазвале природне или натприродне силе, него путем постепеног процеса специфичних промена из безживотног материјала, преко материјала који стоји на граници између одуховљеног и неодуховљеног, у материјал који располаже свима карактеристичним цртама за које ми везујемо појам „живота“. Сам процес еволуције органске материје

приказује се Шеферу у прилично магловитом облику. Он говори (и то сасвим неодређено) о образовању органске материје, затим о образовању масе колоидне слузи способне за асимилацију, затим о одвајању извесног дела живе материје богатог у фосфору, о постанку ензима и најзад о диференцијацији ћеличног једра. Иако је Шеферу је немогућа при садашњем стању наших знања.

Шефер је веровао да ће се за то нужни подаци моћи добити из непосредних посматрања природе, пошто је сматрао сасвим за могуће да се живот у процесу еволуције ствара и данас, само ми то не унемо да видимо. Тешко је стварним сагласити се са таквим мишљењем. Еволуција органске материје је историски процес, према томе неповратан. Живот се не може стварати данас не зато што нема повољних спољашњих услова, него зато што је он већ постао и достигао у процесу еволуције одређени ступањ савршенства. Као што је већ речено, ако би се данас и створила ма каква органска супстанца или првобитна колоидална слуз, она би под данашњим одговарајућим условима живота неминовно била уништена од стране већ постојећих, високо развијених и на те услове прилагођених организама.

Десетак година после говора Шефера изишао је у француском астрономском часопису чланак П. Бекерела [27], посвећен питању порекла живота на Земљи. Главни значај тог чланка састоји се у опсежној критици теорије панспермије. На основу личних експерименталних података, аутор врло убедљиво доказује немогућност пренашања клица живота из међузвезданих простора на Земљу. Насупрот тој теорији, он развија сопствене погледе на питање порекла живота. „У бесконачности, на небеским планетама сличним Земљи, живот се у извесној фази њихове еволуције морао јављати, развијати и ишчезавати, исто онако као што и светови увек имају свој почетак, своје трансформације и свој завршетак.“ Земалски живот је дакле само специјалан случај козмичке еволуције материје. Па ипак, саму еволуцију органске материје, која је довела до појаве живих бића, излаже Бекерел још оскудније но Шефер.

Бекерел, као и многи његови претходници, сматра угљену киселину као првобитно једињење угљеника. Ослањајући се на огледе Бертола и Стоклазе на синтези органских материја дејством ултравиолетне светлости и радиоактивних еманација на угљену киселину, аутор конструише своју теорију такозване „радиогенезе“. По тој теорији, под дејством ултравиолетних зракова Сунца и радиоактивности стена, морале су у одређеној геолошкој периоди постати органске материје; затим су се створили некакви са-

вршени колоидни системи и из њих постале клице живота. У овим погледима Бекерела од знатног је интереса могућност постанка органских супстанци под дејством ултравиолетне светлости. Али најважнији моменат еволуције — постанак првих клица — остаје још сасвим нејасан, као што то и сам аутор теорије признаје.

У истој години кад и Бекерелов чланак, појавио се у америчком популарном часопису и чланак Ч. Липмана [28] посвећен истом питању. Пошто је сажето изложио досадашње теорије, Липман развија своје гледиште. Он указује на то да је на Земљи, у раним периодама њеног постојања, владала не само висока температура, него и повишена хемиска и електрична активност. Угљена киселина, вода и нитрити, сједињујући се, образовали су органске молекуле типа аминокиселина и полипептида. Особине тих молекула биле су одређене распоредом атома у простору. Могао је постати и такав молекул који се, по своме порасту и међудејству са околном средином, могао већ сматрати као „први живи молекул“. Тај је молекул, под одређеним условима, ступао у реакцију са другим молекулима тако да су се постепено стварали све сложенији хемиски агрегати, до тренутка док се нису, по истеку геолошких епоха, створили први протеини и права протоплазма. Стварну потврду својих гледишта на могућност постанка „живог молекула“ Липман види у постојању филтрирајућих вируса. У даљем излагању ми ћемо се још вратити на то питање.

Отприлике у исто време јавио се у СССР читав низ популарних брошура посвећених питању порекла живота (М. Гремјачки [29], Б. Личков [30], Б. Завадовски [31], В. Сафонов [32] и др.). У истој години кад су изишли чланци Бекерела и Липмана, објављена је и моја брошура „Порекло живота“ [33]. У њој су по први пут изложени погледи које ће читалац наћи у овој књизи у разрађенијем облику. Треба поменути и брошуру А. Куљабка [34] у којој аутор углавном излаже погледе Шефера на питање порекла живота. Ту се, као и у раду Липмана, јављају „живи молекули“ који образују при своме растењу „по своме саставу једнородне простране масе“ из којих су поникла жива бића.

Принцип еволуционог развитка материје као основе на којој се извршио постанак живота, изразито се одразио и у књизи академичара В. Комарова (1869—1945) [35] „Порекло биљака“. Пошто је анализирао и одбацио теорије вечности живота и пренашања живих бића из међупланетних простора на Земљу, В. Комаров пише: „Једино научну теорију претставља биохемиска теорија порекла живота, дубоко убеђење да је појава живота била само једна од поступ-

них етапа у општој еволуцији материје, у процесу постајања дугога низа све сложенијих једињења угљеника и азота“. Он даље црта средину и услове под којима су, по његовом мишљењу, постали први организми, и доцнију еволуцију благодарећи којој су се јавили сви многобројни претставници биљног царства.

Као карактеристику гледишта изнетих у последње време по питању порекла живота, могуће је навести два велика рада од којих је један објављен у Енглеској а други у Француској, у 1939 г.

Аутор књиге „Life's Beginning on the Earth“ („Почетак живота на Земљи“), издате у Лондону, Р. Бојтнер [36], полази у својим схватањима од следећих основних поставки. Најкарактеристичнију црту живота претставља бесконачна разноврсност његове морфологије. Позивајући се на Ледика и Бичлија, Бојтнер указује на то да и ван живе природе могу постојати вештачке структуре чија сличност с живим организмима није случајна. Ипак, те вештачке структуре не располажу потпуношћу живих облика и пре свега не могу се саморепродуковати.

Проблему саморепродукције се може прићи са гледишта проучавања вируса, — на пример вируса мозаика дувана. За онога ко сматра да живи организми морају имати одређен облик, вирус је безживотан, јер он претставља само молекуларни агрегат. Али како је основни карактер живота претстављен способношћу саморепродукције, вирус се може сматрати живим. Он претставља мономолекуларни облик живота и у суштини претставља ензим који се сам размножава, јер изазива у околној средини ферментске реакције чији је крајњи резултат сам материјал вируса.

Живи организми се према томе одликују двема особинама: 1) способношћу да материје околне средине претварају у материје сопственог тела, и 2) способношћу да стварају различите облике. У процесу еволуције материје најпре се јавила прва способност. Полазећи од огледа Габера, Бојтнер сматра да су моћна електрична пражњења која су се некада одигравала на земљиној површини, морала условити појаву многобројних органских материја. Међу тим материјама, раствореним у првобитном океану, морали су да постану, под дејством случајних узрока, најпре прости ензими, а затим ензими способни за саморепродукцију, — ензими који се сами регенеришу. То је био првобитни облик живе материје, из које је, као резултат растења и компликовања, поникла доцније структура карактеристична за живе организме. У прилогу, Бојтнер доста детаљно излаже енглески превод првог издања своје књиге (37), при чему се углавном придружује мојим погледима.

У два опширна чланка објављена у „L'Astronomie“ од 1938 и 1939 год., А. Довилије [38] излаже детаљну слику постајка и даље еволуције наше планете. Према изложеним схватањима, наша је Земља постала, слично другим планетама сунчаног система, из кондензоване гасовите масе која се откинула од површине Сунца. Приликом хлађења те масе најпре се образовало првобитно земљино језгро. Затим су се јавили силикатни омотачи земљине коре (сима и сиал). Услед хлађења и скупљања наступиле су промене на земљиној површини и појавиле се океанске котлине и дубоке пукотине. У одређеном тренутку јавила се у земљиној атмосфери вода у облику препрејане водене паре, и угљена киселина. Доцније се водена пара згуснула и омогућила појаву првобитних океана и мора. После тога дошла је историја стварања органских материја и појаве живота.

Као и многи ранији аутори, и Довилије сматра да је почетна материја за стварање органских супстанци била угљена киселина, редукована до формалдехида под утицајем ултравиолетне светлости. У том погледу, он углавном понавља идеје Б. Мура и П. Бекерела. Тадашња земљина атмосфера, услед одсуства кисеоника и озона у њој, пропуштала је ултравиолетне зраке са дужином испод 2000 Å. Под дејством тих зракова долазило је до редуковања угљене киселине у формалдехид. Доцније се тај процес морао убрзо да обустави услед стварања кисеоника и озона који су створили непропустљиву преграду за ултравиолетну светлост. Па ипак, на овај начин се могла створити довољна количина формалдехида са којим су се, под утицајем електричних пражњења (муња), могле спајати азотне материје. Амониаки азот може и непосредно да се једини са CO₂, под утицајем ултравиолетне светлости која омогућује и полимеризацију тако насталих органских материја.

На тај начин су постала у првобитном океану високо молекуларна органска једињења. Услед Брауновог кретања, колоидне мицеле се могу груписати на најразличитије начине. У току многих хиљада година могле су се случајно створити и такве просторне комбинације мицела које су одговарале структурама најпростијих организама. Као пример таквих случајно насталих конфигурација материје, Довилије наводи кристализацију глицерина. Без обзира на то што је глицерин био познат још од XVIII века, дуго време је он био познат само у облику течности. Први кристали глицерина били су откривени 1867 г. у боци донетој из Беча у Лондон. Ова изненадна појава кристала глицерина зависила је од ретке комбинације мицела што се случајно јавила у боци. Од тада до данас, спонтана кристализација глицерина запажена је још свега два или три пута. Али се криста-

ли глицерина лако могу добити ако се у течност унесе готов кристал. На тај начин, како то истиче аутор, чиста случајност постаје творачки фактор.

Прва случајно настала конфигурација живе материје морала је да има особине филтрирајућих вируса, тј. морала је бити обдарена способношћу да репродукује ту исту конфигурацију. Доцније су ти центри хемиске активности омогућили појаву митохондрија, а затим и постанак бацила.

Сам аутор признаје да је стварање такве живе конфигурације, способне за размену материја и за саморепродукцију, веома мало вероватно. Али он ипак сматра да је оно било могуће у току астрономског периода времена. Међутим, свођење читавог питања порекла живота на прост случај, једва нас може задовољити. Ми смо већ напоменули да између кристала и најпростијег живог бића постоји битна разлика. Кристал је само статички систем чије су основне особине одређене структуром, просторним распоредом елементарних честица материје. Организација живе материје несравњено је сложенија. Најкарактеристичније је за њу прилагођеност за вршење одређених функција, пре свега размене материја. Само постојање читавог система зависи од асимилације и дезасимилације које се стално одигравају у процесу размене. Отуда систем живе супстанце има динамички карактер. Губитак те динамичности, заустављање поменутог процеса или измена односа брзине и правца реакција које га чине, неминовно повлачи за собом распад система као таквог, пропаст организма. Случајно настала просторна узајамна оријентација молекула и мицела може да објасни постанак кристалних конфигурација, па чак и веома сложених структура. Али таква конструкција не може нам нимало објаснити ону, за протоплазму карактеристичну прилагођеност организације живе материје, да носи одређене функције, што омогућује читав низ животних појава.

У суштини, Довилије је (као и многи други поменути аутори) еволуциони принцип применио само на периоде које су претходиле појави живих бића. У односу на ту најважнију етапу историског развоја материје, он остаје на ранијим механистичким позицијама, Хекела. Отуда се све замерке, чињене Хекелу и његовим следбеницима, могу применити и на Довилијеа. Узети случај као објашњење постанка живих бића, значи одрећи се објашњења те појаве. Могуће је сматрати задовољавајућом само ону теорију порекла живота која у довољној мери рационално објашњава постанак прилагођености унутрашње организације протоплазме да врши одређене животне функције, која је карактеристична за сва жива бића.

Да би се схватило како је живот на Земљи постао, неопходно је не само анализирати, на основу савремених научних података, поједине етапе историског развоја материје, него и открити законитости које су се постепено јављале у процесу еволуције и које одређују појаву постанка живота.

ЛИТЕРАТУРА

1. Демокрит. Фрагменти (пер. А. Маковельског). 1929.
2. R. Descartes. Oeuvres philosophiques Ed. Aime et Martin. Paris, 1838.
3. H. Bastian. The beginnings of life. London, 1827; Studies in heterogenesis. London 1903.
4. E. Haeckel. Generalle Morphologie der Organismen. Berlin, 1866.
5. E. Haeckel. Natürliche Schöpfungsgeschichte. Berlin. 1868.
6. F. Allen. What is life? Proc. of the Birmingham Natural History and Philosophical Society, v. 11, part. I. 1899.
7. H. Osborn. The Origin and evolution of life. London, 1918.
8. В. Омелянский. Основы микробиологии. 1922.
9. M. Traube. Zbl. med. Wiss., 609, 1864; 97, 113, 1866; Arch. f. Physiol. 87, 129, 1867.
10. O. Bütschli. Untersuchungen über mikroskopische Schäume und das Protoplasma. Leipzig, 1892.
11. R. Humberger. Ergebn. Anat. Entwicklungsgesch., 15. 1905.
12. S. Leduc. Les bases physiques de la vie. Paris, 1907; Théorie physico-chimique de la vie. Paris. 1910 (в. такође Г. Боссе. От неживого, к живому. Вологда, 1925).
13. Kuckuck. Lösung des Problems der Urzeugung. Leipzig, 1907.
14. W. Preyer. Die Hypothesen über den Ursprung des Lebens. Berlin, 1880.
15. С. Костычев. О появлении жизни на земле. Госиздат, 1921.
16. Гераклит Ефесский. Фрагменты (пер. В. Ниландера). 1910.
17. Т. Гомперц. Греческие мыслители, т. I, СПб, 191.
18. Ламетри. Избранные сочинения (пер. с франц.) Москва, 1925.
19. А. Деборин. Книга для чтения по истории философии, т. II, стр. 77—85, 1925.
20. Д. Дидро. Мысли об объяснении природы. Избр. соч. т. I, стр. 124, 1926.
21. L. Oken. Lehrbuch der Naturphilosophie. Zürich, 1843.
22. I. Lamarck. Philosophie zoologique. Ed. Ch. Martin, 1873.
23. Fr. Darwin. Life and Letters of Ch. Darwin. London, 1887.
24. Ф. Энгельс. Диалектика природы. Партиздат, 1933.
25. E. Pflüger. Ueber die physiologische Verbrennung in den lebendigen Organismen. Pfl. Arch., Bd. 10, 1875.
26. А. Шефер. Жизнь, ее природа, происхождение и хранение. Популярно-научная библиотека. Госиздат, 1924.
27. P. Vesquelet. L'Astronomie. Bull. Soc. Astr. de France 393—417. 1924.
28. Ch. Lippman. The Scientific Monthly, 19, 357, 1924.
29. М. Гремяцкий. Как возникла и развилась жизнь на земле. „Красная Новь“, стр. 78, 1923.
30. Б. Личков. Происхождение и развитие жизни. Киев, Гос. Изд. Укр., 1923.

31. Б. Завадовский. Происхождение жизни на земле. Партиздат, 1934.
32. В. Сафонов. Случайно ли возникла жизнь на земле. Огиз, „Мол. Гвардия“, 1931.
33. А. Опарин. Происхождение жизни, „Московский рабочий“, 1924.
34. А. Кулябко. Происхождение жизни на земле. „Работ. просвещения“, 1928.
35. В. Комаров. Происхождение растений. Изд. Акад. Наук СССР, изд. пятое, 1936.
36. R. Beutner. Life's Beginning on the Earth. London, 1939; R. Beutner. *Biodynamica*, 38; 1; 1938.
37. A. Oparin. The Origin of Life, New York, 1938.
38. A. Dauvillier. *L'Astronomie. Bull. Soc. Astron. de France*, 529, 1933, 145, 1939.

ГЛАВА IV

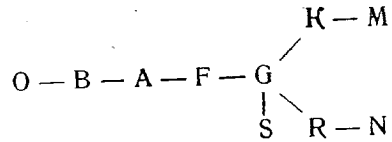
ПРВОБИТНИ ОБЛИЦИ УГЉЕНИЧНИХ И АЗОТНИХ
ЈЕДИЊЕЊА

Проучавање историског процеса развитка материје који је довео до појаве живота на Земљи, започећемо са историјом угљеника и његових првобитних једињења. Каква су била једињења у чијем се облику угљеник први пут јавио на површини земље? Као што смо видели у претходној глави, већина аутора који су се бавили питањем порекла живота, увек су полазили у својим поставкама од угљене киселине као од првобитног једињења угљеника. Они су сматрали да се угљеник први пут појавио на површини земље управо у облику таквог, потпуно оксидованог једињења које није способно за даље хемиске преображаје. Такво схватање је прећутно сматрано као аксиома; али у крајњој линији ничим није било образложено. Међутим, читав низ астрономских и геолошких чињеница нагони нас да јако посумњамо у његову исправност.

Да би се добила извесна претстава о првобитним облицима угљеничних једињења који су се јавили на нашој планети, потребно је упознати се пре свега са оним једињењима угљеника што се сусрећу на другим небеским телима. То ће омогућити образложење приступање питању преображаја угљеника у време стварања Земље и у првим ступњевима развитка наше планете.

Благодарећи успесима спектроскопског испитивања звезда (астроспектроскопије), данас се има одређена претстава не само о физичком стању тих небеских тела, него и о хемиском саставу звезданих атмосфера. На основу радова чувеног Е. Пикеринга (1846—1919) и његове школе извршена је подела звезда на низ типова према њиховим спектрима. Та данас општепримљена класификација звезда, о-

значена као харвардска [1], може се изразити следећом схемом:



Поједина слова схеме означавају спектралне типове звезда. Звезде типа О издвајају се међ осталим спектралним типовима својим изванредним сјајем и великом масом. То су најтоплије звезде; њихова температура чак и на површини достиже 20 000—28 000°. Спектар тих звезда који је испитивао Пласкет [2] веома је сложен и ни изблиза још није разјашњен. Пласкет је у њему открио низ елемената, наиме водоник, хелиум, угљеник, азот, кисеоник, магнезиум и сицилиум, делом у неутралном, а поглавито у јонизованом стању.

Следећи тип В претстављен је плавичасто белим звездама. У њиховим спектрима издвајају се пре свега линије хелиума и затим водоника; линија метала се јавља само у најхладнијим подкласама тога типа. Утврђено је такође и присуство угљеника у нејонизованом облику. Овом интересантном типу припадају углавном светле звезде нашег млечног пута, специјално три светле звезде које чине „појас“ у сазвежђу Ориона.

Типу А припадају беле или водоничне звезде. У њиховим спектрима преовлађују такозване Балмерове линије водоника; хелиум ишчезава и у предњи план ступају постепено линије метала, специјално натриума, магнезиума, калциума, гвожђа, хрома, стронциума и др.

Звезде типа F (жућкасто-беле) одликују се врло интензивним линијама калциума како у неутралном, тако и у јонизованом стању; линије водоника слабе, док пажњу привлаче G-зоне. Први трагови тих зона јављају се већ у звездама претходног типа (A), али су оне овде изражене веома јасно. Носиоци тих зона су угљоводоници.

Следећем типу G (жућкасте звезде) припада и наше Сунце. Те звезде имају знатно нижу температуру површинских слојева (6000—8000°), него претходни спектрални типови. Њихови се спектри одликују многобројним линијама метала и веома су сложени. Из сасвим појмљивих узрока најдетаљније је проучен спектар Сунца и ми ћемо се вратити на њега у даљем излагању.

Још се нижим температурама одликују типови звезда означени у десној половини схеме. Ту пре свега долазе типови K и M. Први се одликује јако сложеним спектром мно-

гих метала; врло је оштро изражена угљоводонична зона G, док је виолетни део спектра нешто слабији. У типу M се јављају спектралне зоне које означавају појаву читавог низа хемиских једињења. Температура површине тих звезда износи око 4000°.

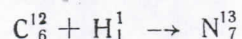
Донекле по страни стоје црвене звезде типа S које се одликују сложеним апсорпционим и емисионим спектром где знатно преовладавају зоне.

Најзад, два последња типа R и N претстављају тамно-црвене звезде са најнижом температуром. Температура њихове површине очевидно може сићи до 1800°, што веома отежава испитивање тих звезда. Њихови спектри такође обилују апсорпционим зонама које указују на присуство читавог низа хемиских једињења; специјално су од великог интереса једињења угљеника на којима ћемо се доцније зауставити.

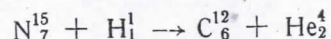
Ова првобитно емпириски установљена спектрална схема има, како је то данас постало јасно, дубок физички смисао, пошто она приближно одговара природној поступности топлотне јонизације која је физички узрок различитих спектралних појава. Ствар је у томе да су звездани спектри одређени не само присуством једног или другог елемента на површини тих тела, него и стањем тих елемената, нарочито степеном њихове јонизације. На тај се начин ранија привидна оштра разлика у хемиском саставу звезда дада објашњава различитим стањем њихових површинских зона. За нас је у датом случају важно то да та схема изражава постепено снижавање температуре небеских тела. На левој страни схеме су звезде са највишим температурама површине. Те температуре постепено опадају при прелазу са леве на десну страну схеме. У исти мах, тај низ до извесне мере илуструје поступну еволуцију звезде у другом периоду њеног постојања (када се звезда, по изразу Херцшпрунга, већ претворила у „кепеца“) [3].

Благодарећи многобројним испитивањима читавог низа астрофизичара, данас је утврђено присуство елемента који нас интересује, угљеника, у атмосферама свих познатих звезда. Штавише, у последње време гомила се све више чињеница које показују да угљеник игра изузетно важну улогу у животу звезда. Недавно је Г. Бете [4] изложио схватања према којима су извор звездане енергије одређене интраатомске језгрове реакције што се одигравају у унутрашњости звезда где влада температура од неколико милиона степени. Под таквим условима долази до претварања водоника у хелиум, што је везано са умањавањем масе, па према томе и са ослобађањем огромне количине интраатомске енергије. Али, по мишљењу Г. Бетеа, претварање такве

брсте може се вршити само у присуству угљеника који игра овде улогу извесног нарочитог „катализатора“ те језгро-ве реакције. У почетку се језгро угљеника, приликом судара са протоном (језгром атома водоника), претвара у непостојано језгро азота, према једначини:



Језгро азота N_7^{13} , путем поступних припајања протона и издвајања позитрона, претвара се у језгро N_7^{15} , које се приликом судара са протоном распада на првобитно угљенично језгро и на α — честицу (језгро атома хелиума):



На тај начин, према овој хипотези, и само светлење звезда је везано за присуство угљеника у њима.

За нас је од особитог интереса да утврдимо у каквом се виду јавља угљеник у различитим спектралним типовима звезда.

На О звездама, са највишом температуром, Пласкет је утврдио угљеник поглавито у једноструко и дво-струко јонизованом стању. Овде је температура површине још толико висока да не може бити ни говора о каквим једињењима угљеника. Чак је и сам атом тог елемента подвргнут битним променама (јонизацији), губећи своје спољашње електроне.

У идућем, хладнијем типу (20 000—15 000°), Хенрото и Хендерсон [5] су такође утврдили присуство угљеника, али већ у неутралном стању. Ипак и ту очевидно није могуће да постоје ма каква хемиска једињења. Знаци таквих једињења се јављају у спектру типа А. Овде су у најпознијим (најхладнијим) подкласама први пут запажени трагови G-зоне (λ 4314) који указују на могућност постанка првобитних угљеникових једињења, угљоводоника, на звездама тога типа [6]. У следећим, још хладнијим подкласама звезда угљоводоничне зоне постају, са опадањем температуре звездане површине, све јасније и достижу максимум јасноће код звезда М и R — класе. Упоредо с тим, у спектрима F—G—K—M—R и N — звезда, јављају се зоне цијана. Од врло великог је интереса појава такозваних Сванових зона у спектру тога типа [7]. Њих је могуће констатовати како у спектру сунчаних пега, тако и нарочито у спектру звезда типа N и R. Раније је за носиоца тих зона неисправно сматран угљен-моноксид (CO). Међутим је Пати-у релативно недавно пошло за руком да утврди са великом дозом вероватноће, на основу испитивања спектроскопских зона, да је Сванов спектар условљен C_2 молекулом. Фон Клибер

[8] је на основу података теорије кванта дошао до истог закључка. Он сматра за сасвим вероватно да је носилац Свановог спектра управо молекул типа C_2 , пошто је „у линији зона запажена алтернативна поступност интензивности коју захтева симетрија молекула састављеног из два једнака атома“.

Нарочити интерес имају, разуме се, за нас угљеникова једињења која се налазе у атмосфери Сунца. Сунце припада жутим звездама типа G. Температура сунчане атмосфере износи 5 800—6 300°; у горњим слојевима она опада до 5 000° а у најдубљим слојевима, доступним испитивању, диже се до 7 000°. Спектроскопска испитивања показују да се знатан део угљеника налази ту у облику његовог једињења са водоником (CN — метин) [9]. Упоредо с тим, у атмосфери Сунца се може утврдити и присуство цијана. [10]. Најзад у спектру сунчаних пега (температура 4 700°) опажене су још релативно давно Сванове зоне. Присуство молекула C_2 (дикарбона) у атмосфери Сунца интересантно је за нас са тог гледишта што оно показује изванредну способност угљеникових атома да се асоцирају међ собом чак и на тако страховитим температурама које владају на површини Сунца.

И тако дакле ми видимо да атоми угљеника, већ на релативно високим температурама звездане површине, почињу да се једине. Али су то једињења само три типа: или се угљеникови атоми једине међ собом, образујући молекуле типа C_2 (дикарбон); или се једине са азотом дајући цијан (CN); или најзад граде водонична једињења CN (метин) (види таблицу 1).

Та блица

Типови једињења угљеника на разним температурама звезда.

Типови звезда	Апсолутне температуре	Једињења угљеника
O	25 000°	C + +; C +; C
B	20—15 000°	C
A	12 000°	C; CN (трагови)
G	8 000°	C_2 ; CN; CN
M	4 000°	C_2 ; CN; CN (врло интензивне зоне)
N	2 000°	$C^{12}-C^{12}$; $C^{13}-C^{13}$; $C^{12}-C^{14}$; CN; CN

Фон Клибер [8], који је подвргао подробној анализи све податке о хемиском саставу звезданих атмосфера у својој књизи „Распрострањење хемиских елемената у космосу“ („Das Vorkommen der chemischen Elemente in Kosmos“), нарочито подвлачи отсуство на површини Сунца, као и других звезда, каквих било кисеоничних једињења угљеника, специјално CO, независно од тога што се ту лако могу констатовати оксиди метала (BO, AlO, TiO, ZrO) па чак и OH.

„Врло често цитиран у литератури, — пише он, — СО до сада није био доказан и није вероватан ни за позније типове (звезда). Претпоставка о присуству СО уствари почива на погрешном тумачењу Свановог спектра, који је доиста условљен молекулом C_2 “.

Присуство угљен-моноксида утврђено је са потпуном сигурношћу само у кометама, и то не у њиховом језгру него у репу који одбацују. Међутим материје које граде реп комете постају као резултат секундарних промена и отуда имају за нас мањи интерес него материје које улазе у састав кометиног језгра.

Данас се сасвим одређено оцртава веза између комета и ројева звезда падалица и метеорита. Чак је могуће да комете постају као последица судара метеорита са астероидима, при чему се образује много прашине и гасова. Отуда језгра комета претстављају скупове тврдих честица: одломака и козмичке прашине окружених гасовитим слојем. Њихово светљење је условљено поглавито електронским појавама, али је бар делимично исто тако условљено и загревањем које наступа кад се комета приближи Сунцу. При томе издвојене гасовите честице и честице прашине бивају одбациване уназад под дејством светлосног притиска Сунца, образујући реп комете. Спектроскопска испитивања језгра и репа комета показују оштре разлике у хемиском саставу те две творевине. То је потпуно разумљиво, пошто нам спектар језгра даје до извесне мере идеју о једињењима која су се првобитно створила у материјалу што је образовао комету. Напротив, једињења запажена у репу комете, резултат су секундарних промена и хемиских трансформација које се дешавају приликом приближавања комете Сунцу. Карактер тих промена, разуме се, мора бити дубоко различит од промена које је материјал комете претрпео у време њеног првобитног постанка. У језгру комета, као и на поменутих небеским телима, налазимо дикарбон C_2 , цијан и угљоводоник [11]. Напротив, у репу комете, покрај дикарбона, могуће је утврдити и присуство угљен-моноксида у јонизованом стању (CO^+ , Ф. Балде [12]). На тај начин ми се овде први пут сусрећемо са једињењем угљеника и кисеоника, али је секундарни карактер те творевине у репу комете сасвим очевитан.

Далеко је сложеније испитивање хемиског састава планета нашег сунчаног система. Као што је познато, та небеска тела светле само одбијеном светлошћу Сунца и већ само то знатно компликује њихово електроскопско проучавање. Покрај тога треба рачунати и с тим да многе материје за које можемо претпоставити да постоје у планетној атмо-

сфери, не показују селективну апсорпцију у оним деловима спектра који су доступни испитивању. Ту долази водоник, азот, хелиум, неон и аргон. Сем тога, гасови земљине атмосфере апсорбују знатни део спектра. Озон на пример, без обзира на то што се налази у врло малим количинама у високим слојевима атмосфере, огледа читав спектар око 2900 Å и лишава нас могућности да проучимо најинтересантнији део планетног спектра. Најзад, и то је најглавније, при анализи добијених спектра, треба стално рачунати с апсорпцијом коју врше гасови земљине атмосфере. Та се тешкоћа данас обично заобилази путем поређења спектра испитиване планете са спектром Месеца који је потпуно лишена атмосфере. Али се при томе посматрања могу узети као довољно тачна само у случају кад су планета и Месец заједно видљиви на истим висинама, и кад се испитивање врши готово истовремено и једним истим инструментом. Други метод се састоји у примени Доплеровог принципа и своди се на изучавање смењивања линија при посматрању планета у периоди када се оне брзо приближују или удаљују од нас. Та веома танана метода омогућила је у последње време да се добију веома интересантни резултати.

Без обзира на све тешкоће испитивања, ми данас имамо на расположењу извесну количину података о хемиском саставу планетних атмосфера. Те податке је недавно резимирао Х. Ресел у својој лепој књизи „The Solar System and its origin“ („Сунчани систем и његово порекло“) [13]. Најближа планета Сунцу, Меркур, може се у многим погледу сравнити са нашим сапутником Месецом. Површина Меркура састоји се из тамних врста стена. Ако ту и има атмосфере, она је необично ретка и не показује никакве знаке кондензације. Насупрот томе, Венера има несумњиву атмосферу са густим облацима који сасвим закривају њену стварну површину. Сви покушаји да се у атмосфери Венере утврде кисеоник или вода, остали су безуспешни. Али је зато Адамс и Џонхемс у 1932 г. несумњиво пошло за руком да утврде тамо присуство угљене киселине у доста знатним количинама.

У релативно реткој атмосфери Марса могуће је, напротив, доказати присуство воде и извесне (додуше сасвим незнатне) количине кисеоника. Вилдт претпоставља да се кисеоник тамо налази поглавито у облику озона који се образовао под дејством ултравиолетне светлости. Угљена киселина није утврђена. Присуство кисеоника наводи на претпоставку да на Марсу има вегетације. Сезонске промене тамних области на површини те планете многи аутори такође тумаче као промене биљног покривача. Може се дакле претпоставити да се тамо угљеник налази у облику орган-

ских једињења. Међутим, у томе погледу има релативно сасвим мало података да би се могли правити какви одређени закључци.

Са нашег гледишта веома су интересантни резултати испитивања атмосфере великих планета. Присуство атмосфере на Јупитеру утврђено је још давно простим телескопским посматрањима. Нагле измене пега на површини Јупитера могу се објаснити само облацима који се лако образују и лако испаравају у атмосфери те планете. То исто било је нешто доцније утврђено и за Сатурн, а затим и за друге велике планете. Па ипак, спектроскопско испитивање тих планета дуго времена није дало никакве одређене резултате. Зоне запажене у њиховом спектру остајале су загонетне и нису се могле идентификовати са спектрима каквих било познатих гасова. Тек је 1932 г. млади немачки физичар Р. Вилдт правилно пришао решавању тог проблема. Он је показао да извесне зоне у спектру Јупитера одговарају зонама амонијака, а друге — зонама метала. То је убрзо потврдио и Донхем који је такође утврдио потпуно поклапање брижљиво измерених индивидуалних линија тих зона. За амонијак је нађено поклапање у више (од 60 линија, за метан 18 линија у делу једне зоне. Најзад је 1934 год. Аделу и Слајферу [14] пошло за руком да идентификују све зоне карактеристичне за метан. Присуство амонијака и метана у атмосфери Јупитера може се дакле сматрати потпуно доказаним. Покушаји да се тамо утврди присуство других угљоводоника, — специјално етана, етилена и ацетилена, — дали су негативне резултате. То би се међутим могло објаснити поглавито ниском температуром која влада на површини Јупитера (-135°). Као што се види из приложене таблице, сви набројани угљоводоници кључају (при обичном атмосферском притиску од 760 мм) знатно изнад те температуре, и само се метан може налазити у гасовитом стању.

У своме раду Адел и Слајфер кажу тим поводом: „на тај начин ми долазимо до закључка да други угљоводоници, ако их уопште има у атмосфери великих планета, морају постојати само у малим количинама у односу на присутни метан. Вероватно да се ти угљоводоници, као и многи други, налазе у нижим слојевима атмосфере великих планета. Слободно кретање велике црвене пега на Јупитеру наводи на претпоставку да су то одрва тешких угљоводоника или амонијака која пливају у пространом угљоводоничном океану, толико пространом као и сама површина планете“.

Таблица 2

Назив једињења	Тачка кључања при 760 мм (у $^{\circ}\text{C}$)
Метан (CH_4)	— 165
Етан (C_2H_6)	— 95
Етилен (C_2H_4)	— 103
Ацетилен (C_2H_2)	— 85

Сатурн је, слично Јупитеру, такође обмотан моћном атмосфером из паре метана и амонијака. Али услед велике удаљености те планете од Сунца, температура њене површине мора бити још нижа но на Јупитеру. Отуда овде знатан део амонијака мора прећи у чврсто стање, што се изражава и у спектру Сатурна са веома јасно испољеним зонама метана. Уран и Нептун који су још даље од Сунца, имају још нижу температуру. Амонијак из њихове атмосфере свакако је у сасвим замрзнутом стању. Тиме се и објашњава необично снажна израженост метанових зона у спектру тих планета. Сам метан мора бити сасвим близу преласка у течно стање на Нептуну, без обзира на врло ниску температуру кључања тог једињења. Угљеник се дакле на свим великим планетама налази у облику својих једињења са водоником.

Сасвим посебан и изузетан интерес за решење проблема порекла живота претставља изучавање метеорита. То пре свега долази отуда, што метеорити који падну на Земљу могу бити подвргнути непосредној хемиској анализи па чак и минералолошком испитивању. То су једина „неземаљска“ тела чији се састав може утврдити са потпуном тачношћу и поузданошћу. Сем тога, изучавање метеорита нас све више убеђује у то да су они комади, одломци небеских тела, по своме саставу веома сродних нашој планети — Земљи.

На сродство метеорита и наше планете била је већ давно скренута пажња научника. Многи угледни савремени геохемичари (Кларк, Вашингтон, Голдшмит, Н. и В. Нодак и др.) испитивали су грађу и састав метеорита управо са те тачке гледишта. А. Ферсман у својој „Геохемији“ [15] даје опширан резиме тих испитивања. Он указује на огроман значај који има изучавање метеорита за решење геохемиских проблема. „Можда ми сада, — пише он, — по први пут почињемо да схватамо колику огромну улогу има смишљена и продубљена анализа метеорита не само за одређивање састава Земље, него и за објашњење оних закона отступања у саставу земљине коре од састава

Земље у целини, који су неопходни за разумевање опште количине елемената у нама приступачној земљиној кори“.

Он даље наводи читав низ упоредних анализа метеорита и различитих земаљских стена. Ти подаци илуструју необичну сличност средњег тежинског састава Земље и средњег састава метеорита, сличност која не може бити случајна. Све то наводи А. Ферсмана на потпуно одређен закључак „да су метеорити уопште, како по карактеру својих елемената тако и по принципу грађе атома, потпуно идентични са елементима најдубљих зона земљине коре и да врло вероватно још ближе одговарају саставу централног дела наше планете“. При томе, стеновити метеорити одговарају дубинским перидотитним стенама, а метални — централном језгру Земље. Ово схватање Ферсмана било је доцније не само потврђено низом испитивања, него је у последње време добило и солидну теориску основу према којој је поменута сличност израз равнотеже интраатомских језгрових реакција. Разумљиво је дакле да испитивање састава и структуре метеорита може пружити много података за решење питања облика првобитних једињења која су постала приликом постанка наше планете.

Међ метеоритима се по саставу могу разликовати две главне групе: гвожђевити (метални) и стеновити. Први се углавном састоје из такозваног никленог гвожђа које садржи у себи више од 90% гвожђа, до 8% никла, око 0,5% кобалта и нешто мало фосфора, сумпора, бакра и хрома. У њима се увек јавља угљеник у количини од 0,1%, али је у извесним случајевима садржај тог елемента знатно већи. У стеновитим метеоритима је процент гвожђа знатно мањи (око 25%). Ту се сусреће велика количина оксида разнеликих метала, специјално магнезиума, алуминиума, калциума, натриума, мангана и др. Велики значај има и SiO_2 ; средњи садржај угљеника износи 0,15% [16].

Врло је вероватно да има више извора порекла метеорита. Извесни од њих припадају несумњиво од искони нашем планетном систему и образовали су се у њему; други су постали у разним временима у најразличитијим крајевима Галактике. Па ипак је Прајор доказао да је порекло их једних и других магматско. Метеорити без сумње претстављају комаде плутонских стена који су постали као последица извесних катастрофалних процеса. И. Астапович [17], у своме резимеу о козмичкој природи метеорних тела, пише тим поводом: „Метеорити се сусрећу са нашим сунчаним системом довољно често; они имају карактер одломака (могуће је да су они комади већих тела), и отуда се може закључити да су се катастрофе из којих се можда рађају

метеорити, дешавале и вероватно се и данас дешавају, и то у релативно великом броју“.

Према подацима В. Вернадског, А. Ферсмана, Ф. Левинсон-Лесинга и других, у метеоритима нема ничега што би потсећало на седиментне стене или што би уопште било везано са водом и манифестацијама биотичких процеса. Минераловско испитивање метеорита показује да су се они изградили при јасно израженом отсуству кисеоника. То је нарочито карактеристично за гвожђевите метеорите у чијем се саставу сусреће чак и фосфор у слободном, неоксидованом стању. Стеновити метеорити, судећи по њиховој кристализацији, хладили су се катастрофално брзо, при чему се хлађење вршило у врло слабом гравитационом пољу. У вези с тим, лаки и племенити гасови се сусрећу у метеоритима у изузетно малим дозама.

Елемент који нас интересује (угљеник) сусреће се, као што смо видели, у готово свима метеоритима без изузетка. Пре свега, он се може наћи у елементарном виду, у аморфном облику или у облику графита и дијаманта. Елементарни угљеник метеорита генетички је несумњиво везан са карбидима гвожђа који се ту сусрећу. Такозвани угљенични метеорити често садрже у себи 2—4,5% аморфног угљена. Графит у приметним количинама откривен је само у гвожђевитим метеоритима, у облику грудвица, плочица и зрнаца који каткада достижу знатну величину, до 12 гр. Јерофејеву и Лачинову пошло је за руком да из метеорита који су 1886 г. пали код села Ново-Урја Пензенске губерније, издвоје око 1% угљеника у облику дијаманта. Доцније су Фуге и Кенинг добили из метеорита што су пали у кањону Диабло у Оризони, дијамантску праšину, што је потврђено и анализама Кунца, Хунтингтона и других. Вајншенк је такође нашао дијамант у метеоритима Могура [18].

Исти аутор је 1889 г. први открио веома распрострањени и за метеорите карактеристични минерал, когенит, који претставља карбид гвожђа, никла и кобалта са општом формулом $(\text{FeNiCo})_3\text{C}$. Стварање карбида гвожђа и других метала такве врсте у метеоритима сасвим је разумљиво, пошто се та једињења лако образују на високим температурама и веома дуго постојања под тим условима.

Од других једињења угљеника која се сусрећу у метеоритима, треба поменути угљоводонике. Већ 1857 г. пошло је за руком Велеру да из стеновитог метеорита који је пао у Мађарској близу Каба, издвоји извесну количину органске материје сличне озокериту. Анализа те материје је показала да она стварно претставља високомолекуларни угљоводоник. Слична материја је издвојена и из метеорита нађе-

них у области Капа, у Колдбокефелду. Испитани метеорит садржавао је до 0,25% угљоводоника. Меликов и Кр-ж и ж а н о в с к и [19] су доцније нашли незнатне количине угљоводоника у силикатном метеориту који је пао 1889 г. у селу Мигају јелисаветградског ср. Херсонске губ. (сада Ки-ровградска област). Фон К л и б е р указује на низ случајева налаза угљоводоника у метеоритима. Специјално у метеоритима Нагаја и Аланса, пошло је за руком америчком хемичару С м и т у да издвоји једињење састава $C_4H_{12}S_5$. У Оргеју и Хеслу нађено је једињење са формулом $C_8H_9O_2$.

У време када је први пут било утврђено присуство угљоводоника у метеоритима, још је постојало чврсто уверење да се органске материје (па према томе и угљоводоници) под природним условима могу створити само у живој ћелији. Отуда су многи научници често износили претпоставку да су се описани угљоводоници метеорита секундарно образовали, путем распадања организама који су некада живели на тим небеским телима. Али су сви многобројни покушаји да се утврде ма какви знаци органског живота на метеоритима, остали безуспешни. Данас ми морамо сматрати потпуно доказаном чињеницу „потпуног одсуства седиментарних, хидатогених творевина и творевина биохемиског карактера на метеоритима“ [20]. Према томе, угљоводоници метеорита, као и угљоводоници осталих поменутих небеских тела, примарног су порекла, тј. образовали су се без икакве везе са органским животом.

Резимирајући све што је речено, треба подвући да се на готово свима небеским телима, у атмосфери звезда, специјално нашег Сунца, у језгру комета, у атмосфери великих планета и најзад у метеоритима, сусреће угљеник било у елементарном облику, било у облику једињења са азотом (CN) или поглавито с водоником. Изузетак претстављају само Земља и њој најближа планета Венера, у чијој се атмосфери угљеник налази у оксидованом облику, као CO_2 .

Угљена киселина данашње земљине атмосфере има несумњиво секундарно порекло. Њен знатни део је непосредно везан са животном делатношћу живих организама (дисање, распадање). Али чак и угљена киселина која се у огромним количинама ослобађа приликом вулканских ерупција и у угашеним вулканским областима, није примарна, већ постаје услед разлагања раније створених карбоната, благодарећи високој температури дубинских слојева земљине коре и топљењу метаморфних стена. В. В е р н а д с к и [21], у „Прилозима геохемији“ указује на то да је угљена киселина вулкана и терма „јувенилна“ само у том смислу „што проистиче из јувенилних области (дубоких слојева коре или магматских огњишта),

али је њено крајње порекло у суштини вадозно или фреатско¹⁾, као што је то доказао Р. Делкескамп за терме“. В е р н а д с к и даље напомиње да се данас као првобитни јувенилни минерал може сматрати чист угљеник, а не угљена киселина. Као првобитна једињења угљеника могу се такође сматрати метални карбиди — когеници, минерали карактеристични за метеорите, али који су нађени и на Земљи, специјално у базалтима острва Диско и других острва западног Гренланда [22]. Што се тиче Венере, наша знања су још одвећ ограничена да би се могао створити какав одређенији закључак у погледу порекла угљене киселине садржане у њеној атмосфери. Али по аналогији са Земљом, и ту би требало порекло тог једињења пре сматрати као секундарно.

Насупрот томе, не може се уопште сумњати у примарно порекло угљоводоника у атмосфери звезда, у језгру комета, у атмосфери великих планета и најзад у метеоритима. Све астрономске и геохемиске чињенице узете у целини показују нам да се при постанку наше планете угљеник јавио на њој у облику истих једињења која се запајају и на поменутих небеским телима.

Данас ми преживљујемо кризу схватања порекла нашег планетног система. До пре релативно кратког времена, опште примљена била је теорија Ц и н с а - Ц е ф р е ј с а [23]. У својим главним цртама та се теорија своди на ово. Отприлике пре две до три милијарде година, нормални ток развитака Сунца био је нарушен катастрофом. У то време њему се почело приближавати небеско тело, звезда по маси равна Сунцу или чак и већа од њега. Слично плимама океана на Земљи које изазива привлачење Месеца, и звезда која се приближавала изазвала је грандиозну плиму у ватреној сунчевој атмосфери. Непосредно под звездом, сунчева атмосфера се издужила у облику моћног таласа, високог много хиљада километара. Уколико се звезда више приближавала Сунцу, тај талас плиме је продужио да расте у висину. Најзад је наступио моменат када је привлачење звезде надвладало сунчево привлачење; врх таласа се откинуо и устремио ка звезди која је мимо пролазила. Разумљиво је да се такво откидање са површине Сунца могло десити само у случају када је тело што се приближавало, пришло самом Сунцу необично блиско.

Тачна срачунавања показују да је у томе случају, ако је маса звезде била равна маси Сунца, критично растојање између оба тела морало износити свега 2.5 полупречника Сунца. У сваком случају, по схватањима Ц и н с а, звезда се морала

¹⁾ В е р н а д с к и употребљава израз „вадозни“ за елементе и минерале, а такође и за процесе који се сусрећу и одигравају у биосфери, а „фреатски“ за одговарајуће појаве што се дешавају у стратосфери и у горњим метаморфним геосферама.

готово сударити са Сунцем. Последице тог „полусудара“ описују аутори теорије овако: откидање врха таласа што се образовао на површини Сунца, смањило је притисак на његове ниже делове, услед чега се читава река материје устремила од Сунца ка звезди. Ако би се оба небеска тела и даље приближавала једно другоме, она би се најзад и спојила међ собом. Али звезда није ишла у правцу Сунца већ је, пришивши на критично растојање, прошла мимо њега не сударивши се. Уколико се она удаљавала, њено се привлачно дејство смањивало. Материја се више није откидала од површине Сунца, а струја која се раније откинула, образовала је дугу нит пламене магле која је лебдела у пространству и коју је Сунце привлачило. Нит је по облику личила на цигару истањену на оба краја. Истањени крај маглине, најудаљенији од Сунца, претстављао је раније врх поменутог таласа плиме. Дебљи средњи део се формирао у тренутку када је звезда у пролазу крај Сунца била у „критичној зони“. И најзад, истањени крај најближи Сунцу образовао се тек кад је привлачно дејство звезде било јако ослабило.

Маса маглине и сила узајамног привлачења њених саставних делова, биле су довољно велике да би се гасовита струја релативно брзо разбила на одвојене кондензоване масе. Већ на релативно високим температурама у унутрашњости гасовитих маса, морале су се образовати капи растопљеног метала и лаве које су надале у правцу центра скупљене масе, образујући првобитно језгро планете [24]. Тамо где је маса гасова била најмоћнија, — у средњем делу гасовите маглине, — стварала су се и највећа нагомилавања материја. Тиме се може објаснити чињеница да највеће планете нашег система, — Јупитер и Сатурн, — заузимају средину планетног низа. Нешто даље од Сунца налазе се планете мањих размера — Уран и Нептун. А тако исто ближе Сунцу леже релативно мале планете — Марс, Земља и Венера. Најзад, најмања планета Меркур и недавно пронађени Плутон налазе се, — први на најближем, други на најдаљем растојању од Сунца. Они су поникли из танких крајева маглине облика цигаре. На тај су начин, према изложеној теорији, и Земља и све остале планете постале из материја што улазе у састав сунчеве атмосфере.

У 1935 г. Ресел [13] је подвргао ову Џинсову теорију оштрој критици. Помоћу релативно простих рачуна он је показао да та теорија не може довољно рационално да објасни орбитални момент количине кретања планета на јединицу масе, који се данас опажа. Наместо Џинсове теорије Ресел поставља своју хипотезу по којој је Сунце, у времену пролаза звезде покрај њега, претстављало двојну звезду. Мања компонента тог система разбила се на одвојене масе — планете, путем судара или блиског сусрета са звездом

у пролазу. Доцније је ту хипотезу, у нешто измењеном и детаљније разрађеном облику подржавао Р. Литлтон [25].

Међутим, свима изложеним схватањима стављају се данас веома озбиљне замерке. Главна од њих се састоји у томе да је вероватноћа описаног сусрета двеју звезда веома мала и да би према томе планетни системи претстављали изузетно ретку појаву у васиони. Међутим, према радовима Холмберга [26] око 25% свих звезда које је он испитивао имају невидљиве сапутнике мале масе. Отуда су многи астрономи склони мишљењу да начин постанка сунчаног система треба тражити у првобитно јединственом Сунцу са чије је површине била избачена струја гасовите материје, која се затим разбила на одвојене згуснуте делове — планете.

За нас је према томе још нејасан механизам одвајања од Сунца гасовите струје која је послужила као материјал за образовање планета. Али чињеница да су се планете стварно образовале из згуснуте гасовите масе која се откинула од површине Сунца, не подлеже никаквој сумњи.

Срачунавања која су вршили Рош и Џинс несумњиво показују да се Сунце и планете које га окружују никуда могли образовати из разређене гасовите маглине као што је то мислио Лаплас. Мала густина гасова не би у том случају допустила да се створе постојана згушњавања материје величине планетних маса. С друге стране, Ресел такође категорички одбацује могућност образовања планета путем постепеног прирашћивања малих тела (типа метеорита), пошто би у томе случају планете биле лишене свих лаких гасова, а њихов састав и густина би били сасвим друкчији но што су стварно сада.

Сва ова разматрања и рачуни показују да су планете могле постати само из згуснутих гасовитих маса, чија густина није била мања од густине сунчеве атмосфере. При томе се врло брзо морало створити масивно језгро у центру згуснуте масе, око кога се извршило формирање свег осталог материјала планете. Битни доказ порекла планета и специјално наше Земље од сунчеве атмосфере, лежи у необичној сличности хемиског састава тих творевина. Благодарети многобројним спектроскопским испитивањима Сунца, нарочито благодарети класичним радовима Роуланда и испитивањима чувене калифорниске опсерваторије на Маунт-Вилсону [28], ми имамо данас довољно јасну претставу о хемиском саставу те атмосфере. Ниже је дата упоредна таблица састава сунчеве атмосфере, земљине коре и камених метеорита, коју је Клибер израчунао у условним, али сасвим упоредљивим величинама (у $\log. Q$).

Ослањајући се на анализу наведених цифара, Клибер долази до закључка о добром подударану састава Сунца и

земљине коре. До истог закључка долази и Ресел, на основу брижљиве анализе веома опсежних података: којима данас располажемо о саставу сунчеве атмосфере и Земље. „Тешко

Таблица 3

Упоредна анализа састава Сунца (у $\log. Q$)

Р. број елемента	Е Л Е М Е Н Т	Сунчева атмосфера	Земљина кора	Камени метеорити
М Е Т А Л И				
11	Натриум	8.6	8.7	7.8
12	Магнезиум	9.2	8.6	9.1
15	Алуминиум	7.8	9.2	8.2
14	Силицијум	8.3	9.7	9.5
19	Калијум	8.4	8.7	7.2
20	Калцијум	8.1	8.8	8.1
21	Скандијум	5.3	3.0	—
22	Титан	6.9	8.1	7.0
23	Ванадијум	6.7	6.9	—
24	Хром	7.4	7.1	7.5
25	Манган	7.6	7.5	7.5
26	Гвожђе	9.0	9.0	9.4
27	Кобалт	7.4	5.8	7.1
28	Никл	7.8	6.8	8.2
29	Бакар	6.8	6.5	6.2
30	Цинк	6.7	5.9	—
М Е Т А Л О И Д И				
1	Водоник	11.5	8.5	6.9
6	Угљеник	8.5	7.4	7.2
7	Азот	8.7	6.8	—
8	Кисеоник	10.2	9.7	9.6
9	Флуор	—	6.8	—
15	Фосфор	—	7.4	7.0
16	Сумпор	7.2	7.5	8.3
17	Хлор	—	7.7	6.9

је наћи и један једини случај, — пише он, — кад би се могло помислити да се дати метал налази на Сунцу у већој или мањој количини но на Земљи.“ Та необична сличност се могла јавити само зато што је као материјал за стварање наше планете послужила супстанца сунчеве атмосфере.

Земља додуше садржи у свом саставу знатно мању количину водоника, азота, хелиума и неона него што је то случај у атмосфери Сунца. Али се та разлика потпуно објашњава тиме што су се ти гасови нужно морали растурити (испарити) приликом формирања наше планете из гасовите згуснуте масе.

Свака честица гаса која улази у састав планете што се образује, мора стајати под дејством двеју супротних сила. С једне стране, услед брзог кретања којим располажу на ви-

сокој температури, честице гаса теже да одлете од планете, да се растуре у празан простор васионе. Али поред те центрифугалне силе постоји и центрипетална. То је пре свега сила теже која задржава честице гаса и привлачи их ка центру планете. Величина те силе зависи како од молекуларне тежине честице гаса, тако и од величине планете на којој се она налази. Тако на пример, да би се могла одвојити од Земље, честица гаса мора имати брзину од 11.2 км у секунди. За Месец који је знатно мањи, та брзина одвајања честице гаса износи свега 2.4 км у секунди.

Брзина водониковог молекула на 0° једнака је 1.84 км у секунди, али са повећавањем температуре она веома брзо расте. Отуда Месец, на коме се средином дана запажа температура од 120° , није у стању да задржи на својој површини не само водоник, него и теже гасове као што су кисеоник и азот на пр. На температурама које су раније владале, Месец је морао остати уопште без атмосфере, што се данас стварно и констатује.

Нешто аналого се запажа и на Меркуру чије су размере мале, а температура, услед близине Сунца, релативно велика. Чак и данас, она достиже на осветљеној страни планете 400° . Услед тога је Меркур још у врло раном ступњу свог постојања морао изгубити знатну количину својих лакших елемената, тако да данас јон претставља голи стеновити блок готово сасвим лишен гасовитог омотача.

Сасвим је други однос сила постојао на Јупитеру и на другим великим планетама. Овде је сила теже знатно превазилазила силе које су тежиле да растуре гасовите честице у међупланетни простор. Отуда су поменуте планете сачувале потпуно и неприкосновено све елементе које су добиле од Сунца. Тиме се и објашњава веома мала специфична тежина Јупитера и Сатурна: 1.34 (Јупитер) и 0.71 (Сатурн), док Земља има густину 5.5 пута већу од густине воде. Непосредна посматрања и срачунавања показују да Сатурн мора имати атмосферу огромне моћности од много хиљада километара, која у себи садржи велику количину најлакших гасова, специјално водоника и хелиума. То исто, у знатној мери, важи и за Јупитер.

Земља заузима средњи положај међу великим планетама и Меркуром. Она није изгубила све своје лаке гасове, али их није ни сачувала у потпуности. Наступила је нека врста одбира елемената садржаних у првобитној згуснутој гасовитој маси што је послужила као материјал за образовање наше планете. Масивније честице гасова, пре свега паре тешких метала и других елемената са високом атомском тежином, у потпуности су се сачувале у земљином саставу. Земљина тежа је исто тако задржала и део лакших елемената који је успео

да изгради једињења са релативно великом молекуларном тежином. Елементарне гасове са најмањом атомском или молекуларном тежином Земља је морала изгубити приликом свог образовања. Они су се морали растуриги у празном међупланетном простору. Тиме се управо објашњава повећана специфична тежина земљине лопте у поређењу са специфичном тежином великих планета. Од тога такође зависи и помешта разлика састава сунчеве атмосфере и земљине коре у погледу водоника, хелиума, азота и осталих лаких елемената.

Земљино привлачење је данас сасвим довољно да би задржало најлакши гас, водоник. Али прост рачун показује да је Земља на температурама које су владале у време њеног стварања, морала изгубити знатну количину водоника, хелиума, азота, неона па чак и слободног кисеоника. Као што је познато, хелиум и неон припадају такозваним племенитим гасовима. Они не ступају у једињења ни са каквим другим хемиским материјама и налазе се увек у слободном елементарном стању. Како имају мале атомске тежине, они су морали ишчезнути са Земље. Стварно се ти елементи налазе у нашој атмосфери у незнатној количини, далеко мањој но у атмосфери Сунца или звезда. Нема никакве сумње да је целокупна количина хелиума коју је Земља првобитно добила из сунчеве атмосфере, потпуно ишчезла. Непосредна посматрања и рачуни показују да је сав хелиум који се данас у малим количинама запажа у нашој атмосфери, постао на Земљи секундарно, као резултат радиоактивних појава. Исто је тако Земља морала изгубити огромне количине неона. Ресел указује на то да садржај тог елемента у одређеним типовима звезда и у маглинама 500 милиона пута превазилази садржај истог елемента на Земљи.

Остали набројани елементи су се морали сачувати на Земљи у сразмери у којој су образовали хемиска једињења са другим елементима у облику гасовитих честица са већом молекуларном тежином.

Ово пре свега важи за кисеоник који се готово потпуно сачувао у облику разноликих једињења, специјално оксида метала, SiO_2 и др. Водоник је Земља изгубила у далеко већој мери. Још већи проценат првобитног садржаја азота опишао је у међупланетни простор. Ако се изузму једињења азота с металима која се морају налазити у централном земљиним језгру, релативни садржај тог елемента на Сунцу по Реселу је 10.000 пута већи но на Земљи.

Веома је интересантно питање како се вода могла одржати на земљиној површини. Како је молекуларна тежина воде [18] мања чак и од тежине честица неона (20.2), она је морала, према раније реченом, да сва ишчезне са Земље приликом њеног образовања. Већина аутора (Вилдт, Ресел)

која се бавила тим питањем, сматра да је вода могла бити захваћена растопљеном магмом или задржана у облику хидрата, па према томе и сачувана у таквом облику на Земљи. Ипак не треба губити из вида јако испољену способност молекула водене паре за асоцијацију. Услед тога су се молекули воде, у релативно хладнијим слојевима Земље при њеном формирању, могли спојити у крупније и теже честице и тако сачувати у земљиној атмосфери, просто у облику прегрејане паре.

Подвргнувши детаљној анализи све услове под којима се вршило образовање наше планете из гасовите масе отргнуте од Сунца, Ресел [13] долази до овог закључка: „Када би се маса материје, — пише он, — по своје саставу слична сунчевој атмосфери и са довољном количином тешких елемената да би се могла образовати Земља, успела да одвоји у јако врелом стању и да повргне брзومه хлађењу, добило би се тело које би по саставу сасвим одговарало нашој планети“.

Образовање Земље из усијане гасовите масе отргнуте са површине Сунца, почело је још на температурама блиским температури сунчеве површине. Пара гасова који се најлакше згушњавају, морала је већ под тим условима да се згушњава у капи што су падале у правцу центра будуће планете. На тај начин, већ у раним фазама образовања планете, у центру згуснуте гасовите масе која је послужила као материјал за њену изградњу, морало је врло брзо да се створи масивно језгро око кога су се почели доцније формирати остали делови планете.

У састав централног језгра Земље најпре су ушли тешки, тешко топљиви метали, специјално гвожђе, никл и др. Ту је такође морао врло брзо доспети и угљеник, који се од свих других елемената одликовао својом изузетном способношћу за асоцијацију. Као што смо већ видели, већ на температурама сунчеве атмосфере, атоми угљеника се парно везују, а при нижим температурама почињу да образују честице са већим бројем атома (типа C_n). Благодарени тој особености, угљеник је најтеже топљив међ свима познатим материјама. Чак и на температурама од 3000° он још не прелази у течно стање. Да би се довео у гасовито стање, потребно је дакле далеко јаче загревање. Услед тога се тешка пара угљеника, приликом формирања наше планете из усијаних гасова, морала врло брзо згуснути у капи или у чврсте честице и у облику угљеничне кише или снега ући у састав првобитног земљиног језгра.

Све се то морало дешавати још на температурама на којима није могло бити говора о постанку угљене киселине, пошто се она већ знатно дисоцира на далеко нижим температурама од 2800° . Угљен-моноксид (CO) је термички најпосто-

јанији, али и он почиње да се распада на температурама од 2500—3000°, уз образовање елементарног угљеника. Ова раз-матрања објашњавају донекле поменуто чињеницу отсуства кисеоничних једињења угљеника у атмосфери Сунца и дру-гих сталних звезда и доводе до закључка да је главна маса угљеника прешла у састав основног металног језгра наше планете, у елементарном стању. Ту је угљеник, налазећи се у мешавини с тешким металима, специјално с гвожђем, при по-степеном хлађењу, морао да пре свега ступи у хемиску ре-акцију с тим елементима и да образује једињења, карбиде, најпостојанија угљеникова једињења у односу на високе тем-пературе.

Изложена скица постанка првобитног ливеног језгра планета потврђена је испитивањима грађе данашње Земље [29]. Сви геофизичари и геохемичари, на основу низа подата-ка изучавања специфичне тежине, силе теже, сеизмичких по-јава итд. сматрају као доказану чињеницу да у центру на-ше планете постоји метално језгро са полупречником од 3 470 км. Хемиски састав тог језгра оправдано се сматра да одго-вара саставу гвожђевићких метеорита. Ту долази гвожђе, никл, кобалт, фосфор и угљеник. Као образац такве дубинске мате-рије може послужити раније поменуто гвожђе Овифака, које је први открио Н о р д е н ш е л д [30] на обали острва Диско. У састав те изванредно ретке дубинске стене улази у-гљеник у облику већ поменутог минерала когенита који претставља карбид гвожђа. Исти карбид се сусреће и у другим налазиштима земаљског природног гвожђа, и В е р-н а д с к и сматра за „сасвим могуће да ће брижљивије испи-тивање тих минерала објаснити њихову општу распрострање-ност у дубинским базалтима“.

Централно метално језгро наше данашње Земље окруже-но је горњим геосферама. Сем гасовитог омотача — атмо-сфере и воденог — хидросфере, треба истаћи још и стеновити омотач — литосферу са моћношћу од 1200 км, као и прела-зну геосферу под њом, која је дебела 1700 км. и већ непосред-но належе на централно гвоздено-никлено језгро Земље. Грађа и састав тих геосфера се може видети у табlici 4, по-зајмљеној из „Геохемије“ А. Ф е р с м а н а.

Подаци садржани у тој табlici јасно показују да су да-нас когенити централног језгра Земље омотани тако моћном кором стена, да се они могу само у изузетно ретким случаје-вима јавити на површини Земље. То није био случај у оној далекој епохи постојања Земље, када се она тек била обра-зовала. У то су време растопљене карбидне масе лако изби-јале на земљину површину, пошто је тада, пре свега, земљина кора била још релативно танка, и друго, тада су се дешава-ли моћни покрети и премештања земљиних маса. В. В е р-

н а д с к и [31] указује специјално на катастрофу која је до-вела до постанка Месеца и огромне тихоокеанске котлине. У тој катастрофи, од Земље су се откинуле огромне масе при-марних стена и унутрашња магма се морала изливати на по-вршину наше планете. Други аутори претстављају процес образовања океанских котлина полазећи од других начела [32]. Али сви они претпостављају могућност прскања горњих слојева земљине коре и изласка дубинског материјала на по-вршину. Изливајући се или избијајући на земљину површину, растопљени карбиди су морали доћи у додир са ондашњом земљиним атмосфером која се битно разликовала од да-нашње.

Као што је речено, Земља приликом свог образовања није могла да задржи азот или кисеоник у облику елементар-них гасова. Они су се морали растури по међупланетном простору. Већ давно је била изнета мисао да првобитна атмо-сфера Земље није садржавала слободни кисеоник у себи. На томе се питању специјално задржао С. А р е н и у с [33] у својој познатој књизи „Животни пут планета.“ Доцнији по-даци су показали да је присуство слободног кисеоника у пр-вобитној земљиној атмосфери веома мало вероватно. Колич-на елементарног кисеоника, који при високим температурама није успео да се растури по међупланетном простору или није ушао у састав првобитних стена, неизбежно је морала да у доцнијим епохама постојања Земље ступа у једињења с другим елементима, јер већина саставних делова Земље припада видно израженим редукујућим материјама које се појудно једине са кисеоником. Савремена геохемијска испи-тивања су то у потпуности потврдила. Као што се то види из приложене табlice 4, кисеоник потпуно отсуствује у нижим геосферама. Али ни више зоне нису ни изблиза засићене овим хемиски веома активним елементом.

В. Г о л д ш м и т илуструје ову тезу општепознатом чи-њеницом да се избачена лава одликује црним, зеленим и си-вим тоновима, што значи да у себи садржи гвожђе у облику феро-оксида. Напротив глине, песак и др. имају црвену и жућу боју. У њима се гвожђе налази у облику феро-оксида. Атмосфера према томе, чак и под данашњим условима, стал-но, иако лагано, губи свој слободни кисеоник при образо-вању секундарних стена, пошто у томе процесу гвожђе спе-цијално прелази из феро-стања у фери-стање.

Нема никакве сумње да се молекуларни кисеоник који се налази у данашњој атмосфери, образовао секундарно и то знатно доцније од поменутог периода, благодарећи животной делатности организама. На садашњој температури Земље ње-га држи земљина тежа да не одлети у међупланетни простор.

ГРАЂА ЗЕМЉЕ И ЊЕНИХ ПОЈЕДИНИХ

Сезми- чке гран.	Дубине у км		Назив геосфере	Моћност у км	Притисак у атм	Темпе- ратура	Стање материја
1	2	3	4	5	6	7	8
	200	А т м о с ф е р а	Међузвез- дани про- стор	—	До 10^{-14} у 1 cm^2	—	Разређени гасови Електрони
			1. Страто- сфера	200-500	0.00001	-50 - 70° по- нећ, варијаци- на, више до + 33 и више	Разређени гасови
	10-15		Слој стал- не темпе- ратуре 2. Тропо- сфера	10-13	0.3-0.5	-55°	Гас Чврста прашина
	0	Хидросфера и биосфера	3. Биосфе- ра (повр- шинска оп- на)	Навише 5 км наниже 3 км, свега 8 км	Око 1 (до 500)	0д - 67.8 до + 85°	Прете- жно колоиди
	4		4. Хидро- сфера	Средње 3.7 (до 10.8 км)	Око 1 (до 1000)	0 до + 7°	Раство- ри
20 - 40 км. Дубина земљотреса	15-20	Литосфера	5. Оштра гра- ница	< 0.8 (до 8 км)	Не изнад 250	Средња 16 до 80°	Претежно ко- лоиди
			6. Седимен- тни омотач (стратосфе- ра)	< 4	< 1000	до + 100°	Колоиди + кристали

Таблица 4

ГЕОСФЕРА (по А. Е. Ферману, 1928)

Тежина	Зрачење	Маса у одн. према чи- тавој земљи	Хемиска каактери- стика	Минерали	Примедбе
9	10	11	12	13	14
Наштавна	Козмичко зрачење	—	До 300-500 км -водоник, хели- ум, остаци ки- сеоника и азо- та	—	Метеорити — 200-300 до 600 км
—	Козмичко зрачење	0.000002	До 100 км азот и кисеоник се смањују. Водо- ник, хелиум, озон	Појас периоди- чног озона. Граница воде- не паре	Северна све- тлост - 85 - 750 км; светлећи облаци до 80 км
—	Козмичко зра- чење и зрачење радијума	0.00001 0.0001	Азот, кисео- ник, аргон, не- он, хелиум, криптон, ксе- нон, озон, воде- на пара, угљ. киселина, ни- тон	—	Балони - сонде до 377 км Човек до 19 км На половима дебља
—	Зрачење сунца. Б- манџија радијума	—	—	Жива матери- ја	—
1.05	Ниска радио-ак- тивност	0.02	Водоник, кисео- ник, хлор, натри- ум, магнезиум, сулфор	Вода, лед	—
2.2	Повишена ра- диоактивност у седиментима	—	Кисеоник, во- доник, силици- ум, алуминиум, угљеник, угљ. киселина, хлор	Глина, кварц, лимонит, гипс, боксит и др.	Доња граница кисеоничне по- вршине 0.5-1- врло ретко 1.5 км
2.5	Средња ра- диоактивност	0.5	Исто	Исто + калцит, доломит, угаљ	Под океанима обично не по- стоји

Сезми- чке гран.	Дубине у км		Назив геосфере	Моћност у км	Притисак у атм	Темпе- ратура	Стање материје
1	2	3	4	5	6	7	8
20—40 км дубина земљотреса	15—20	Л и т о с ф е р а	7. Метамор- фни омотач	5—10	< 2500	до 350°	Криста- ли
			8. Гранитни омотач — Sial	10—15	до 6000	600°	Кристали
			9. Базалтни—Sima (тачка пресека кривуље темпера- туре и кривуље топљена оливина)	70—85	до 90 000	1000°	Кристали + ото- пине
1.200	1.200		10. Период- титни (.к- логитни)	1000-1200	до 500 000	1200— 1500	Отопине + стакло
1.700	2.900	Прелазна геосфера	11. Рудни омотач	750	1 000 000	око 1000	Стакласто
			12. Паласит- ни. Оштра граница	750	1 500 000	око 1000	Својства чврстог тела Стакло
	6.370	Језгро	13. Централ- но језгро	3.400	од 2 000 000 — 3 000 000 (по Адамсу пре <)	2000° (до 8000° вероватно око 5000°)	Исто

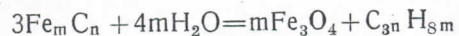
Тежина	Зрачење	Маса у одн. према чита- вој Земљи	Хемијска карактери- стика	Минерали	Примедбе
9	10	11	12	13	14
2.7	Виша радио-ак- тивност	0.5	Исто	Кварц, фелд- спати	Под океанима обично отсут- ствује
2.6-2.8	Највиша радио-актив- ност	0.5	Кисеоник, сили- цијум, алумини- ум, калијум, на- тријум, гвожђе, магнезијум, калцијум и др.	Кварц, фелд- спати, лискун, магнетит, апатит	Под океанима отсутствује или врло тавка
2.7-3.3	Средња актив- ност	1.0	Кисеоник, сили- цијум, алумини- ум, натријум, гвожђе, магне- зијум, калцијум, титан, фосфор, сумпор, хлор	Плагиокласн, пироксени и хорнбленда, магнетит, апатит	Дели на дубини од 60 км по- ставља границу између кри- сталног базал- та и његове стакласте отопине (Glasbasalt)
3.6-4	Ниска актив- ност	36.0	Кисеоник, сили- цијум, гвожђе, магнезијум, кал- цијум, хром, никл, ванадијум	Оливин, пиро- ксен, анортит, (пироп, дија- мант)	Растопљени омотач (70—120 км)
5 5.5	Веома ниска актив- ност	90.0	Гвожђе, магне- зијум, сумпор, калцијум, фос- фор, угљеник, силицијум, и алуминијум, сма- њени. Могуће наслаге титана, олова, мангана, живе	Оливин, пиро- ксени, сумпор- ни колчедан (пирит), хро- мит, магнетит, хематит, рутил, илменит	—
6	Веома ниска актив- ност	10.0	Заједно са сумпором — селен и телур	—	Оштра граница
9 10-11 11	Веома ниска актив- ност	31.5	Гвожђе, никл, кобалт, фос- фор, угљеник, хром, сумпор, вероватно гру- па платине	Природно гвожђе и никл, тројлит, коге- нит, шрајбер- зит и др.	—

Али ако би данас ишчезао органски живот, сав би слободни кисеоник нашег ваздуха, како су то показала испитивања Голдшмита, ишчезао кроз одређени размак времена, јер би га апсорбовале незасићене стене.

У недавно објављеном раду „Проблеми биогеохемије“ В. Вернадски [34] се подробно задржава на питању постанка наше савремене атмосфере. Он указује на то да се данас више не може сумњати у биогено порекло слободног кисеоника. Али он сматра да се „исто биогено порекло мора претпоставити и за азот, гас из ваздуха, још важнији по тежини и по љубиму“. Првобитна атмосфера Земље није могла садржати азот у облику елементарног гаса; Земља је изгубила знатан његов део, на шта указује чињеница да азот, који показује моћне линије у спектру звезда и обилује у козмосу, чини само мали део земљине масе (Ресел). Само је азот који је ступио у поре поменута хемиска једињења, успео да се одржи на Земљи, и тек се у знатно познијој епохи појавио у нашој земаљској атмосфери у облику елементарног гаса.

Према томе, првобитна земаљска атмосфера није у себи садржавала ни слободни кисеоник ни азот, али је зато обилувала воденом паром. Сва вода савремених мора и океана морала се тада налазити у облику прегрејане водене паре која је образовала моћну атмосферу; притисак те атмосфере, по срачунавањима А. Дювиллије-а [32], превазилазио је 300 кг на 1 см². Са том воденом паром су управо дошли у додир карбиди избачени на земљину површину. Како је данас познато, из међудејстава ових материја морали су постати угљоводоници.

Д. Менделеев [35] је већ 1877 описао ту реакцију представивши је једначином:



„Клоез, — пише он даље, — је испитао угљоводонике добијене из сировог гвожђа путем његовог растварања у соној киселини, и нашао C_nH_{2n} и др. Ја сам дејствовао том истом киселином на кристално манганово сирово гвожђе (са 8% угљеника) и добио житку смешу угљеника која је по мирису, изгледу и реакцијама била сасвим као и природна нафта“. Полазећи од те реакције, Менделеев је конструисао своју познату теорију минералног порекла нафте. „При издизању планинских маса, — писао је Менделеев — морају се на висинама образовати пукотине са отвором навише, а на основи планина пукотине са отвором наниже. Обе се у току времена испуњавају, засипају, али уколико је планина млађа, уколико су млађе пукотине и вода мора имати приступа кроз њих тако дубоко у унутрашњост земље, како се то у

нормалним приликама, на равницама, не може десити“. На тај је начин, по мишљењу Менделеева, морска вода могла доспевати до централног ујареног језгра које садржи велику количину угљеничног гвожђа, и у реакцији са њим омогућити стварање угљоводоника нафте.

Ова је теорија данас напуштена јер противуречи низу геолошких посматрања. Заиста је тешко замислити како би течна вода у капина могла доспети до усижаних карбида који су одвојени слојем стена дебелим више од хиљаду километара. Међутим основна теза Менделеева о образовању угљоводоника путем дејства воде на карбиде гвожђа, сасвим је потврђена како старијим тако и новијим радовима.

Већ 1841 г., Шретер је, дејствујући разблаженом киселином на сирово гвожђе, добио течност сличну нафти. Доцније је ту исту реакцију испитивао Хан [36]. Приликом растварања (у току више недеља) велике количине белог сировог гвожђа у киселини, добијена је веома знатна количина течности сличне нафти. Занимљиво је даље навести, покрај рада који Менделеев цитира, још и једно друго проучавање Клоеза, приликом кога су добијени угљоводоници разлагањем феромангана са 5% садржаја угљеника, путем дејства искључиво прегрејане водене паре [37].

Харичков [38] је посматрао образовање гасовитих и течних угљоводоника при дугом дејству водених раствора MgCl_2 , MgSO_4 и NaCl на опилјке обичног сировог гвожђа са 3% угљеника, у затопљеним цевима или у затвореним боцама, на 100°. Најзад, В. Ипатјев [39] је поновио реакцију добијања угљоводоника из угљеничног гвожђа путем дејства с разблаженом соном киселином и соним растворима, а тако исто и са воденом паром. „Ова хемиска испитивања, — пише он, — могу потпуно да потврде образовање нафте помоћу разлагања карбида гвожђа морском водом.“

Могло би се навести и већи број саопштења сличне природе, али и већ изложене чињенице довољно убедљиво показују да се угљоводоници увек образују кад се на карбиде гвожђа делује разблаженим киселинама, соним растворима или чак просто прегрејаном воденом паром. Исто тако и карбиди других метала, специјално алкалних и земноалкалних, лако дају угљоводонике под дејством воде.

Аналого стварање угљоводоника морало се вршити и у далеким периодама постојања Земље, када су карбиди, избачени на њену површину, били изложени дејству прегрејане водене паре из тадашње атмосфере. Чак се и данас врши такво примарно стварање угљоводоника, додуше само у изузетним случајевима, пошто се материје из централног земљиног језгра и материје са земљине површине само изузетно ретко могу наћи заједно.

„Има ипак чињеница, — каже Вернадски [21], — које показују да се метални карбиди, когени и други, стварно јављају у извесном еруптивном материјалу, под условима који не противурече образовању угљоводоника под дејством вреле воде“.

У првим периодама постојања планета нашег сунчаног система, ове реакције карбида са прегрејаном воденом паром и образовање угљоводоника, морали су имати масовни карактер. Несумњиви резултати тог грандиозног процеса сачували су се и до данас како у атмосферама великих планета,¹⁾ тако и у угљоводоницима малих планетних творевина чији одломци претстављају метеорите што падају на Земљу. Ти се првобитни угљоводоници нису сачували на земљиној површини, јер су били подвргнути даљим дубоким хемиским променама које су, као што ћемо видети у идућој глави, довеле до појаве сложених органских једињења.

Резимирајући све што је речено, ми видимо да се први услов за појаву живота на Земљи, — првобитни масовни постанак најпростијих органских материја, — остварио још у удаљеним периодама постојања наше планете. То је потврђено свима чињеницама којима данас располаже наука. Угљеник се најпре јавио на земљиној површини не у облику угљене киселине као што се то раније мислило, него у редукованом облику, у облику угљоводоника.

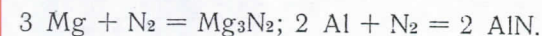
Потребно је сада задржати се за тренутак на судбини другог, биолошки необично важног елемента — азота. Као што је већ напоменуто, по подацима В. Вернадског [34], готово сав слободни азот наше атмосфере секундарног је порекла и везан је на овај или онај начин са животном делатношћу организама. Приликом образовања Земље, Земљино привлачење није могло задржати елементарни азот, као ни кисеоник, у некој знатнијој количини. Онај део азота који се сачувао на нашој планети, могао је остати на њеној површини само зато што је азот ступио у једињења са другим елементима, образовавши више или мање крупне честице са високом молекуларном тежином. Ово је утолико вероватније што се азот, који је при данашњим условима необично па-

¹⁾ Ресел [40] је у једном од својих говора изнео претпоставку да су се угљеноводоници великих планета створили услед редуковања угљене киселине елементарним водоником који се у знатној количини сачувао у атмосфери тих планета. Реакција је, по његовом мишљењу, ишла према једначини $\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 = \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$.

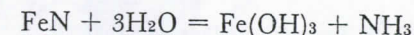
Овај аутор према томе узима као полазни материјал угљену киселину, чији је примарни постанак, како смо видели, сасвим сумњив. У исти мах, са изложеног гледишта, сасвим је неразумљив налаз угљоводоника у метеоритима, пошто на тим телима није било слободног водоника, неопходно потребног за такву реакцију.

сиван, врло енергично једини са многим другим елементима на температурама од 1000° и више.

Од могућих једињења, овде пре свега треба указати на азотове оксиде. Реакција једињења азота и кисеоника иде према једначини $\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{NO}$. Ипак се тако добијени оксид азота при лаганом хлађењу лако распада на молекул кисеоника и азота (на температурама око 1000°). Отуда је азотов оксид тешко сматрати као полазни продукт за образовање првобитних једињења тог елемента. Далеко су вероватнија једињења азота с металима, такозвани метални нитриди. Литиум, магнезиум, калциум, алуминиум, гвожђе и др., при загревању до високих температура, похлепно апсорбују азот образујући одговарајуће нитриде, према једначинама:

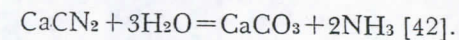


Таква су једињења могла постати и приликом образовања стена из првобитне маглине, које обмотавају централно метално језгро. Вероватност стварања тих једињења потврђена је проналаском металних нитрида, специјално нитрида гвожђа, у дубоким слојевима земљине коре (А. Готтије) [41] и у избаченим вулканским лавама (А. Брен). Голдшмит чак сматра да се знатна количина металних нитрида налази у раствору стању, у гвоздено-никленом језгру Земље. Нитриди дају под дејством водене паре амонијак, по једначини:



То се једињење могло образовати и примарно у горњим слојевима усијане гасовите маглине, приликом додира водоника и азота; данас се на тај начин технички добија амонијак, по методи Габера ($\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2 \text{NH}_3$).

Најзад, карбиди избачени на површину земље, могу на температурама од око 1000° да образују са азотом одговарајуће цијанамиде, $\text{CaC}_2 + \text{N}_2 = \text{CaCN}_2 + \text{C}$, који под дејством прегрејане водене паре дају такође амонијак



Ми видимо дакле да све могуће реакције, под испитиваним условима, воде стварању амонијака. Ова теза је снажно потврђена чињеницом да се у атмосфери великих планета налазе знатне масе амонијака. Примарно стварање амонијака је потврђено и многим геохемиским испитивањима. Вернадски [43] пише тим поводом: „Издавање амонхлорида и амонфлуорида из вулкана је несумњиво. Само се један њи-

хов део може везати за разлагање остатака живе материје које је лава захватила. Издвајање амонијака заједно са прегрејаном воденом паром (до 190°) у области гејзера из дубине од најмање 200 м, на пример у Тоскани у Италији и у Соному у Калифорнији, никако се не може везати с појавама живота. Ти гасови магматског порекла издвајају се истовремено с воденом паром.

„Амонијачни каолински алумосиликати се очевидно налазе у изоморфним примесама минерала вулканских и масивних стена, и постојање првобитног азота у тим стенама изгледа врло вероватно“.

Може се дакле с великом вероватноћом претпоставити да се и азот, слично угљенику, најпре појавио на земљиној површини у редукованом облику — у облику амонијака.

ЛИТЕРАТУРА

1. Henry Draper Catalogue, Ann. Harv. Obs., 91/99, 1918—1924; The Henry Draper Extension, Ann. Harv. Obs., 100, 1925.
2. J. S. Plaskett. Publ. Dominion Astroph. Obs., Victoria, vol. II, N 16, 1924.
3. H. N. Russell. Publ. Amer. Astr. Soc., 3, 22, 1918; види такође Russell, Stewart, Dugan, „Astronomy“, 11.
4. H. Bethe. Phys. Rev. 55, 434, 1939; „Nature“, 143, 904, 1939; Science Jan. 13, 1939.
5. F. Henroteau. a. J. P. Henderson. Publ. Dom. Obs., 5, № 11, 1920; № 8, 331, 1921.
6. E. P. Waterman. Lick. Obs. Bull., 8, № 243, 1, 1913.
7. W. Rufus. Publ. Astr. Obs. Univ. o Michigan, vol. 2, 103, 1915; R. Sanford, Publ. Astr. Soc. Pacif. (S. Francisco), vol. 41, 271, 1929.
8. H. von Klüber. Das Vorkommen der chemischen Elemente im Kosmos, Leipzig, 1931 (ту се може наћи опширан резиме о читавом питању).
9. H. Newall, F. Waxandala. C. Buttler. Monthly Notice Royal Astr. Soc., 76, 640 1916; F. Lowater. Pop. Astr., 25, 179; 1917.
10. A. Fowler a. C. Gregory. Phil. Trans., 213, 351, 1919.
11. C. Raffety. Phil. Mag., 32, 546, 1916.
12. F. Baldet. Ann. de l'Obs. d'Astr. phus. de Paris, VII, 1926; F. Hogg. J. Astr. Soc. of Canada. 1929.
13. H. Russell. The Solar System and its Origin. New York. 1935.
14. A. Adela. V. Slipher. Physic. Review, 46, 902. 1934.
15. А. Ферсман. Геохимия, т. I и II. ОНТИ, Ленинград.
16. Ja. W. Noddack. Die Naturwissenschaften, 35, 1930 (в. такође А. Ферсман. Геохимия и von Klüber. Das Vorkommen der Chem. Elemente im Kosmos).
17. И. Астапович. „Природа“ № I, 14, 1940.
И. Астапович и В. Федьинский. „Метеоры“. Изд. А. Н. СССР, 1940.
18. Цит. по von Klüber, 9.
19. Меликов и Кржижановский. Журн. Хим. О-ва, I, 651, 1896.
20. А. Ферсман. Геохимия, т. I, 183, 1934.

21. В. Вернадский. Очерки геохимии. Горгеонефтеиздат, 1934.
22. Литературу в. код В. Вернадског. Изв. Ак. Наук, I, 174, 179, 1914.
23. I. Jeans. Astronomy and Cosmogony. Cambridge, 1929.
Д. Д. Жинс. Происхождение солнечной системы, Мироведение т. XXI, № 1-2, 1932.
Джеffreys. Происхождение солнечной системы.; на истом месту т. XIX, № 3—4, 1930.
24. C. Jeffrey. The Earth. Cambridge, 1929.
25. R. Lyttleton. M. N. 96, 562, 1936; 98, 536, 1938.
26. Holmberg. Med. Lund, A. O. Sec. 11 № 92, 1938.
27. Н. Парийский. Астрономической журнал, XVI (I), 77, 1939.
28. H. Rowland. Preliminary Table of Solar Spectrum Wave lengths, Chicago, 1896; Revision of Rowlands Preliminary Table Carnegie Inst. Washington, 1928.
29. Б. Гутенберг. „Строение земли“, ОНТИ, 1934. V. Goldschmidt. Fortschritte der Mineralogie 17. 1933.
30. Цит. по М. Неймару. „История земли“, 1897 (о питању везивања азота и стварања амонијака в. 21. В. Вернадский.)
31. В. Вернадский. Изв. Ак. Наук, VII, № 5, 633, 1931.
32. A. Dauvillier. L'Astronomie. December, p. 529. 1938.
33. С. Арениус. Жизненный путь планеты. Госиздат, 1923.
34. В. Вернадский. Проблемы биогеохимии. Изд. А. Н. 1935.
35. Д. Менделеев. Основы химии, т. I. 379. Госиздат, 1927.
36. Hahn. Liebig's Annalen, 129, 57, 1884.
37. Cloez. C. R., 86, 1244, 1878.
38. Харичков. Журн. Хим. Общ. (I), 825, 1896; (I), 162, 1897.
39. В. Ипатьев. Нефть и ее происхождение, 1922.
40. H. Russell. „Nature“, N 3406, 9, 11, 1935 (рус. пер. „Природа“, № 5. 49, 1935).
41. A. Gautier. Ann. des miner, 10, 350, 563, Paris 1906.
42. По питању везивања азота и стварања амонијака в. К. Кейзер и А. Мозер. Азот воздуха и его использование, Москва, 1929; Тр. комис. по связанному азоту, НХТИ. 1925.
43. В. Вернадский. Очерки геохимии, 155, 1934.

ГЛАВА V

ПОСТАНАК ОРГАНСКИХ МАТЕРИЈА
ПРВОБИТНЕ БЕЛАНЧЕВИНЕ

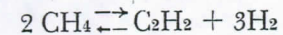
Као што је већ речено, многи аутори који у питању порекла живота стоје на механистичким позицијама (Хекел [1], Осборн [2], Омељански [3] и други), сматрали су да се самозачеће живота које се јавило у удаљеним епохама постојања наше планете, могло десити само благодарећи извесним физичким силама које су у то време постојале на Земљи и које су створиле жива бића из мртве материје.

Али се данас тешко може стати на то гледиште. Нема сумње да су у тим епохама (нарочито у првим периодима постојања угљеникових једињења) физички услови на земљиној површини били друкчији него данас, — била је виша температура, други састав атмосфере, други услови осветљења итд. Али у тим условима нема ничега тајанственог ни необичног. Напротив, они су нам сви више-мање добро познати. Ми можемо не само да себи лако претставимо те услове, него и да их у знатној мери и репродукујемо у својим лабораторијама. Па ипак, они нам не могу објаснити како је живот постао на Земљи. То је сасвим разумљиво, јер за решавање проблема порекла живота није довољно знати само спољашње физичке услове.

Треба узети у обзир и унутрашње хемиске особине материја из којих су се у крајњој линији образовала жива бића. Испитивање „понашања“ тих материја, под датим спољашњим условима, може нам управо показати пут којим је текла даља еволуција органске материје. Тај метод испитивања је утолико оправданији што су спољни услови егзистенције само у почетку те еволуције били различити од савремених природних услова. Од момента образовања првобитног океана, околности под којима су се налазиле органске материје толико су биле блиске данашњим, да се смело могу доносити закључци о току хемиских преображаја, на основу података који се данас могу добити.

Главне тешкоће таквих закључака леже у колосалној разноврсности хемиских преображаја свих врста и реакција за које су способни угљоводоници и њихови деривати. Али за решење нашег задатка, нимало није потребно репродуковати процес у свима његовим детаљима. Важно је само имати јасну претставу о његовим основним тенденцијама, основним линијама понашања органске материје и њене даље еволуције на земљиној површини. У томе погледу нам савремена органска и биолошка хемија дају довољан чињенични материјал за стварање потпуно основаних закључака.

У претходној глави поменута реакција карбида са прегрејаном воденом паром морала се дешавати на температурама још доста високим за савремене прилике, од неколико стотина степени. О трансформацијама којима при тим условима подлежу угљоводоници, ми имамо довољно јасну претставу, јер су процеси који се дешавају приликом термичке (пирогене) обраде угљоводоника врло често испитивани у вези са крекинг-процесом¹⁾ и другим практичним задацима. Ту недавно је Панет показао да на температурама око 1000° наступа образовање не угљоводоника, већ њихових слободних радикала. Као пример таквих радикала може послужити раније поменути метин (СН), метилен (СН₂) и др. Те се творевине не могу дуго одржати у слободном стању; оне се брзо узајамно једине дајући при том знатну количину незасићених угљоводоника етиленовог и ацетиленовог низа. Та се једињења образују и простим загревањем засићених угљоводоника до високих температура. Тако су на пример Холлидеј и Нотингхем [4] у 1931 г. показали да метан, при загревању до 1000° и више даје, чак и у отсуству контактих утицаја, ацетилен по једначини:



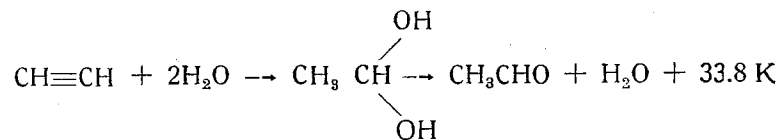
Најзад, низ карбида даје и непосредно незасићене угљоводонике посредством реакције са воденом паром или водом чак и на релативно ниским температурама. Као пример могуће је навести општепознату реакцију добијања ацетилена из калциумкарбида:



Постоји према томе разлог да се сматра да су првобитно настали угљоводоници на земљиној површини били незасићена једињења етиленовог и ацетиленовог низа. Нарочито је вероватно стварање ацетилена који је очевидно имао доминантан значај међ тада створеним угљоводонцима.

¹⁾ Путем крекинга, тј. загревања до високе температуре посебних фракција нафте и њених остатака, може се добити бензин и низ других за технику драгоцених производа.

Многобројна испитивања читавог низа хемичара, и нарочито последња испитивања А. Фаворског [5] и његове школе, несумњиво документују изузетну, реактивну способност незасићених угљоводоника и огромне хемиске могућности којима располажу та једињења. Нарочити интерес за нас претставља способност незасићених угљоводоника да се релативно лако хидратизују, тј. да своје молекулу припоје читав молекул воде. Као пример може послужити реакција хидратизације ацетилена у ацеталдехид:



Као што се види из горње једначине, ова реакција је егзотермна и тече са ослобађањем знатне количине топлоте, па према томе може се вршити „спонтано“, без потребе за доводом енергије споља. Присуство низа неорганских катализатора, на пример оксида гвожђа, знатно повећава брзину те реакције, али она може тећи, иако лагано, и у отсуству тих катализатора.

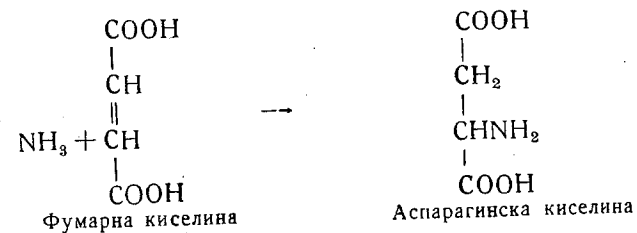
Нема сумње да су се и незасићени угљоводоници, који су првобитно настали на земљиној површини, својом главном масом морали подвргнути хидратизацији у моменту свога постанка или доцније, кад су прешли у земљину, атмосферу засићену прегрејаном воденом паром, пошто су за то били остварени сви неопходни услови. При томе су се морале образовати на земљиној површини знатне количине разноликих производа оксидације угљоводоника, — алкохоли, алдехиди, кетони и органске киселине.

Како се, према горе наведеној једначини, приликом хидратизације ацетилена образује ацеталдехид, то је једињење морало доминирати међ осталим производима оксидације угљоводоника. Према томе, главна маса тернерних органских материја првобитно посталих на земљиној површини, била је претстављена у облику ацеталдехида.

Овај закључак до кога се невољно долази при разматрању услова стварања првобитних једињења угљеника на земљиној површини, интересантно је довести у везу са чињеницом да ацеталдехид игра сасвим изузетно важну улогу у данашњим биохемиским процесима. Он се сусреће при најразличитијим трансформацијама материје и енергије у унутрашњости организама. Пuteви размене материја могу се јако разликовати код различитих живих организама. Покрај организама који као основну храну искоришћују угљене

хидрате, познате су и извесне гљивице и бактерије које могу да се хране парафином и да као једини извор угљеника искоришћују цикличне и полицикличне угљоводонике као што су бензол, толуол, фенантрен, аценафтен, флуорен и њихове најближе деривате као фенол, полифеноле, салицилну киселину и др. (В. Таусон) [6]. Најзад, извесне бактерије могу да се хране холестериним, полинафтенима итд. Међутим, ма како били разнолики путеви размене материја код свих тих организама, сви се они укрштају у једној тачки, а то је ацеталдехид или његови најближи деривати типа алдола [7]. Та је чињеница веома занимљива и демонстративна са гледишта да су се основе данашњих биохемиских процеса зачеле, као што ћемо доцније видети, још у најранијим фазама постојања органских материја. Отуда учешће ацеталдехида у размени материја свих познатих организама чини веома вероватном претпоставку да је то једињење (ацеталдехид) основно, полазно једињење у еволуцији органске материје.

Међутим, првобитни незасићени угљоводоници, у време њиховог постанка, морали су се сусрести на земљиној површини не само са водом, него и са амонијаком. Као резултат реакција које су се том приликом дешавале, стварала су се разнолика азотна једињења, — амонијачне соли, амиди, амини итд. Тако на пример, ако се поменута реакција хидратизације ацетилена врши у присуству амонијака, могуће је већ очима утврдити стварање кристалног талога алдехид-амонијака, пошто се ту амонијак необично брзо једини са ацеталдехидом у стварању [8]. Јединећи се са кисеоничним дериватима незасићених угљоводоника на месту двогубе везе, амонијак доводи до образовања различитих амина. Као пример се може навести реакција једињења амонијака са фумарном киселином, уз образовање аспарагинске киселине:



Ова реакција игра изузетно важну улогу у образовању аминокиселина, оних основних опека из којих је саграђен молекул беланчевине.

Првобитне етапе описаних трансформација угљоводоника морале су се одигравати још у атмосфери Земље засиће-

ној воденом паром. Али када се температура наше планете толико снизила да се јавила могућност образовања течне воде, излили су се на површину Земље из атмосфере врели млазеви који су је прелили и образовали првобитни врели океан. Кисеонични и азотни деривати угљоводоника који су се налазили у атмосфери били су повучени млазевима воде, тако да су првобитна врела мора и океани, већ у моменту свог постанка, садржавали у себи растворена најпростија органска једињења. У тој новој воденој средини, реакције угљоводоничних деривата и њихове даље трансформације нису се зауставиле. Алкохоли, алдехиди, киселине, амини, амиди итд., продужили су, да реагују међу собом и са елементима околне средине, градећи огроман број разноликих али већ сложенијих органских једињења. Није могуће пратити у детаљима те изванредно разгранате и необично разноврсне процесе еволуције органске материје; то уосталом за наш циљ није ни потребно. Али се општа тенденција трансформација и измена може несумњиво утврдити на основу проучавања особина поменутих једињења.

Као што је већ напоменуто, незасићени угљоводоници и њихови кисеонични и азотни деривати садрже у себи огромне хемиске могућности. Користећи се њима као полазним материјалом, хемичар може да у својој лабораторији направи све разнолике органске материје које ми данас сусрећемо у природи. Он може вештачки да сагради готово сва једињења која улазе у састав животињских и биљних ћелица.

Али треба истаћи да хемичар за своје синтезе примењује методе различите од оних којима се користи жива ћелица. Да би натерао органске материје да брзо и у потребном правцу реагују међу собом, хемичар често прибегава употреби халоида, минералних киселина, јаких базних раствора, високих температура и притисака и читавом низу средстава са енергичним дејством; он располаже читавим арсеналом различитих поступака који му омогућују да оствари најразличитије реакције и да добије велике количине потребних продуката.

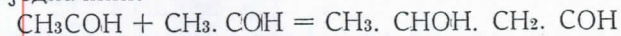
Али под природним условима, у живим организмима, синтеза разноликих органских материја заснована је на савршено другом принципу. Овде нема поменутих енергичних средстава, нема високих температура; молекули органских материја не подвргавају се поступку хлорирања, бромирања или утицају других халоида; реакција средине остаје приближно неутрална, па ипак органске материје трпе низ битних промена и преображаја. Данас се може сматрати као утврђена чињеница да се те исте промене органских материја могу вршити и ван живе ћелице; разлика је само у њиховој брзини. У живој ћелици постоје специјални катализа-

тори, ферменти (на њима ћемо се доцније зауставити). Под дејством тих катализатора, хемиске реакције међу органским материјама бивају убрзаване много стотина хиљада пута. Али сама способност за реакцију није условљена присуством фермената већ зависи од саме органске материје која се подвргава промени. Те промене се врше и ван живе ћелице, у отсуству фермената, само при томе теку изванредно споро. У лабораторијској пракси и у пракси хемиске индустрије тај лагани темпо преображаја материја савршено је непријемљив. Отуда хемичар тежи да убрза ток хемиских реакција путем примене разних средстава са енергичним дејством. Али за проблем који нас интересује, време није имало битан значај. Еволуција органске супстанце је несумњиво текла кроз врло дуги период времена. Отуда су у њој видну улогу играли хемиски преображаји са лаганим током.

За питање порекла живота, од битног је значаја проучавање могућих преображаја којима се могу подвргнути органске материје у живој ћелици, јер оно допушта да се утврде основне хемиске реакције за које су способне органске материје у воденој средини и које су неопходне за синтезу најсложенијих једињења што служе као материјал за грађу тела живих организама.

Обично се сматра да се у живој ћелици одиграва огромна множина најразноврснијих реакција. То је мишљење засновано на великом броју различитих материја које се могу издвојити из тела животиња и биљака. Међутим, детаљније разматрање тог питања показује да није тако. Без обзира на изненађујућу количину разноликих материја које улазе у састав живих организама, све су оне постале као резултат релативно простих и прилично једноличних реакција. У основи хемиских преображаја органских материја које ми можемо да утврдимо у живој ћелици, леже три главна типа реакција. То је најпре кондензација, тј. повећавање угљениковог низа, и обрнут процес — раскидање везе између два угљеникова атома. Друго, полимеризација, једињење два органска молекула помоћу кисеоничног или азотног мостића и томе суротан процес, хидролиза; и најзад, треће, процес оксидације и с њим везани процес редукције (оксидационо-редукциона реакција).

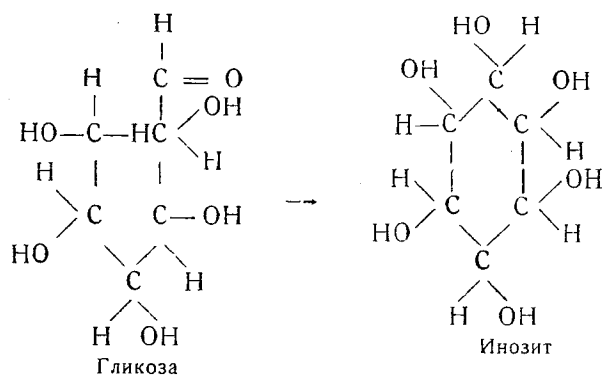
Као пример кондензације може послужити такозвана алдолна кондензација алдехида, коју је још 1872 године открио Вирц [9]. Специјално за ацеталдехид реакција тече према једначини:



Овде се дакле међу собом спајају два молекула ацеталдехида и стварају један молекул алдола, једињења претстав-

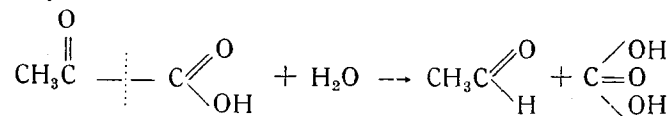
љеног већ низом од четири угљеникова атома. Иако у написаној једначини нису претстављени, ни с леве ни с десне стране молекули воде, треба ипак истаћи да је реакција кондензације најтешње везана са премештањем елемената воде.

У датом случају, образовано је једињење само два молекула алдехида, али се може десити и поступна кондензација низа честица, која доводи до образовања органских једињења са дугим угљениковим низовима. Исто се тако као последица те реакције могу образовати затворени прстенови хидроароматичних и ароматичних једињења. На пример:



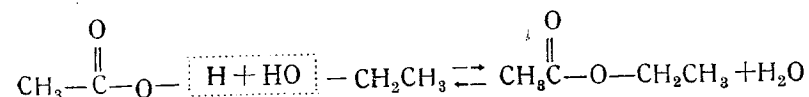
Ове реакције кондензације играју видну улогу у читавом низу биохемиских процеса; оне леже у основи врло многих синтеза које се остварују у живој ћелији. Тако на пример, описана реакција алдолне кондензације ацеталдехида лежи у основи синтезе масних киселина. При спајању два молекула алдехида глицерина или одговарајућег кетона образују се прости шећери (хексозе). Стварање танина је везано са алдолним затварањем угљениковог низа у хидроароматични прстен итд.

Као пример промене супротне кондензацији — прекидања везе између два угљеникова атома — могуће је навести распадање пирогрођане киселине на ацеталдехид и угљену киселину:



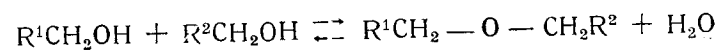
Ова реакција има огроман биолошки значај. Сва угљена киселина коју ослобађају организми при превирању или дицању постаје на тај или аналог начин [10].

Други поменути тип реакције — полимеризација — своди се такође на везивање два или више молекула међ собом. Али у томе случају поменуто спајање молекула врши се не више помоћу везе која се ствара између два угљеникова атома, него преко кисеоничног или азотног атома. Као пример се може навести синтеза естара која се врши по једначини:



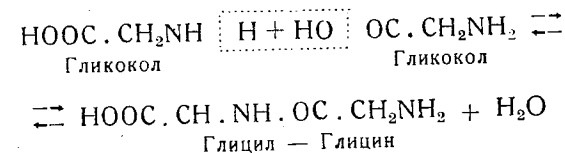
Овде се успоставља веза преко кисеоничног атома између молекула киселине (у датом случају сирћетне) и алкохола (обичног). При томе се на месту спајања ослобађају хидроксилна група и водоник који се једине у молекул воде. Према наведеној реакцији у живој ћелији постају масти које претстављају сложене естре у којима улогу алкохола игра глицерин, а улогу киселине — стеаринска, палмитинска, олеинска и друге масне киселине.

Али се у процесу полимеризације могу јединити и други органски молекули. Специјално образовање простих естара има велики биолошки значај. У томе случају, два молекула алкохола се спајају међ собом помоћу кисеоничног мостића са издвајањем молекула воде, по једначини:



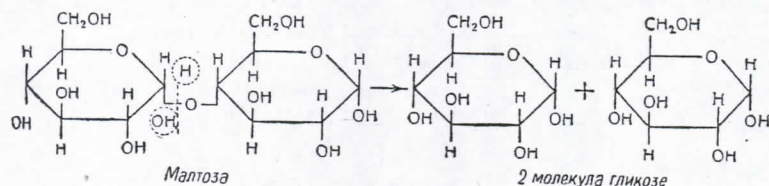
Ова реакција лежи у основи образовања материја као што су тршчани шећер, скроб, целулоза и други сложени угљени хидрати који играју битну улогу како у животињском тако, и нарочито, у биљном организму.

Најзад, полимеризација се може вршити и путем спајања молекула посредством азотног атома. Е. Фишер [11] је показао да се две аминокиселине могу сјединити међ собом по једначини:



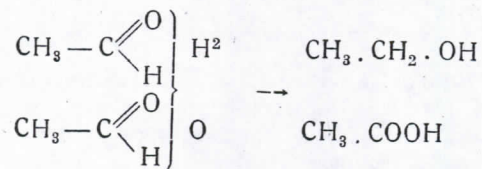
Ова реакција лежи у основи синтезе беланчевинастих материја. Већ само то показује њен изузетан биолошки значај.

Као што смо видели, у свима наведеним случајевима полимеризације реакција тече са издвајањем воде. Обратни процес, хидролиза, своди се на раскид веза у сложеним органским једињењима, са припајањем елемената воде, хидроксила и водоника на месту раскида. Тако на пример:



Хидролиза сложених органских једињења је нарочито детаљно проучавана у биолошкој хемији, пошто се она дешава у свима случајевима када се разлажу резервне или хранљиве материје, приликом клијања биљних семена, у желудачно-цревном каналу животиња итд. Она се лако може произвести и ван живе ћелице, просто у воденој средини, при чему се брзина реакције може знатно увећати дејством фермената или неорганских катализатора.

Суштину трећег типа реакција — оксидационо-редукционих — могуће је схватити на примеру процеса који је подробно проучио први пут Каницаро [12]. Два молекула алдехида могу реаговати са водом према једначини:

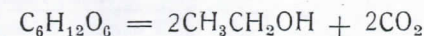


При томе, један молекул припаја себи хидроксил воде и оксидује се до одговарајуће киселине, док се други молекул спаја с водоником и редукује до одговарајућег алкохола. На тај начин долази до повезане оксидације и редукције које се врше на рачун елемената воде. Док се при хидролизи хидроксил и водоник спајају на месту раскида, у овом случају се врши припајање елемената воде различитим органским молекулима.

Механизам оксидационо-редукционих реакција које се одигравају у воденој средини, разрадио је у своје време М. Траубе [13] на низу примера из неорганске хемије. Доцније је А. Бах [14] показао да аналоге трансформације леже у основи дисања и других оксидационих процеса који се

одигравају у живој ћелици. Х. Виланд [15] објашњава механизам те реакције мало другаче. Он сматра да се телу које се оксидује (на пр. једном молекулу алдехида) пре свега припаја читав молекул воде, — врши се његова хидратација. Затим се од хидрата који се образује одваја водоник кога хвата (акцептује) други молекул алдехида или каква друга материја која се редукује у процесу те реакције. За нас је у сваком случају важно подвући само то да оксидационо-редукциона реакција тече и по једном и по другом схватању на рачун елемената воде.

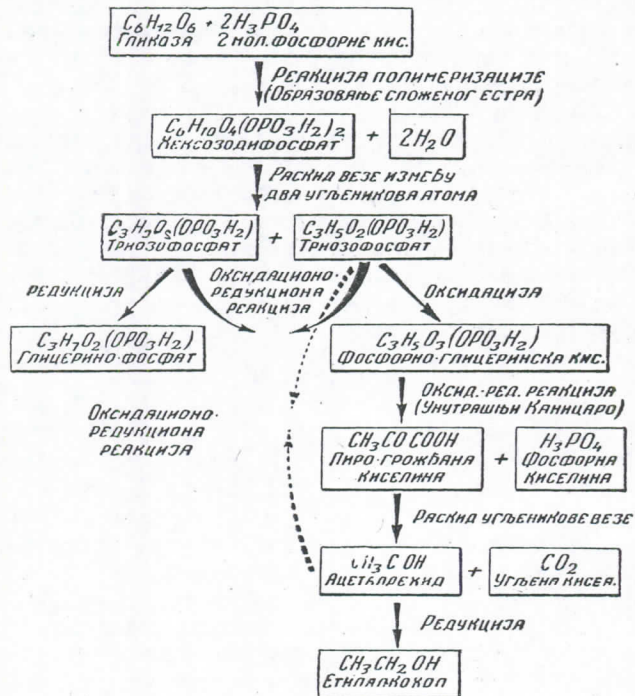
Изгледа на први поглед чудновато да се сва разноликост хемиских процеса коју ми с правом претпостављамо у живој ћелици, може свести на поменути три типа реакција. Међутим, детаљно испитивање биохемиских процеса убеђује нас у исправност таквог схватања. Примера ради, анализираћемо макар и сасвим схематски, хемизам сложеног хемиског процеса алкохолног врења. Већ давно је познато да сумарна формула превирања



изражава само почетак и крај процеса који се састоји из другог ланца интермедијерних реакција. Благодарени радовима Костичева, Лебедева, Најберга, Хардена, Ембдена, Мајерхофа и др. [16], ми имамо данас довољно јасну претставу о појединим карикама тога ланца и о њиховом току. Шећер најпре образује сложен естар са два молекула фосфорне киселине. Затим се тај естар распада услед раскида везе између два молекула угљеника, на два молекула триозофосфата. Међ тим молекулима долази до оксидационо-редукционе реакције, при чему се један молекул редукује до глицеринофосфата (фосфорни продукт глицерина), а други оксидује до фосфорно-глицеринске киселине. Наступа затим одвајање фосфорне киселине и такзовани унутрашњи „каницаро“, — оксидационо-редукциона реакција, везана с премештањем хидроксила и водоника. Резултат тога је пирогрожђана киселина. Та се киселина подвргава цепању (реакција раскида везе између два угљеникова атома), услед чега се одваја угљена киселина и образује ацеталдехид. Ацеталдехид ступа у оксидационо-редукциону реакцију с једним од молекула триозофосфата који се образовао приликом распадања шећера. При томе се триозофосфат претвара у фосфорно-глицеринску киселину која се поново подвргава већ описаним променама, а ацеталдехид се редукује до одговарајућег обичног алкохола (в. сл. 2).

Ми видимо дакле да читав процес алкохолног врења претставља ланац реакција полимеризације које се поступ-

но смењују, оксидационо-редукционих реакција и раскида везе међ угљениковим атомима, при чему се производи прве реакције одмах подвргавају променама друге итд. до краја процеса. Ако би ми у томе ланцу донекле изменили поступно смењивање појединих карика, добили би савршено други

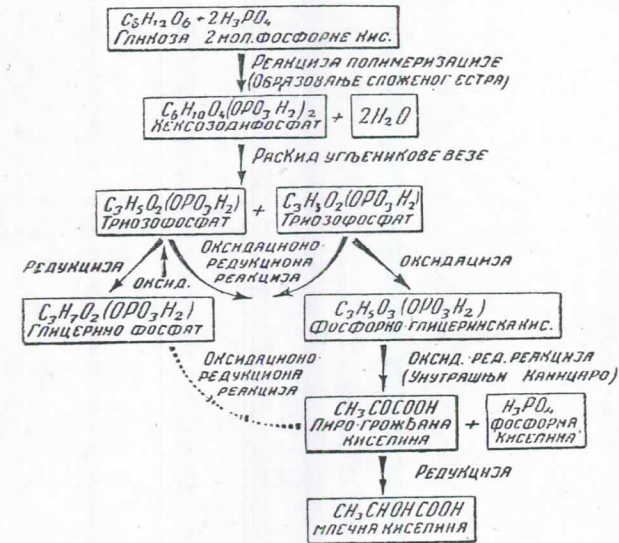


Сл. 2. Схема алкохолног превирања

продукт сумарне реакције. Тако на пример у превирању млечне киселине процес тече сасвим на исти начин као и у алкохолном; али кад наступи образовање пирогрожђане киселине, ова се не раздваја на угљену киселину и на ацеталдехид. Уместо реакције раскида везе између два угљеникова атома, наступа оксидационо-редукциона реакција између пирогрожђане киселине и глицеринскофосфата што су се образовали у претходном процесу. Глицеринскофосфат се оксидује и из њега се добија триозофосфат који се подвргава описаним променама. У исто време се пирогрожђана киселина редукује, што доводи до образовања млечне киселине (в. сл. 3).

Било је према томе довољно да се донекле измени поступност процеса, па да се уместо алкохола и угљене киселине добије сасвим други продукт — млечна киселина.

У тој измени поступности релативно простих реакција што припадају поменутиим трима типовима, управо лежи узрок колосалне разноликости појединих органских материја које се сусрећу у живим ћелијама организама. Ако у ланцу хемиских преображаја имамо најпре реакцију кондензације, за њом оксидациони процес, па затим опет кондензацију, до-



Сл. 3. Схема превирања млечне киселине

бићемо једно хемиско једињење, један коначни продукт реакција. Обрнуто, ако је за кондензацијом дошла полимеризација, за њом следовала оксидација или редукција, па даље хидролиза, добија се други продукт итд.

Илустрације ради навешћемо овде више-мање случајну и ни изблиза потпуну схему разноликих продуката које може дати каква било хексоза (на пример гликоза), у зависности од тока смењивања описаних реакција (в. сл. 4).

И тако је дакле сложеност и разноликост материја што се стварају у живој ћелији условљена једино сложеносту и разноликошћу комбинација најпростијих реакција три поменута типа. Али пажљиво разматрање тих реакција показује да све оне имају једну општу карактеристичну црту, једну општу особеност: све се оне одигравају уз непосредно учешће воде. Честице воде (хидроксил и водоник) или се припајају угљениковим атомима молекула органске материје, или се, обрнуто, одвајају, откидају од њега. При томе треба напоменути да вода ту, игра активну улогу. По својој су-

акције најпростијег шећера. Хемиску природу Бутлерова г једињења објаснио је тек после 30 година Е. Фишер, [19], који је показао да реакција тече по сумарној једначини:



и да се као резултат стварно добија шећер (хексоза). О. Лев [20], изменивши донекле услове огледа Бутлерова, добио је раствор шећера који је могао да превире у присуству квасца, тј. да послужи као хранљиви супстрат за хетеротрофне организме. Х. и А. Ојлер [21] су остварили ту исту реакцију, просто оставивши чисти водени раствор формалдехида са кредом да стоји. При томе су добили знатне количине шећера и показали да се у почетку врши кондензација формалдехида у гликол-алдехид:



а овај затим образује шећер.

Описана реакција кондензације формалдехида и алдехида гликола претставља основу на којој почива читава хемија угљених хидрата, једињења од видног значаја у размени материја код читавог низа живих бића. Ми видимо како та реакција тече лако, „спонтано“ у воденој средини. Присуство таквог катализатора као што су креч или креда обезбеђено је, разуме се, увек у природним условима, а специјално и у водама првобитног океана.

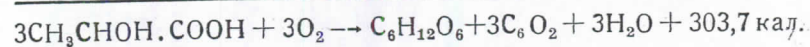
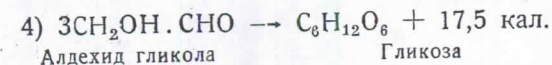
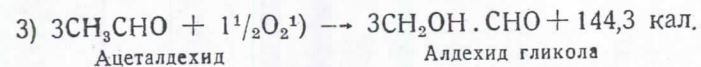
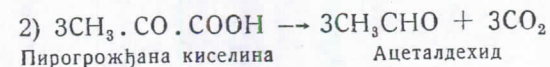
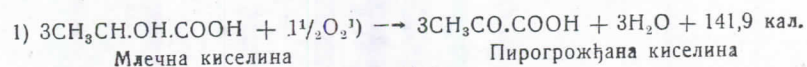
Као пример реакције полимеризације може послужити синтеза Т. Курциуса [22] остварена у 1904 г. Тај је аутор остављао водени раствор релативно простог органског једињења — етил етра гликокола. При томе се на собној температури „спонтано“ образовао глицин-анхидрид, једињење у коме су два молекула гликокола везана међ собом преко атома азота полипептидном везом, тј. на начин како су везане поједине аминокиселине у молекулу беланчевине.

Сличне реакције полимеризације и кондензације одигравале су се и у мешавини водених раствора формалдехида и калијумцијанида, коју је А. Бах [23] остављао да стоји дуго време у лабораторији. При томе су се стварала високомолекуларна једињења која су показивала биуретну реакцију и по својим особинама била блиска пептонима. Ако се тако добијени производ очисти путем дијализе, на његовом се раствору могу гајити, као на хранљивој подлози, бактерије труљења. Према томе, таквим се простим начином могу синтетизовати материје погодне за храну ми-

кроорганизама, иначе способних да се развијају само на органским подлогама.

Веома интересантну светлост бацили су на читаво питање радови В. Таусона [24], који му је пришао са енергетског гледишта. Таусон је изнео мисао, на први поглед парадоксалну, да у основи свих најважнијих синтеза што се врше у унутрашњости разноликих организама, леже егзотермни процеси. Само фотосинтеза која се остварује у зеленим биљкама, захтева довод енергије споља. Све синтезе које се врше хетеротрофно на рачун готових органских једињења, теку са ослобађањем енергије чак и у случају када се при томе образују сложеније материје, са вишим енергетским нивоом него почетне.

Као илустрацију тог схватања Таусон даје ову схему синтезе гликозе из млечне киселине:



Ова схема је интересантна са гледишта да све узастопне реакције претстављене на њој, теку егзотермно, са ослобађањем врло знатних количина енергије. Само је друга реакција (декарбоксилизација пирогрожђане киселине) праћена ослобађањем незнатне количине енергије, које због тога није ни претстављено на схеми. Према томе, све се те реакције могу остваривати „спонтано“, без икаквог притоца енергије споља, на сопствени рачун такоређи. Без обзира на то, из релативно простог једињења (млечне киселине) добија се сложеније једињење (гликоза) чији је сваки молекул снабдевен већом резервом енергије него молекула полазне материје. То зависи од тога што се у процесу декарбоксилизације одваја најоксидованији део молекула и удаљава у облику угљене киселине.

¹⁾ Овде долази не до непосредног припајања слободног кисеоника, него до припајања кисеоника воде које се јавља као резултат оксидационо-редукционог процеса (Каницаровљева реакција).

Најважније реакције које воде ка синтези разноликих веома сложених и високомолекуларних органских једињења су: 1) кондензација алдехида, 2) оксидационо-редукционе реакције (типа Каницаро) и 3) реакција декарбоксилизације. Све оне теку са ослобађањем веће или мање количине енергије. Тако на пример, раније споменута реакција кондензације ацеталдехида у алдол тече са ослобађањем 5.3 калора њен редукциони, тако и за оксидациони део.



Сви су оксидационо-редукциони процеси везани са још већим ослобађањем енергије, што се може лако утврдити ако се изведе енергетски биланс реакције у целини, тј. како за њен редукциони, тако и за оксидациони део.

На основу ових енергетских разматрања могуће је схватити зашто се приликом чувања водених раствора алдехида и других најпростијих органских материја у присуству елементарних неорганских катализатора стварају сложена и високомолекуларна једињења.

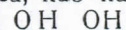
Реакције такве врсте морале су се одигравати и у топлим водама првобитне земљине хидросфере у којима су били растворени најпростији деривати угљоводоника. Немамо никаквог разлога да сумњамо у то да се те реакције, уопште узев, нису битно разликовале од хемиских међудејстава које ми данас можемо извести у нашим лабораторијама. Отуда се може без устезања тврдити да су се на ма којој тачки тадашњег океана, у ма којој тадашњој води, могле образовати оне сложене високомолекуларне органске материје које су се стварале у боци Бутлерова, у чаши Курцијуса, у мешавини Баха и у низу других сличних синтеза.

Поступна кондензација ацеталдехида, низ оксидационо-редукционих трансформација и друге реакције што су доводиле до постепене компликације органске материје, одигравале су се овде егзотермно, са знатним ослобађањем енергије. Отуда је већ просто по сили закона ентропије, резултанта свих хаотично управљених реакција што су се одигравале у првобитном океану, била управљена на страну синтезе све сложенијих високомолекуларних једињења, иако се упоредо с тим била почела да ствара и угљена киселина и друге материје са сниженим енергетским нивоом.

Описане синтезе сложених органских материја морале су у почетку тећи релативно споро. Њихова брзина је била у знатној мери условљена присуством ових или оних неорганских катализатора типа соли гвожђа, бакра, калциума итд., који су се у изобиљу налазили у водама првобит-

ног океана. Али је та брзина морала постепено битно порастати, у вези са постајањем све нових и нових органских једињења.

Ту скоро објављени, веома интересантни радови А. Кузина, показују да се читав низ набројаних реакција може знатно убрзати у присуству одређених органских једињења. Кузин [25] је специјално анализирао механизам раније поменуте реакције кондензације формалдехида у шећер. Показало се при том да се као катализатори који јако повећавају брзину те реакције, могу узети фруктоза, гликоза и друге материје које дају ендиолну групу. Приликом спонтаног тока процеса, као катализатор служи енолни



облик гликол-алдехида ($\text{H}\cdot\text{C}=\text{C}\cdot\text{H}$), који постаје већ у првим фазама описане реакције.

Кузин [26] је у једном другом раду показао да се под каталитичким дејством органских материја могу знатно убрзати и реакције полимеризације, — специјално се додавањем различитих шећера раствору естра гликокола може знатно повећати брзина образовања полипептидних веза у раније описаној реакцији Курцијуса. По подацима тога аутора, и сам гликокол, као и друге аминокиселине, може да врши каталитичко дејство на низ реакција интересантних с нашег гледишта, као на пример оксидацију ацеталдехида до алдехида гликола [27], оксидацију кетокиселина [28], кондензацију ацетона [29], итд. Најзад, В. Лангенбек [30] је још раније показао да сам гликокол и други амини знатно убрзавају реакцију декарбоксилизације пирогрођане киселине, реакцију која игра битну улогу у ланцу поменутих егзотермних синтеза.

Из свега реченог излази да су првобитне најпростије органске материје што су постале на земљиној површини, морале претрпети читав низ хемиских измена и преображаја. Те су реакције, под датим условима, носиле у приличној мери хаотични карактер, али се већ од самог почетка испољила одређена општа тенденција ка синтези све сложенијих, високомолекуларних једињења. Поменуто постепено компликовање грађе органских материја морало је да тече „спонтано“, егзотермно. У његовој основи су лежале исте реакције: кондензација, полимеризација, оксидација, редукција и декарбоксилизација које одређују ток синтезе органских материја и код савремених организама. Благодарни томе морала су се јавити у топлим водама првобитног океана разнолика високомолекуларна органска једињења, слична онима што се данас сусрећу у телу жи-

вотиња и биљака. Та су једињења послужила као материјал из кога су се доцније створила жива бића.

Кад је реч о првобитном постанку поменутих органских једињења, потребно је задржати се ближе на анализи два веома важна момента: пре свега постанка асиметрије или „десног-левог“ („правизны-левизны“ по терминологији В. Вернадског [31]) и друго, — првобитног постанка беланчевинастих материја.

Као што је познато, многа органска једињења могу да постоје у два веома сличним формама. Њихови су молекули састављени из истих атома и чак из истих атомских група, али су те групе различито распоређене у простору. Ако је који било радикал једне форме једињења положен десно, исти тај радикал у другој форми лежи лево, и обрнуто. Као најпростији модел таквих дисиметричних молекула могу послужити наше две руке. Ако их ставимо пред себе длановима на доле, видећемо да се упркос сличности десна и лева рука јако разликују по распореду појединих делова. Док палац десне руке лежи лево, палац леве руке је на десној страни итд. Свака рука је дакле лик из огледала друге руке.

При вештачкој синтези органских материја увек се добија равномерна мешавина обе форме дисиметричних молекула (рацемата). То је потпуно разумљиво, јер образовање једне или друге форме, десног или левог антипода, приликом хемиске реакције зависи од тога, који ће од два атома положених десно и лево од равни симетрије бити замењен новим атомским групама. Али из самог појма асиметрије произлази да се оба та атома налазе под дејством потпуно идентичних сила. Отуда је вероватноћа образовања једног или другог антипода сасвим једнака. А како приликом хемиских реакција у узајамно дејство ступа толика количина молекула да се на њих може применити закон великих бројева, изостанак образовања једнога од антипода потпуно је невероватан и стварно се никада не запажа у неживој материји.

Код организма међутим запажамо увек образовање и скупљање само једног или другог антипода [32]. Ако дати организам изграђује материју са дисиметричним молекулама, он ће стварати готово увек само једну њихову форму. Антипод те материје или се уопште не сусреће у живој природи, или га (што је ређе) изграђује неки други организам. Тако на пример, *Plumea balsamifera* образује леви антипод борнеола, док *Dryobalanops camphora* ствара десни облик истог једињења (33). Међутим, материје неопходне за живот сусрећу се увек у једноме од два облика. Тако на пример у састав природних беланчевина увек улази леви облик

аминокиселина. Веома занимљив изузетак тога правила претставља чињеница коју је недавно открио Ф. Кегл [34], да је у беланчевинама израштаја рака садржан десни облик аминокиселина.

Ова способност протоплазме да ствара и нагомилава само један антипод дисиметричних молекула, условљава асиметрију живе супстанце, која је једна од изванредно карактеристичних особина свих живих организама и која не постоји у неорганској материји [35]. На ту је чињеницу скренуо пажњу још Пастер, који је сматрао да је „та особина можда једина оштра граница што се данас може повући између хемије мртве и живе природе“. У данашње време, ту је мисао нарочито развио В. Вернадски [37]. Овај аутор указује на то да су десна и лева форма једног истог хемиског једињења хемиски идентичне у неорганским телима, а различите у живим. Услед тога су сви производи који се јављају као резултати реакција што се одигравају у неживој материји, увек рацемични, тј. садрже подједнаку количину, десног и левог антипода. Материје које се стварају као резултат биохемиских процеса, услед поменуте хемиске разлике антипода у живим телима, биће асиметричне и у њима ће преовладати било десни било леви антипод.

По Вернадском, та је хемиска неидентичност десног и левог облика у живим телима условљена тиме што се жива бића одликују особитим стањем космичког простора. У томе стању простора Вернадски види корениту „непремостиву“ материјално-енергетску разлику између живе и неживе материје. Такво стање простора који заузима тело живог организма, потиче само од претходно постојећих живих природних тела, тј. може постати само као резултат рађања.

Идући тим путем, ми би у крајњој линији нужно морали доћи до закључка да не само никада нису могла постати жива бића, него да се чак нису могли образовати ни они облици органске материје из којих је саграђена протоплазма, уколико је њој својствена појава асиметрије. Међутим детаљно упознавање са чињеницама не допушта да се усвоји такав закључак.

Већ је Пастер [38] обележио путеве којима се може остварити појава асиметричних материја у природи. По његовом мишљењу, то се може дешавати у присуству какве било друге асиметричне материје, или под дејством каквог асиметричног физичког фактора. Доцније је Е. Фишер [39] разрадио први став те тезе, у односу на синтезу угљених хидрата и других органских материја у биљним ћелијама. Фишер је сматрао да се асиметрија тих материја јавља услед тога што се сама њихова синтеза врши у организми-

ма под утицајем оптички активних молекула, на пример хло-рофила.

В. Марквалду [40] је пошло за руком да ту мисао потврди експериментално и да стварно добије оптички активну материју, помоћу асиметричне синтезе у смислу Фишера. Он је за то искористио природну асиметричну материју, алкалоид бруцин. Марквалд га је једино са оптички неактивном метил-етил-малонском киселином, па затим тако добијену со разлагао загревањем. При томе је била разрушена слободна карбоксилна група (коју бруцин није заузео), затим се бруцин одвајао, и најзад се добила оптички активна лева метилетилсирћетна киселина.

Доцније је Мек-Кензи [41], идући истим путем, добио читав низ асиметричних синтеза. Према томе могуће је, помоћу асиметричне материје која се има на расположењу, добити и друга асиметрична једињења. Са тог гледишта нарочито су интересантни радови школе Г. Бредига [42] који се односе на асиметричне синтезе помоћу катализатора што у себи садржи асиметричну материју. Тако су, на пример Г. Бредиг и М. Минајев [43] показали да ако се цијановодонична киселина једини с алдехидима под каталитичким дејством кинина или хинидина, добија се у првом случају десна, а у другом лева изомера цијанхидрина.

Катализатори живе ћелице, ферменти, претстављају асиметрично саграђене материје. Отуда и синтеза коју они условљавају, мора довести до образовања асиметричних материја. То је стварно пошло за руком многим ауторима, наиме К. Најбергу приликом огледа са редуктазама квасца, карбодигазом, алдехидмутазом и другим ферментима [44].

Данас су дакле више или мање јасни путеви којима тече стварање асиметричних материја у живим организмима. До душе, Вернер Кун [45] је недавно показао да су прости закони асиметричне синтезе још недовољни за објашњење савршеног одржавања и распрострањености стања асиметрије које постоји у протоплазми. Па ипак нема данас никакве сумње да се асиметричне материје у живим организмима данас стварају под утицајем асиметрично саграђених фермената и да се та асиметрија затим учвршћује благодарећи нарочитој специфичној организацији протоплазме о којој ће доцније бити говора [46].

Међутим, дато објашњење постанка асиметричних материја у живој протоплазми не решава питање првобитне асиметричне синтезе, јер је за све горе поменуте синтезе било неопходно присуство већ готове асиметричне материје. То је питање нарочито оштро био поставио Ф. Цеп још на прелазу XIX у XX век. Цеп [47] је у своме чланку „Стереохемија и витализам“ категорички порицао и саму могућност

првобитне асиметричне синтезе и изјављивао да се оптички активни молекули могао створити само помоћу „животне силе“. Као и живо биће, њега могу родити само други оптички активни молекули; примарна асиметрија се ван живих организама никада не јавља.

Ово тврђење се показало као нетачно, јер се асиметричне материје могу, стварати и под утицајем асиметричних физичких фактора. Као што је већ речено, Пастер је ту могућност јасно замишљао. По његовом мишљењу, такав фактор би могло бити земљино магнетно поље. Зато је он и покушавао да оствари асиметричну синтезу у пољу јаког магнета. То му није пошло за руком, пошто су и магнетно поље и окретање Земље симетрични фактори. Али је доцније Вант Хоф [48] врло срећно указао на кружно поларизовану светлост као на могући узрок образовања асиметричних материја у природи.

Благодарећи радовима А. Бика [49] ми данас знамо да таква светлост у природним условима стварно постоји на Земљи. Ствар је у томе да је светлост неба делимично равно поларизована. Одбијајући се од површине воде, она постаје елиптично поларизована. Као резултат низа узрока, на земљиној површини преовлађује десна елиптично поларизована светлост. Радови В. Куна, Е. Брауна, Е. Кнопфа [50] и затим С. Мицела [51] показали су да десна или лева кружно или елиптично поларизована светлост, употребљена при фотохемиском разлагању рацемата, доводи до појаве оптички активних раствора у лабораторским условима. Према томе ми имамо овде стварно примарну појаву асиметричних система, без учешћа живих организама. Иста појава се морала дешавати и у природним условима, као резултат дејства истог агенса (елиптично поларизоване светлости). Ми ћемо у даљем излагању показати који су узроци учврстили у протоплазми првобитно насталу асиметрију органских материја, и какву битну улогу она игра у општој организацији живе супстанце [46].

Кад је реч о првобитном постанку различитих сложених органских једињења у воденом омотачу Земље, мора се посветити нарочита пажња питању, постанка беланчевинастих материја под тим условима. Беланчевинама припада одлучујућа улога у организацији живе протоплазме. Још је Енгелс изложио став према коме „свуда где има живота, он је везан за беланчевину и свуда где има беланчевине, ако није у процесу распадања, сусрећу се без изузетка и појаве живота“¹⁾ Још релативно недавно, многи природњаци су у беланчевини гледали само пасивни грађевни материјал про-

¹⁾ Ф. Енгелс. Антидјуринг, стр. 57, Партиздат, 1934.

топлазме. Али подаци последњих година показују да беланчевинасте материје узимају непосредно активно учешће у размени материја и у низу других животних појава. Отуда је постанак беланчевина необично важна карика у еволуционом процесу развитка материје који је довео до појаве живих бића.

Крајем прошлог* и почетком овог века, кад хемија беланчевина још није била довољно разрађена, многи су биолози, као на пример Пфлигер, Рубнер, Ферворн [52] и др., у беланчевинама претпостављали присуство некаквог нарочитог тајанственог принципа, некаквих специфичних атомских група које претстављају носиоце живота. Са тог становишта, првобитни постанак беланчевина је изгледао сасвим загонетан и чак мало вероватан. Али ако се томе питању приђе са становишта савремених схватања молекула беланчевине, ствар се јавља у савршено другој светлости.

Резимирајући укратко сва достигнућа до којих је дошла хемија беланчевина од времена Емила Фишера до данас (в. резимеа Г. Марка [53], К. Феликса [54] и М. Бергмана [55] и др.), ми морамо овде нарочито истаћи следеће поставке. Пре свега, данас се може сматрати као утврђено да су аминокиселине основне „опеке“ из којих је саграђен молекул беланчевине. Ако се у саставу појединих беланчевина и сусрећу друге атомске групе, оне нису карактеристичне за беланчевине уопште. Аминокиселине су несумњиво специфични саставни делови беланчевине као такве. Данас је познато око 27 различитих аминокиселина које улазе у састав природних беланчевина. Разуме се да не садржи свака беланчевина све аминокиселине; неке од њих се веома ретко сусрећу. Друге су напротив широко распрострањене и сусрећу се у готово сваком молекулу беланчевине. Тако велика разноликост „грађевних опека“ које састављају молекул беланчевине, претставља битни узрок разноликости облика и функција беланчевине. Тиме се беланчевина принципијелно разликује од других многаатомних полимерних органских једињења као што су на пример целулоза, скроб и др. Иако у састав тих једињења улази велики број „грађевних опека“, оне су све подједнаке.

Друга поставка коју треба овде истаћи, односи се на везе помоћу којих су поједине аминокиселине везане међусобом у молекулу беланчевине. Продубљена испитивања последњих година сасвим су потврдила гледишта која је у том погледу био изнео још Е. Фишер. Најважније карактеристичне везе које везују остатке аминокиселина у молекулу беланчевина, јесу пептидне везе у којима је аминокиселина једне аминокиселине везана са карбоксилном групом друге

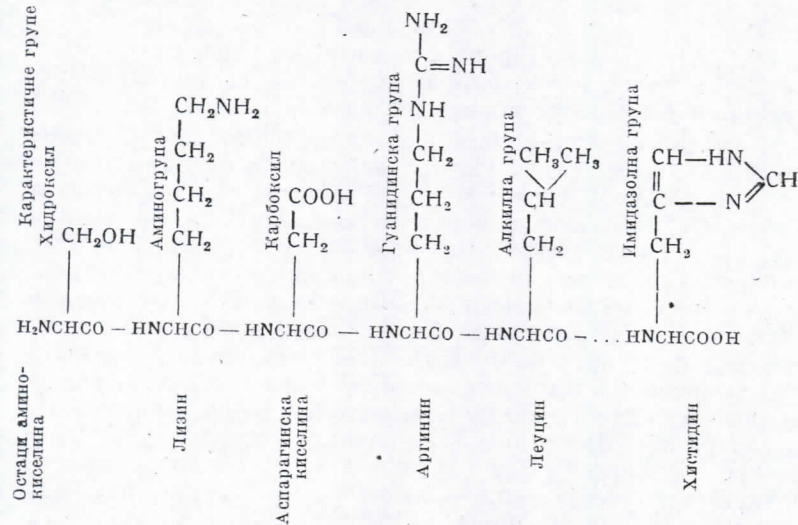
аминокиселине. При томе се добија пептидни низ и образује костур молекула беланчевине. Остале атомске групе аминокиселина остају слободне. Чак и у случају кад имамо аминокиселину са два карбоксилна или са две аминокиселине групе, само једна од њих улази у састав пептидног низа, док друга остаје слободна, невезана. Примера ради дата је овде једна произвољно састављена пептидна схема (в. страну 124).

Треба према томе претставити себи читаву ствар тако да из пептидних низова беланчевине иступа низ бочних низова претстављених деловима аминокиселина које нису везане у пептидном низу. Те слободне групе које као да штрче из пептидног низа, условљавају изузетну реакциону способност беланчевина, оне колосалне хемиске могућности којима су обдарена та тела. Тако на пример, слободне гуандинове групе аргинина могу да ступају у једињења са шећерима; оксифенолни остатак тирозина и имидазолни прстен хистидина једине се с јодом; хидроксилене групе серина заступају се киселином, нарочито често остатком фосфорне киселине; слободне карбоксилне групе дикарбоксилних киселина се могу амидовати. Упоредо с тим слободне базне и киселинске групе лако образују соли са киселинама и базама итд.

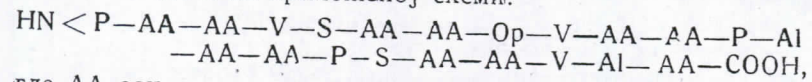
При томе треба узети у обзир и недавно утврђену чињеницу од изванредног значаја да аминокиселине, укључујући се у пептидни низ, знатно повећавају реакциону способност својих слободних група. Тако на пример, цистеин кад је у полипептидима, лакше издваја сумпорводоник него што то чини сам по себи. То исто важи и за серин који у полипептидима може да издваја воду. У извесним случајевима, аминокиселине укључујући се у пептидни низ, добијају чак нове хемиске особине које у знатној мери зависе од места што га дата аминокиселина заузима у пептидном низу. При томе је од битног значаја да ли се покрај дате аминокиселине налази алкилна група леуцина, карбоксилна група аспарагинске киселине, аминокиселина лизина итд., пошто ће те групе на сасвим одређени начин оријентирати у простору молекул који реагује са датом аминокиселином материје.

Трећа поставка која је недавно формулисана, поглавито благодарећи радovima М. Бергмана и К. Феликса, своди се на то да се у природним беланчевинама аминокиселине распоређују, у пептидном низу по одређеној, и за дату беланчевину карактеристичној поступности. Управо та поступност у знатној мери одређује хемиске и биолошке особине дате беланчевине. Тако на пример, читав низ биолошки веома активних материја (инсулин, хормони хипофизе, токсичне беланчевине, протеолитични ферменти итд.), очевидно претставља само беланчевинасте материје које су у целини саграђене од аминокиселина, и њихово специфично дејство је

управо условљено нарочитим распоредом аминокиселина. Јасно је да ако се тај распоред не познаје у детаљима, не може се ни помишљати на вештачку синтезу ове или оне конкретне беланчевине.



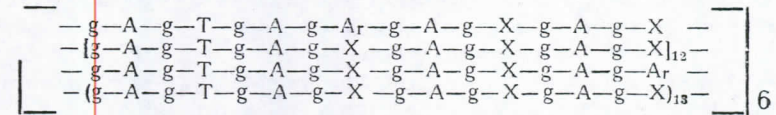
Нажалост, до данас је пошло за руком да се утврди поменути распоред аминокиселина само код неколико најпростије саграђених беланчевинастих материја чији молекул садржи најмању разноликост аминокиселина. То је успео Феликс [56] са својим сарадницима специјално у, погледу протамина сперме херинге, — клупеина. Клупеин је једна од најпростије саграђених беланчевина. Његова молекуларна тежина износи 4470, док молекуларне тежине других беланчевина достижу цифру од десетина, па и стотина хиљада. У састав честице клупеина улази 33 остатка аминокиселина, на име 22 молекула аргинина, 2 молекула аланина, 2 молекула серина, 3 молекула пролина, 1 молекул оксипролина и 3 молекула валина или њему сличне моноаминокиселине. Узаstopни ред тих аминокиселина у пептидном низу клупеина може се видети на приложеној схеми:



где AA означава аргинил-аргинин, Al — аланин, S — серин, P — пролин, Op — оксипролин, V — валин. Ова формула

правилно изражава све експерименталне податке; једино је распоред аминокиселина произвољан. Могуће је да свуда упоредо стоје једнаке аминокиселине.

Бергман [55] је на основу многих података утврдио да и код сложених беланчевина постоји иста периодична грађа пептидних низова и свака се аминокиселина која улази у састав низа на одговарајући начин правилно понавља у њему. Тако на пример, он даје следећу формулу за фиброин свиле чија молекуларна тежина износи 217 700 и чији молекул садржи 2592 остатака аминокиселина:



где је g — гликокол, A — аланин, T — тирозин, Ar аргинин и X — још неодређена аминокиселина.

Према томе, сваки се остатак аминокиселине понавља у молекулу беланчевине у одређеном интервалу, тј. са одређеном честоћом. Тако на пример, гликокол претставља сваки други остатак аминокиселине у пептидном низу фиброина. Аланин је сваки четврти остатак, тирозин сваки шеснаести и аргинин сваки двеста шеснаести.

Оваква честоћа понављања остатака аминокиселина, овакав ритам грађе карактеристичан је и за друге беланчевинасте материје, само је ту грађа још сложенија пошто је број различитих аминокиселина знатно већи но што је то случај са фиброином, који се углавном састоји само од гликокола, аланина, тирозина и аргинина. Тако на пример, Бергман даје следећи број неколиких остатака аминокиселина који улазе у састав глобина¹⁾ крви говечета.

Лизин	—	—	—	—	—	—	36
Хистидин	—	—	—	—	—	—	32
Аспарагинска киселина	—	—	—	—	—	—	32
Глутаминска киселина	—	—	—	—	—	—	16
Тирозин	—	—	—	—	—	—	12
Пролин	—	—	—	—	—	—	12
Аргинин	—	—	—	—	—	—	12
Цистеин	—	—	—	—	—	—	3

Укупно има у молекулу 576 остатака аминокиселина. Јасно је да поступно смењивање појединих остатака аминокиселина мора овде бити знатно сложеније но у случају фи-

¹⁾ Црвена крвна супстанца, хемоглобин, састоји се из бојене компоненте хемина који је истоветан код свих животиња, и беланчевине глобина која је карактеристична за дату врсту и разликује се од глобина других животиња како по свом кристалном облику, тако и по својој хемиској грађи.

бройна; очевидно је да та поступност може да варира према врсти животиње из чије је крви узет глобин.

Рентгеноскопска испитивања показују да је пептидни низ у фиброину свиленог влакна развучен у облику просте молекуларне нити [57]. Али је то карактеристично само за фиброин у чијем саставу, као што смо видели, преовлађују аминокиселине са врло слабо развијеним бочним низовима (гликокол и аланин). Код већине других, најтипичнијих беланчевина где су ти низови аминокиселина веома велики и разнолики, пептидни низ се услед њихових међудејстава јако увија, услед чега се не добијају нити него правилно изграђене грмуљице, такозване „глобуле“ чији се облик ближи лоптастом [58]. Свака таква глобула претставља молекул беланчевине који је окарактерисан одређеном молекуларном тежином за дату врсту беланчевине. Молекуларна тежина се код различитих претставника беланчевинастих тела креће у границама од неколико хиљада до неколико стотина хиљада [59]. Детаљи грађе и колоидне особине честица беланчевине биће изложени у идућој глави. Овде треба истаћи само ту околност да је постанак молекула беланчевине нужна последица стварања пептидног низа, снабдевног добро развијеним и разноликим бочним групама остатака аминокиселина.

Задржали смо се нешто подробније на хемији беланчевина ради тога да би показали како стварање органских једињења такве врсте није захтевало никакве изузетне специфичне услове изузев оних који су раније поменути. Уствари, подаци последњих година убедљиво показују како из амониака и одговарајућих органских киселина лако може постати најпре аспарагинска киселина, а затим путем преаминовања, и читав низ других аминокиселина што улазе у састав молекула беланчевине [60]. Исто тако и спајање тих аминокиселина у пептидне низове под условима воденог раствора, не наилази ни на какве битне принципијелне тешкоће. Непосредна последица образовања пептидних низова јесте њихово увијање у клупчад, и услед тога постанак молекула беланчевине [61]. На тај начин су нам све реакције које леже на путу ка изградњи молекула беланчевине, више мање добро познате и ми их можемо сразмерно лако извести. Тешкоћа синтезе ове или оне конкретне беланчевине састоји се углавном у томе што та беланчевина, настала у организму као резултат дуге еволуције, има сасвим одређену поступност у распореду аминокиселина у своме пептидном низу, одређени ритам грађе. Репродуковати управо тај ритам, нанизати многе стотине па и хиљаде остатака аминокиселина по сасвим одређеној поступности, није до данас још пошло за руком органској хемији. Наведени подаци Феликса и Бергмана ипак показују колико смо се већ приближили

решењу задатка, бар што се тиче најпростије саграђених беланчевина.

Подаци савремене хемије беланчевина убеђују нас у то да су у првобитној земљиној хидросфери могла и морала постати једињења слична беланчевинама. Та једињења, разуме се, нису била идентична са ма којом било данас постојећом конкретном беланчевином. Распоред остатака аминокиселина у „првобитним беланчевинама“ био је другојачи, можда чак и случајан, више или мање без реда, али су ипак основне особине молекула беланчевине, његов састав, карактер веза и размере ту морали бити очевидни.

Разматрање хемије беланчевина допушта нам да одговоримо и још на једно изванредно значајно питање, наиме зашто беланчевине заузимају тако изузетан положај у организацији протоплазме и играју тако видну улогу у животу свих организама. Ниједно од познатих органских једињења не располаже таквим огромним хемиским могућностима каквим је обдарена беланчевина. Као што смо већ видели, многобројни и веома разнолики бочни низови различитих аминокиселина омогућују беланчевинастим материјама да реагују и да се једине у врло великим бројем разноликих молекула небеланчевинасте природе. Карактер тих међудејстава може да варира на стотине и хиљаде начина, у зависности од распореда аминокиселина у пептидном низу. Распоред хидрофобних (алкилних) и хидрофилних група одређује ону везу која постоји између молекула беланчевине и честица воде која га окружује. Способност лаког везивања појединих аминокиселина у пептидне низове и увијање тих низова у глобуле, условљавају појаву крупних честица, што даје воденом раствору беланчевина колоидни карактер. Све је то за беланчевинасте материје створило највеће предуслове за прелаз, у процесу еволуције материје, на виши ступањ организације материје, за њихову трансформацију, у специфичне колоидне творевине које леже на путу постанка живих бића из органских материја.

Угљеников атом Сунчеве атмосфере још није органска материја. Али се у изузетној способности тог елемента да образује дуге атомске низове и да ступа у једињење са водоником, кисеоником и азотом, крије за њега могућност да под одређеним условима постојања започне стварање органских материја. Аналого томе, и препарат ове или оне беланчевине, добијен синтетички или издвојен у чистом облику из живог ткива, ако га будемо посматрали метафизички, без везе са свом његовом претходном и даљом еволуцијом, разуме се да још ни издалека није жив. Али управо у беланчевинастој материји са њеним изузетним хемиским особеностима, леже оне колосалне могућности за даљу еволуцију органских ма-

терија које су под одређеним условима нужно морале довести до појаве живих бића. Управо се у томе смислу има по нашем мишљењу тумачити чувена Енгелсова формула: „Живот је облик постојања беланчевина“.)

И тако се као резултат међудејства између воде и најпростијих деривата угљоводоника, путем низа узастопних реакција, у првобитном воденом омотачу Земље, морао образовати материјал аналог материјалу из кога су данас саграђена жива бића. Органске материје које састављају тај материјал, постојале су у водама некадашњих мора и океана, у облику безструктурних раствора. Њихови су делићи били растурени, равномерно расподељени у растварачу, потпуно сливени са околном средином. Реакције које су се ту одигравале, имале су још релативно хаотичан карактер. Њима је недостајала она строга узастопност, тесна узајамна веза која је толико карактеристична за биохемиске процесе што се одигравају у живим организмима.

Према томе, у првобитно посталом раствору сложених и разноврсних органских материја, још није било никакве организације у простору и времену. То је стварно био тек аморфни материјал; да би се из њега развили најпростији организми, било је неопходно да он у процесу еволуције материје добије одређену организацију, одређену грађу. Најближи корак на путу те еволуције био је постанак колоидних система чији су егзистенција и развитак били потчињени сложенијим законитостима но што је то био случај са простим растворима органских материја.

ЛИТЕРАТУРА

1. Е. НаескеI. *Generelle Morphologie der Organismen*. Berlin, 1866.
2. Н. Осборн. *The origin and evolution of life*. London, 1918.
3. В. Омелянский. *Основы микробиологии*, 1922.
4. Цит. по Чичибабину. *Основные начала органической химии*, т. I, стр. 89, 1932.
5. Резиме радова в. С. Данилов. *Журн. общ. хим.* 10 387, 1940.
6. В. Таусон. *Микробиология*, I, 49, 1932; „*Природа*“ № 6, 43, 1934.
7. В. Таусон. Сб., посвящ. К. А. Тимирязеву, изд. Акад. Наук, 1940.
8. А. Чичибабин. *Журн. Русск. физ.-хим. общ.* 47, 703, 1915.
9. *Wurt. C. R.* 74. 1361; 1872; 76, 1165, 1873.
10. С. Неуберг и Е. Симон. *Erg. d. Enzymforsch.* 2, 118. 1933.
11. Е. Фишер. *Untersuchungen über Aminosäuren, Polypeptide und Proteine*, I u. II. Berlin, 1923.
12. Салпизаго. *Liebig's Ann.* 88; 129, 1853.
13. М. Траубе. *Ber. d. d. chem. Ges.* 15, 659, 2421, 2434; 16, 123, 1883, 18, 1877, 1890, 1885.
14. А. Бах. *C. R.* 124, 951, 1897; *Журн. Русск. физ.-хим. общ.* XLIV, стр. 2. ст. I, 1912.
15. Н. Виланд. *Mech. d. Oxyd. u. Red. in leb. Substanz*, Hdb. d. Bioch., II. Aufl. 2, 252, Jena, 1923.

1) Ф. Энгельс. *Антидюринг*, стр. 57, Партиздат, 1934.

16. Резиме хемије превирања в. В. Энгельгардт. *Микробиология*, 8, 324, 1939.
17. П. Сабатье. *Катализ в органической химии*, 52 и 55, Гостеххимиздат, 1932.
18. А. Бутлеров. *C. R.* 53, 145, 1861.
19. Е. Фишер. *Ber. d. d. chem. Ges.* 22, 97, 1889.
20. О. Лов. *J. pr. Chem.* 33, 321, 1886; *Ber. d. d. chem. Ges.* 22, 475, 1889.
21. Н. и А. Еулер. *Ber. d. d. chem. Ges.* 39, 45, 1906.
22. Т. Куртиус. *Ber. d. d. chem. Ges.* 37, 1285, 1904.
23. Цит. по личном саопштењу А. Баха.
24. В. Таусон. *Микробиология*, 8, 1043, 1939. Стенограмма доклада в Академии Наук СССР, июнь 1940.
25. А. Кузин. *Журн. общ. хим.* 8, 759, 1938.
26. А. Кузин и О. Полякова. *Биохимия*, 5, 86, 1940.
27. А. Кузин. *Биохимия*, 3, 481, 1938.
28. А. Кузин и Макаева. *Биохимия*, 4, 449, 1939.
29. А. Кузин и Н. Невраева. *Биохимия*, 4, 142, 1939.
30. W. Langenbeck. *Erg. d. Enzymforsch.* 2, 314, 1933.
31. В. Вернадский. *Проблемы биогеохимии*, IV изд. Акад. Наук, 1940.
32. А. Семенов. *Успехи химии* 2 225, 1933.
33. К. Бартелт. *Abderh. Bioch. Handlex.*, 7, 266, 1910.
34. F. Köglu. H. Erxleben. *Nop. Seylers Zeit. f. physiol. Ch.* 258, 57, 1939.
35. M. Schoen. *Problèmes d'Asymétrie dans les Processus Biochimiques*. Paris, 1936.
36. L. Pasteur. *Ostwald's Klassiker*, № 28.
37. В. Вернадский. *Проблемы биогеохимии*, II; изд. Акад. Наук, 1939.
38. L. Pasteur. *Revue scientifique*, III, 4, 2, 1884.
39. Е. Фишер. *Ber. d. d. chem. Ges.* 27, 3231, 1894; *Zeit. f. physiol. Chem.* 26, 60, 1897.
40. W. Marckwald. *Ber. d. d. chem. Ges.* 37, 349, 1904.
41. А. Мс. Кензи. *J. Chem. Soc. London*, 85, 1249, 1904; 87, 1373, 1905; 89, 365, 1906; 91, 1215, 1907.
42. G. Bredigu. F. Gerstner. *Bioch. Zeit.* 250, 414, 1932 (в. такође К. Фаянс. *Zeits. physiol. Chem.* 73, 25, 1910).
43. G. Bredingu. M. Minaeff. *Bioch. Zeit.* 249, 241, 1932.
44. Резиме тих радова в. код А. Мс. Кензи. *Erg. d. Enzymf.* 5, 43, 1936.
45. W. Kuhn. *Erg. d. Enzymfor* 5, I, 1936.
46. Г. Гаузе. *Асимметрия протоплазм*. Изд. Акад. Наук, 1940.
47. F. Jarrp. „*Nature*“, 58, 452, 1898.
48. J. Vant Hoff. *Die Lagerung der Atome in Raume*, 1894.
49. А. Вук. *Zeits. physikal. Chem.* 49, 641, 1904; *Naturwiss.* 13, 17, 1925.
50. W. Kuhn u. E. Braun. *Naturwiss.* 17, 227, 1929; W. Kuhn u. E. Knopf. *Naturwiss.* 18, 183, 1930; *Zeit. physikal. Chem. (B)*, 7, 292, 1930.
51. St. Mitchell. *J. Chem. Soc. London*, 1829, 1930.
G. Karagunis u. G. Drikos. *Zeit. physikal. Chem. (B)* 26, 428, 1934.
52. М. Ферворн. *Общая физиология*. Москва, 1911.
53. Г. Марк и Г. Филипп. *Успехи химии*, 6, 1057, 1937.
54. К. Фелих. *Chemie und Physiologie des Eiweisses*. 3. Frankfurter Konferenz 2—3 Juni, 1938.
55. M. Bergmann. *Chemical Reviews*, 22, N 3 (пер. „Успехи химии“ 8, 439, 1939).

56. K. Felix u. A. Mager. Zeit. f. physiol. Chem. 249, III, 1937.
 57. R. Meyer u. H. Mark. Der Aufbau des hochmolekularen organischen Naturstoffe, Leipzig, 1930.
 58. Д. Талмуд. ДАН СССР 25, № 7, 484, 1939.
 59. H. Neigath. Jour. Amer. Chem. Society, 61, 1840, 1939.
 60. А. Браунштейн. Стенограмма лекции, прочитанной в Инст. биохимии 25 мая 1939.
 61. Д. Талмуд. ДАН СССР, 20, № 2, 153, 1938.

ГЛАВА VI

ПОСТАНАК ПРВОБИТНИХ КОЛОИДНИХ ТВОРЕВИНА

Како је то било изложено у претходној глави, у многобројним, разноликим и сразмерно хаотичним хемиским преображајима којима се подвргавала органска материја у првобитној земљиној хидросфери, испољавала се од самог почетка одређена тенденција ка синтези све сложенијих високомолекуларних једињења. Несумњиво да је баш та тенденција лежала у основи читаве даље еволуције органске материје. Могуће је међутим на разне начине замислити конкретне путеве којима је ишла поменута еволуција.

Често је пута у литератури посвећеној питању порекла живота исказивана мисао да је еволуција органске материје ишла просто путем неограниченог растења појединих молекула. Првобитно малој честици присаједињавале су се помоћу основних хемиских веза све нове и нове атомске групе, као резултат стално понављане полимеризације и кондензације. На тај је начин молекул све више растао, а упоредо с тим његова грађа постајала сложенија. У крајњем резултату створио се гигантски молекул који се по својим размерама приближио размерама најситнијих живих бића.

Према оваквим схватањима, првобитно постале организме су управо претстављали такви одвојени макромолекули у којима се, као резултат случајних узрока, изградио строго одређени и врло постојани распоред атомских група. Та закономерна унутрашња структура макромолекула (у принципу слична структури кристала) је и условљавала одређене животне функције првобитног организма. Путем сталног, више или мање тачног понављања предавала се та структура следећим поколењима живих бића. На тај је начин читав еволуција органске материје, која је довела до постанка живота, текла једино на основу законитости које су одређене просторним распоредом атома у појединим молекулима.

Изложена схватања уживају широку популарност међ савременим испитивачима који се баве проблемом порекла

живота. Тако на пример, као што смо видели у трећој глави, Ч. Липман [1] непосредно говори о првобитном постанку „живог молекула“ у раствору органске материје, чија би праслика била молекул филтрирајућег вируса. О „живим молекулима“ говори у својим радовима и А. Куљабко [2]. Р. Бојгнер [3] сматра као првобитни облик живе материје честицу ензима случајно посталу у раствору органских једињења, која је затим стекла способност за самообнављање, саморегенерацију. Извесни аутори (као на пример В. Курбатов [4]) чак су сматрали савремену протоплазму за „јединствену хемиску честицу или тачније, колосални полијон“. Али то крајње становиште стоји у противуречности са низом тачно утврђених физичко-хемиских особина протоплазме. Отуда већина испитивача сматра да је првобитно постали „живи молекул“, честица вируса или „слободни ген“ у своје даљем развоју такође обрастао другим разноликим једињењима, услед чега је и постао сложени комплекс савремене живе материје, протоплазма.

Могуће је међутим, покрај изложеног гледишта, створити и другојачу претставу о току еволуције органске материје. Према тој другој претстави, постепено увећавање и компликовање молекула није само по себи породило жива бића, него је било само припремни ступањ постанка таквих комплексних творевина из којих су се доцније образовали живи организми. У сложеној мешавини коју је претстављао раствор органских материја у водама првобитног океана, није се могло вршити далекосежно сепаратно увећавање појединих молекула. Постепено растење и компликовање молекула органских материја неизбежно је морало да доведе до појаве нових узајамних односа између поменутих молекула. Као резултат тога почели су се јављати молекуларни ројеви, читаве асоцијације или комплекси честица који су укључивали у себе молекуле не једнородне, него различите по размерама и особинама. Тај је процес неизбежно морао довести до концентрације органске материје на одређеним тачкама простора и до издвајања из околног једноставног раствора оваквих или онаквих индивидуалних колоидних творевина.

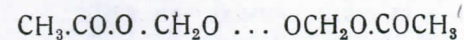
Постанак и издвајање тих творевина били су изванредно важна етапа на путу ка првобитној појави најпростијих живих бића. Ми не можемо замислити ни најпростији и најситнији организам који би био потпуно сливен са околном средином. Сваки је организам одвојен од спољашње средине извесном границом, и у исти мах он располаже одређеном индивидуалношћу, извесним особеностима грађе које га одликују од других сличних организама. Отуда нема код свих познатих живих бића оне потпуне истоветности облика и особина, каква се може постићи код хемиски чистих и физички једно-

родних тела неживе природе. Дакле, по томе другом мишљењу, нужна претпоставка за постанак првобитних живих бића била је образовање индивидуалних колоидних творевина и њихово издвајање из околног раствора органских материја.

Да би се могла добити претстава заснована на утврђеним научним чињеницама о путевима еволуције органске материје у првобитној земљиној хидросфери, потребно је упознати се са грађом и образовањем полимерних, високомолекуларних једињења која данас добијамо у нашим лабораторијама или која постају, под природним условима, у живим организмима.

Поменута једињења играју изузетно важну улогу у техници, и зато ми располажемо за многе од њих великим чињеничним материјалом који карактерише како њихову грађу тако и путеве њиховог образовања.

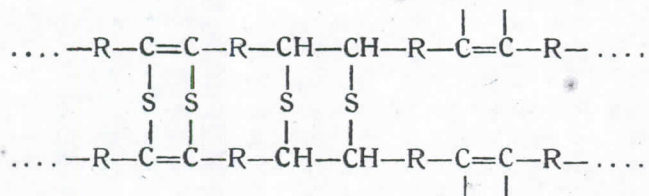
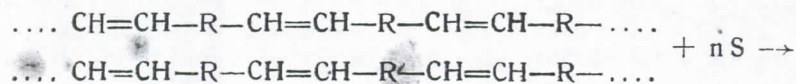
Са тог гледишта, од особитог су интереса испитивања Х. Штаудингера [5]. Тај је аутор проучавао поступни ред вештачких високомолекуларних једињења која се добијају као резултат постепене полимеризације нискомолекуларних материја [6]. Он је специјално био добио полиокси-метилен-диацетате који претстављају дуге низове формалдехидних остатака везаних један с другим преко кисеоничних мостића:



Број тих остатака у низу може се постепено повећавати до произвољних размера. При томе наступа изванредно интересантна измена особина полимера добијених на тај начин. Са издуживањем низа и увећавањем молекуларне тежине долази до постепеног снижавања растворљивости тог једињења у води. Полимери постају све више компактни. Виши полимери, у чији је састав улазило већ до педесет остатака формалдехида, располагали су одређеном структуром. Они су имали влакнаст изглед и давали, при ренгенолошком испитивању, дијаграм који је указивао на одређену узајамну оријентацију честица.

Даља испитивања су показала да при таквој полимеризацији стварно постају веома дуги макромолекули у виду нити. Али се у низу случајева ствар не зауставља само на томе. Поједини влакнасти макромолекули могу се, реагујући с малим количинама извесних материја, јединити међ собом, такођећи „зашивати“ у два или три просторна правца, при чему постају мономолекуларне опне или гигантски тродимензионални макромолекули.

Такви процеси леже у основи вулканизације каучука, оксидације уља која се суше, старења филмова лака, штављења беланчевинастих материја итд. [7]. Тако се на пример вулканизација каучука може приказати следећом схемом:



Овде се „зашивање“ врши помоћу атома сумпора. У другим случајевима, оно се остварује преко кисеоника или сложенијих атомских група.

По Штаудингеру, то се „зашивање“ увек остварује на рачун основних валентних веза па су према томе творевине, постале на тај начин, стварно гигантски макромолекули. „Може се говорити, — пише Штаудингер у својој књизи „Високополимерна органска једињења“, — о једнодимензионалним или кожастим молекулима, дводимензионалним или површинским молекулима и тродимензионалним или просторним молекулима“.

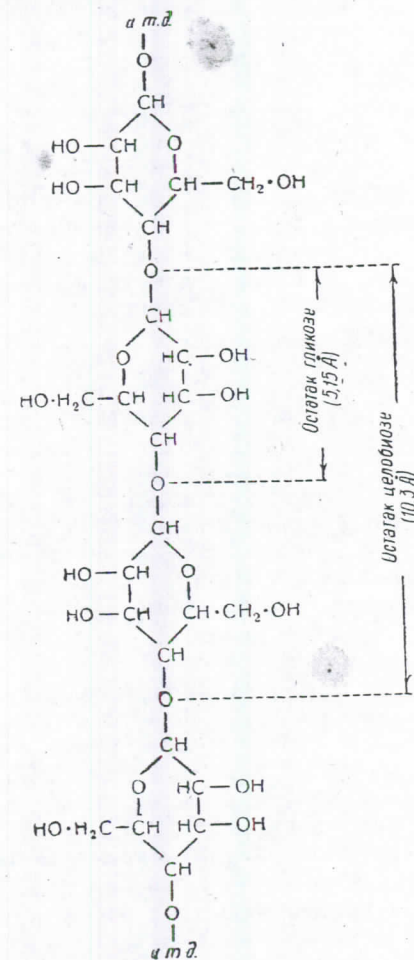
Те творевине показују низ карактеристичних особености. Оне имају одређену, сасвим постојану грађу, структуру. Оне су нерастворљиве јер је површина таквих гигантских макромолекула мала у односу на њихове размере. У многим случајевима не постоји чак ни способност бубрења, или је у крајњу руку јако смањена.

Као пример природних једињења саграђених на том принципу, може послужити целулоза, чија је грађа данас детаљно проучена. Према многобројним хемиским и рентгенолошким испитивањима, специјално према радовима В. Хеворза [8], К. Мајера и Х. Марка [9], у основи целулозног влакна леже молекули целулозе који претстављају дуге низове, састављене из остатака целобиозе, везаних међ собом кисеоничним мостићима (в. сл. 5).

По Штаудингеру [10], број целобиозних остатака у молекулу целулозе, иако се колеба у извесним границама, уопште је веома велики, отприлике око хиљаду.

Такав је молекул према томе представљен на схеми у виду врло дугог низа у коме се непрекидно понављају исти атомски комплекси. У целулозном влакну, ти су влакнасти

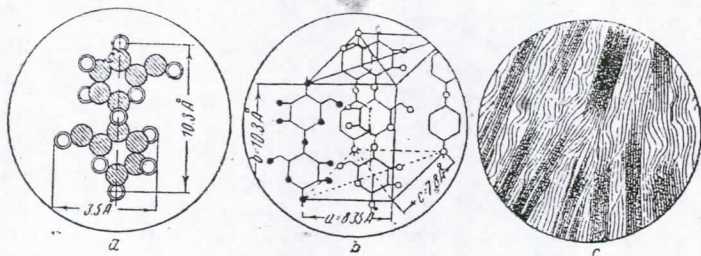
молекули, у извесним својим деловима, веома правилно оријентирани у односу један према другоме. На одређеним одељцима своје дужине они се постављају паралелно, образујући на тај начин правилно изграђене снопове у чији састав улази око 40—60 целулозних ланаца. Међутим у сво-



Сл. 5. Схема грађе целулозе

јим другим деловима, молекули се могу без реда преплитати међ собом, образујући неку врсту ројте правилно оријентираних делова. Ти се односи веома јасно виде на приложеној схеми грађе целулозе по Х. Марку [11] (в. сл. 6).

Делови молекула везани међ собом у снопове претстављају такозване мицеле. Својом правилном грађом и до извесног степена правилном оријентацијом, они чине да се грађа целулозног влакна ближи грађи кристала. Упоредо с тим, присуство молекуларних делова испреплетаних без реда, условљава извесну еластичност и гнпкост влакна, а исто тако и способност бубрења.



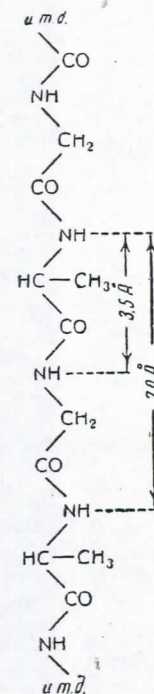
Сл. 6. Грађа целулозе по Х. Марку. а, условно увећање од 50,000.000 даје у схеми један целобиозни остатак који улази у састав молекула целулозе. в, условно увећање од 5,000.000 даје у схеми кристалографску јединицу влакна, елементарну ћелицу кристалне решетке која се може открити рентгенолошким испитивањем. с, условно увећање од 500.000 даје схему мицеларне структуре целулозног влакна

По истом су принципу саграђени молекули читавог низа природних творевина, специјално извесних беланчевинастих материја. Међ овим последњим треба пре свега поменути фиброин свиље, пошто је поменути принцип најпотпуније посматран у његовој грађи. Како смо то већ видели у претходној глави, у молекулу фиброина се остатак гликокола непрекидно врло правилно смењује са остацима других аминокиселина, поглавито аланина. Према томе овде постоји, као и у молекулу целулозе, дуги низ у коме се непрекидно узадно смењују исте атомске групе. К. Мајер и Х. Марк [12] су рентгеноскопским испитивањима утврдили одређену схему грађе молекула фиброина (в. сл. 7). Према тој схеми, полипептидни низ који претставља молекул фиброина, издужен је у виду, дуге нити.

У свиљу, као и у целулозном влакну, поједини издужени праволинијски низови молекула груписани су у мицеле, при чему је главна осовина молекула оријентисана паралелно осовини саме мицеле. Ми према томе и овде имамо више или мање геометрички правилну унутрашњу структуру чији су поједини делови на одређени начин узајамно оријентирани у простору. Та структура, по суштини блиска структури кристала, веома је статична, непокретна.

Нешто другојаче, сложеније односе налазимо у длаци или вуни. Овде је и разноврсност аминокиселина што улазе

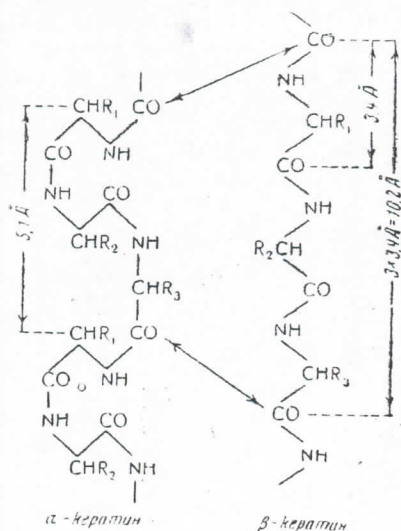
у састав полипептидног низа већа него у фиброину свиље; чак и саме аминокиселине располажу развијенијим бочним низовима него остаци гликокола и аланина. Отуда је структура длаке сложенија од структуре свиленог влакна. Проучавање рентгенограма неистегнуте длаке и длаке подвргнуте истезању у воденој пари, које је вршио В. Астбери [13], показало је да су молекуларни низови састављени из остатака аминокиселина, само у овом другом случају распоређени по правој линији, слично ономе што се виђа у фиброину. У природној неистегнутој длаци, ти низови имају сло-



Сл. 7. Схема грађе фиброина

женију грађу; они нису праволинијски него правилно савијени. Приложена схема (в. сл. 8) илуструје то. У природној длаци (α -кератин), NH и CO групе се узајамно привлаче и тако савијају низове у увојак, услед чега дужина појединих карика низа, састављених само из три остатака аминокиселина, износи свега 5.1 Å. Приликом истезања длаке, поменуте атомске групе се растављају; низ се исправља и дужина карике, како то показују, рентгеноскопска испитивања, по-

стаје равна 10.2 \AA (β -кератин). Стварно, ми можемо на тај начин да длаку истегнемо отприлике за две дужине. Без обзира на поменуту сложенију грађу и β -кератин, и природна длака располаже, као и целулоза и свила, релативно постојаном правилном структуром.



Сл. 8. Схема грађе кератина

И тако дакле, све те природне високополимерне материје које смо разматрали, — целулоза, свила, длака, — располажу одређеном, релативно простом грађом, више или мање геометриски правилном унутрашњом структуром, по суштини блиском структури кристала. Та простота и постојаност грађе, њена статичност, веома упрошћавају задаћу испитивања тих објеката; они допуштају да се на детаљна испитивања њихове интимне грађе примени иста рентгеноскопска метода која се показала толико плодносна у изучавању структуре кристала. Отуда су поменути објекти данас боље изучени од осталих беланчевина и аналогних делова протоплазме.

Као што ћемо доцније видети, није пошло за руком, без обзира на све покушаје, — ни помоћу рентгена, ни помоћу изучавања двојног преламања светлости, — да се у основној маси живе протоплазме утврди ма каква статичка структура слична кристалној [14]. Таква се структура јавља само код веома специјализованих помоћних делова ћелице или после угињања протоплазме.

Све поменуте творевине претстављају мртве саставне делове ћелице. Оне су мртве не само зато што не могу испоручити никакве животне појаве и што после смрти ћелице задржавају неизмењене основне особине и неизмењену грађу, него и зато што претстављају хорсокак еволуције органске материје. У њима је распоред појединих елемената структуре изведен готово до краја и претставља нешто статично, укочено у одређеним непроменљивим формама. Та уређеност и статичност структуре необично ограничава могућности даље еволуције таквих творевина. Да је еволуција органске материје на земљиној површини пошла путем стварања таквих облика организације, живот се не би могао јавити на Земљи. Сва првобитна органска материја би сразмерно брзо завршила своју еволуцију и преобратила би се у масу, веома кондензованих, у води нерастворљивих, хемиски инертних творевина, у наслагае „стена“ своје врсте, „искристалисане“ органске материје.

То се на срећу није десило и није се могло десити под условима који су владали у водама првобитног океана, где су се међ собом преплитали разнолики преображаји органске материје. Необично шаренило једињења и хаотичност процеса искључивали су могућност правилног поступног сједињавања истих атомских група које се понављају. Полимерна једињења која су се јавила у првобитном океану морала су располагати далеко већом разноликошћу својих саставних делова и њихова је грађа морала бити далеко мање правилна и постојана, него грађа оних творевина које ми добијамо под вештачким околностима, или које се јављају у организмима благодарећи ту оствареним одређеним специфичним условима о којима ће доцније бити говора.

Поред поменутих „влакнастих“ беланчевина које се одликују правилном грађом молекуларних низова и кристалистичким карактером структуре који се открива рентгеноскопским испитивањима, познат је изврстан број беланчевинастих материја сложенијег састава и грађе. Оне су, на супрот свили, кератину итд., у већини случајева растворљиве у води или у одговарајућим сланим растворима. У природном, неденатурисаном стању, оне не располажу влакнастом структуром, и рентген досада није био у стању да дешифрира детаље њихове грађе. Али управо те беланчевине улазе у састав протоплазме, или бар узимају непосредно учешће у општој размени материја ћелице. Отуда је специјално њихова грађа интересантна са нашег становишта.

Велику улогу у испитивању тих беланчевинастих материја играо је метод ултрацентрифугирања који је разрадио Т. Сведберг [15]. Томе аутору је пошло за руком да у својој центрифуги постигне убрзање које је 900 000 пута пре-

вазилазило убрзање силе теже. Подвргавајући водене растворе беланчевина таквом центрифугирању, он је био у стању да сталожити честице беланчевине, при чему се могло закључити на основу брзине таложења, о њиховој молекуларној тежини. Доводећи у везу те податке са брзином дифузије, пошло је за руком да се утврде како размере, тако и облик честица беланчевине што се излазе у раствору.

Показало се да се свака врста беланчевине одликује одређеним сталним размерама честица и сталном молекуларном тежином. То се може видети из ниже наведене таблице, позајмљене из рада Х. Нојрата [16] и нешто мало изменене. У тој табели слово M означава молекуларну тежину, слово a — краћи дијаметар и слово b — дужи дијаметар молекула, изражен у Å .

Таблица 5
Молекуларне тежине и апсолутне размере честица беланчевина

Беланчевина	M	a	b	b/a
1. Миоглобин	17 200	24	70	
2. Лакталбумин	17 500	21	91	4.3
3. Глиадин	26 000	18	196	11.1
4. Хордеин	27 500	18	196	11.1
5. Цеин	35 000	16	322	20.1
6. Еритрокруорин	33 600	43	43	1.0
7. Пепсин	35 500	31	84	2.7
8. Инсулин	40 900	31	102	3.3
9. Албумин јајета	40 500	32	91	2.9
10. Серум-албумин (коња)	67 100	34	145	4.3
11. Хемоглобин (коња)	69 000	32	155	4.8
12. Дифтерични токсин	72 000	34	145	4.3
13. Жути фермент	82 800	36	152	4.3
14. Серум-глобулин	167 000	37	280	7.5
15. Глобулин антипнеумококног серума (човека)	195 000	37	338	9.2
16. Каталаза	248 000	46	297	5.8
17. Фикоретрин	290 000	54	232	4.3
18. Едестин	309 000	55	237	4.3
19. Амандин	329 000	51	291	5.8
20. Хемоци анин	446 000	62	268	4.3
21. Уреаза	483 000	64	274	4.3
22. Тиреоглобулин	628 000	54	498	9.2
23. Глобулин антипнеумококног серума (коња)	920 000	47	950	20.1

Веома је интересантно да молекуларна тежина многих беланчевина износи 17 000 или производ тога броја. Али ипак у извесним случајевима то правило не важи (на пример за глиадин, хордеин, тиреоглобулин итд.). У погледу облика

беланчевинастих честица запажа се да је у извесним случајевима, на пример код еритрокруорина, тај облик приближно лоптаст, док су у већини случајева молекули беланчевина издужени и њихова уздужна осовина неколико пута превазилази краћи дијаметар. Они према томе имају облик штапића или чак игле (на пример цеин, или глобулин антипнеумококног серума коња).

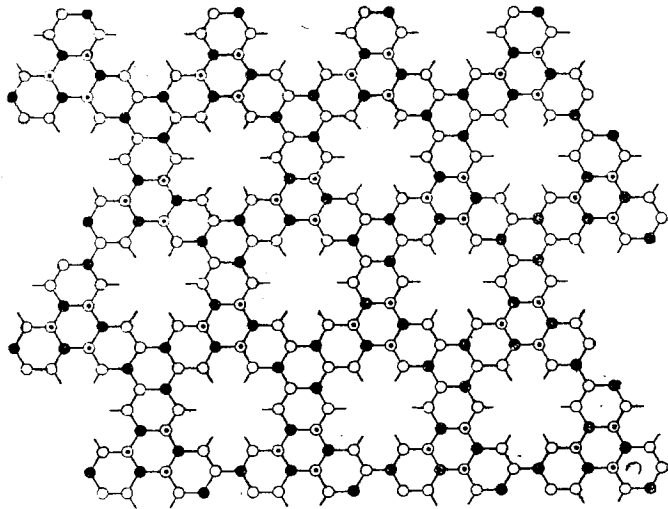
Нема данас никакве сумње да и у основи описаних растворљивих, такозваних „глобуларних“ беланчевина леже полипептидни низови, у којима се једни остаци аминокиселина правилно смењују са другима. У многим случајевима је показано да се низови могу чак „зашивати“ један за други помоћу дисулфидних веза цистина, мостића соли који се јављају између карбоксилних и аминогрупа бочних низова итд. Јасно је дакле да се и грађа тих беланчевина заснива на истом принципу образовања високополимерних једињења који смо раније изложили. Ипак се овде тај принцип ни изблиза не испољава онако чисто и строго као на пример код фиброина свиле.

Код глобуларних беланчевина једноставност тог принципа пре свега нарушава огромна разноликост остатака аминокиселина, који улазе у састав полипептидног низа. То условљава низ веома важних специфичних особина њихове грађе. Као што смо видели у претходној глави, бочни остаци остатака аминокиселина који слободно штрче из полипептидног низа, располажу веома различитим хемиским функцијама. Ту постоје и алкилне групе изолеуцина, и хидроксилне групе серина, аминогрупе хексонских база, и карбоксилне групе дикарбонских киселина итд. Отуда су својства полипептидног низа у његовим појединим одсецима јако различита; у једном свом делу он ће, услед нагомиланања алкилних група, имати хидрофобни карактер; у другом делу, групе OH , COOH и друге сличне групе ће условити његову хидрофилност. На једном ће месту низ бити позитивно наелектрисан, на другом негативно итд.

Прва непосредна видљива последица те разноликости бочних огранака полипептидног низа састоји се у томе да се ти низови не могу груписати паралелно једни другима у строго одређено саграђене снопове као што је то случај код фиброина. Услед међудејстава бочних низова, они се нужно морају на неки начин савијати у сложену клупчади која и претставља поједине молекуле беланчевина. Њихове размере и тежина наведени су горе.

Постоји данас низ покушаја да се дешифрује грађа тих клупчади. Највећу популарност уживала је до скоро хипотеза такозване „циклолне“ грађе глобуларних беланчевина, коју је на основу чисто геометријских разматрања поставио

Д. Ринч [17]. Овај аутор полази од претпоставке да се полипептидни низ, савијајући се тако да се групе NH и CO узајамно приближе, може на крају крајева затворити у прстен. Најпростији циклолни молекул може бити саграђен из шест остатака аминокиселина, али су могуће и друге, бесконачно сложеније комбинације. Као резултат се добија циклолна структура у равни, претстављена на слици 9, која се нужно мора ставити у просторно затворене полиједре (в. сл. 10). Површина тих полиједара, из чисто геометријских ра-



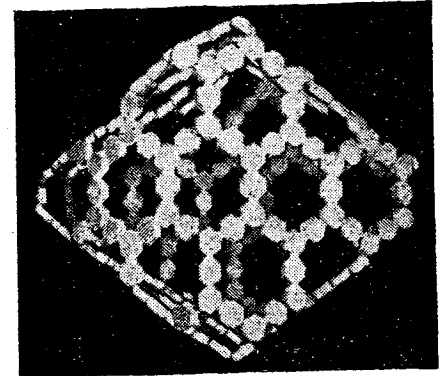
Сл. 9. Циклолна структура. ● = N; ○ = C(OH), пептидни хидроксила, горе; ○ — = C(OH), пептидни хидроксила, доле; ○ — = CH почетни правац бочног низа, горе; ○ = CH, почетни правац бочног низа, доле; (по Ринчу)

злога, може се састојати само из сасвим одређеног броја остатака аминокиселина. Рачун показује да беланчевина са молекуларном тежином од око 35 000, обухвата 288 остатака. Непосредне анализе М. Бергмана и К. Нимана [18] су показале да низ беланчевина са молекуларном тежином око 35 000, стварно садрже по рачуну 288 остатака аминокиселина у сваком молекулу. На тај је начин ова хипотеза доста добро објашњавала сферични облик и одређене размере молекула глобуларних беланчевина.

Међутим је Ринч у прављењу свога модела главну пажњу обратио на полипептидни костур и готово сасвим занемарио бочне низове остатака аминокиселина. Отуда помешана хипотеза не може да објасни многе биохемиске особности глобуларних беланчевина. Циклолна хипотеза је по-

следњих година подвргнута врло озбиљној критици, пошто се она налази у извесној противуречности са низом тачно утврђених чињеница.

Недавно је Д. Талмуд [19] учинио интересантан покушај да питању грађе глобуларних беланчевина приступи са нешто другојачег становишта. Особеност Талмудовог модела лежи у томе да он води рачуна о последицама изазваним међудејствима бочних аминокиселинских низова. То је међудејство доста знатно са енергетског становишта и оно према томе, приликом синтезе молекула беланчевине у воденом раствору, неизбежно мора довести до нагомилавања бочних низова у једној равни, у односу на полипептидни костур. Услед тога долази до савијања полипептидног низа у прстен, док се бочни ограници свих карика низа налазе на једној страни у односу на раван прстена. Образовање таквог прстена, из чисто геометријских разлога, могуће је само у том случају ако сви остаци аминокиселина који га



Сл. 10. Модел молекула беланчевине са 288 остатака аминокиселина.

чине имају исту оптичку конфигурацију. Из мешавине десних и левих остатака аминокиселина, није могуће саградити полипептидни низ затворен у прстен, чији би се сви бочни ограници налазили на једној страни у односу на раван прстена. Ова разматрања Талмуда дају интересантно објашњење за чињеницу да у састав природних беланчевина увек улазе аминокиселине једне одређене оптичке конфигурације.

Сви су остаци аминокиселина описаног прстена или „прстенастог низа“ како га Талмуд назива, везани међ собом пептидним везама и према томе није потребна никаква нарочита форма једињења атома за образовање таквих прстена. „Прстенасте низове“ Талмуд сматра првобитним јединицама из којих се изграђује молекул глобуларне беланчевине. Они се једине међ собом на одређен начин, образују просторне полиједре. Спајањем таквих првобитних полиједара добијају се лако молекули са молекуларном тежином блиском оној коју је Сведберг утврдио за познате беланчевине.

Као што се види, у изложеним хипотезама се испољава сасвим разумљива тежња да се заснује извесна дискретност

молекуларних тежина честица беланчевина, њихове одређене размере и грађа, полазећи од релативно простих законитости. Узрок тога што познате конкретне беланчевине располажу одређеном молекуларном тежином и што су саграђене тако а не другојаче, тражен је само у одређеним геометријским или физичко-хемијским односима. При томе се сасвим губи из вида биолошко порекло беланчевина.

Али не треба заборавити да су конкретне беланчевине с којима имамо посла, производ дуге еволуције живих бића у којима су, постале. Ако занемаримо ту околност, тешко ћемо моћи да објаснимо зашто се на пример у крви говечета образује глобин типичан за ту животињу, који се по својој грађи битно разликује од глобина човека или каквог другог сисара.

Недавно је Л. Паулинг [20], у једном од својих чланака у коме је подвргао врло основаној критици хипотезу Ринча, изнео мишљење да се одређена разлика у размерама молекуларних тежина познатих беланчевина, њихова дискретност, не може објаснити само на основу геометријских и физичко-хемијских разматрања. Чињеницу да свака позната беланчевина има одређену величину молекуларне тежине и да прелазних величина нема, Паулинг објашњава природним одабирањем организама у којима се беланчевине стварају, услед чега су до нас доспели само полипептидни низови одређене дужине и са одређеним распоредом остатака аминокиселина. Овоје мишљењу Паулинга треба поклонити најозбиљнију пажњу.

Као што смо видели у претходној глави, могуће је утврдити строго одређену поступност остатака аминокиселина у полипептидним низовима беланчевина које су биле испитиване са поменутог гледишта. Та поступност одређује узајаман распоред бочних низова, одређује колико су ове или оне хемијске групе тих низова удаљене односно приближене међусобно. Из свега оног што је раније речено јасно излази да тај распоред има прворазредни значај за карактер савијања полипептидног костура, па према томе и за облик и величину тако добијеног молекула беланчевине. Али, сходно испитивањима Бергмана [21], такав поредак у распореду остатака аминокиселина настаје у протоплазми не случајно, него услед тога што су ту брзине појединих ферментативних синтетичких реакција на одређен начин хармонично координиране међу собом. Да би то текло управо тако а не другојаче, потребно је да постоји одређена организација живе материје која производи дату беланчевину. Као што ћемо доцније видети, таква се организација могла изградити само као резултат биолошких законитости, а пре свега као резултат природног одабирања.

И тако се долази до гледишта да је правилна грађа која се до извесног степена констатује код савремених беланчевина, резултат одређене организације протоплазме, и да она није могла бити у тој мери заступљена код првобитних беланчевинастих материја. Наравно да је сасвим невероватно, незамисљиво, да би у првобитном раствору органских једињења, где су се разнолики хемијски процеси хаотично укрштали међу собом, постала случајно беланчевина која би тачно одговарала на пример глобину из крви говечета, или којој другој савременој беланчевини. То је исто толико невероватно као кад би се случајно просута штампарска слова сама од себе сложила у целокупна дела Шекспира.

Исто је толико мало, ако не и мање вероватан и случајни постанак хипотетичких „живих молекула“ у првобитном океану, који би неизбежно морали располагати веома сложеном, али сасвим правилном структуром, строго одређеном организацијом, пошто је само таква организација могла условити неопходне животне функције првобитног организма.

Све оно што ми можемо очекивати с пуним правом и разлогом од тих разноликих синтетичких реакција које су се без реда одигравале у првобитном раствору органских материја, — то је постанак полимерних творевина, само сличних; аналогних познатим беланчевинама. У честицама тих творевина разнолики остаци аминокиселина су се међу собом везали полипептидним везама без икакве строге поступности, дајући низове различите дужине и различите грађе. Било је међутим веома важно за даљу еволуцију тих творевина да су клупчад-молекули постали услед увијања тих низова, слично садашњим глобуларним беланчевинама, носили на својој површини слободне огранке врло разноликих аминокиселина, са различитим хемијским функцијама.

Управо та особеност честица беланчевина, — истовремено присуство на различитим тачкама истог молекула беланчевине како хидрофилних тако и хидрофобних група, како позитивно тако и негативно наелектрисаних јона, — условљава изузетну „склоност“ беланчевинастих материја ка асоцијацији. Молекули различитих беланчевина врло лако се асоцирају међу собом, дајући почетак образовања сложенијих честица или чак читавих молекуларних ројева, или комплекса. У природним растворима беланчевина стално срећемо такве асоцијације и комплексе беланчевинастих честица. К. Феликс [22] сматра за сасвим могуће да оне циновске тежине које је Сведберг нашао помоћу своје центрифуге, у многим случајевима не одговарају индивидуалним молекулима него агрегатима посталим путем њихове узајамне адсорпције. Услед тога се они могу лако дезагреговати на своје одвојене компоненте, и поново склапати из

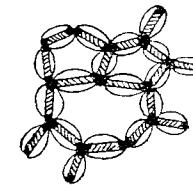
истих компонената. С. Серензен [23] и његови сарадници су разлагали беланчевине крвног серума на неколико компонената које су затим могли поново спајати у првобитну честицу — агрегат. По мишљењу Серензена овде је у питању не просто мешање компонената, него се оне на неки начин више или мање чврсто везују међ собом. Р. Блок [24], на основу својих испитивања, указује на то да су молекули албумина и глобулина у природном крвном серуму сједињени у један комплекс; он уопште сматра да треба говорити о беланчевини серума као о јединственој целини.

Могуће је навести пуно таквих примера. Али се та асоцијација молекула беланчевине у нарочито широким размерама испољава приликом образовања колоидних гела. Беланчевине, као и нека друга високомолекуларна органска једињења, дају у води, као што је познато, колоидне растворе (соле). Постојаност тих раствора, чињеница да се честице материје, равномерно расподељене у њима не слепљују међ собом, зависи код хидрофилних (органичних) колоида од два услова. То спречавају, с једне стране, електростатичке силе, пошто се једнако наелектрисане честице узајамно одбијају; с друге стране, још већи значај има сродство молекула хидрофилних колоида према молекулима воде. Такви радикали и групе као што су — NH_2 — ON , = O итд., благодарећи свом афинитету према елементима воде, задржавају око себе водене молекуле. Услед тога делићи колоида изгледају као одевени у више или мање знатан водени омотач; тај водени омотач спречава слепљивање честица. Ако се ти омотачи удаље са честица хидрофилног колоида и ако се честице лише електричног набоја, оне почињу да се везују међ собом и да образују памучаст талог, — наступа коагулација колоида.

Појаву коагулације треба разликовати од појаве стварања гела, где се органска материја не издваја из раствора у виду чврстог талоба, него образује обимну пихтијасту масу која каткада садржи у себи врло велику количину растварача. Г. Кројт [25], који је много радио на проучавању грађе и образовања гела, овако описује слику тог процеса. При образовању гела, колоидне честице растурене у раствору почињу да се везују међ собом, али не у читавом свом обиму него само у појединим врло ограниченим областима, тако да други делови њихове површине остају слободни. Према томе, колоидне честице образују неку врсту мреже у чијим се окцима налази растварач. У растворима беланчевина, честице се приликом образовања гела асоцирају, слепљују међ собом хидрофобним „липофилним“ групама (алкилни бочни низови), док хидроксилне, карбоксилне, аминок- и друге хидрофилне групе задржавају водени омотач око

делова молекула беланчевине које оне заузимају, и тако спречавају потпуно слепљивање честица беланчевине.

То се може илустровати на сл. 11 која претставља схему грађе гела по Кројту. Овде су честице приказане фигурама са цртицама; њихове хидратационе зоне (водени омотачи) су приказане бело, док су хидрофобни делови молекула обојени црно. Помоћу тих делова, незаштићених хидратним слојем, молекули се везују међ собом, образујући мрежасту творевину са великим окцима у којима се налази основни раствор.



Сл. 11. Схема грађе колоидног гела (по Х. Кројту)

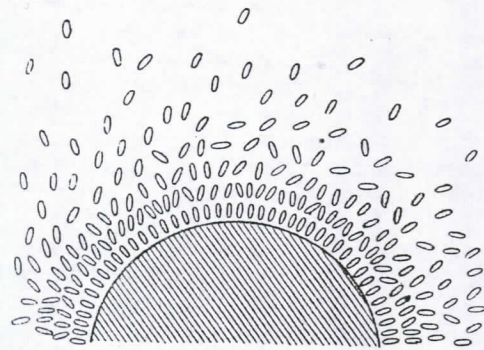
На тај начин, услед асоцијације честица беланчевине постаје творевина (гел) која располаже извесном структуром. Али се та структура принципијелно разликује од структуре свиле, длаке и томе сличних влакнастих беланчевина. Овде нема правилне, строго постојане узајамне оријентације молекула и мицела. Под утицајем различитих спољашњих дејстава, та се структура може битно мењати; она није статична, укочена, и отуда крије у себи врло широке могућности.

Са нашег гледишта још интересантнија творевина настаје кад се међ собом асоцирају не једнородни молекули, не молекули исте беланчевине, него различите колоидне честице. Још прилично давно било је познато [26] да се у растворима хидрофилних колоида, покрај коагулације, може посматрати и једна друга појава која је обично означена као растављање (Entmischung). Колоидни раствор се раставља на два слоја, на течни талог богат колоидним материјама и на течност без колоида изнад талоба. Ту је појаву у току последњих година Х. Бунгенберг-де-Јонг [27] подвргао детаљном испитивању.

За разлику од обичне коагулације, ту је појаву поменути аутор означио као коацервацију. Издвојену течност богату колоидима он је означио као коацерват, а бесколоидни раствор у равнотежи са коацерватом као равнотежну течност. У низу случајева коацерват се не издваја у облику компактног течног слоја него остаје у виду веома ситних микроскопских капљица које пливају у равнотежној течности. За разлику од коагулата, коацерват претставља течно тело. Како у коацервату, тако и у равнотежној течности, растварач је увек једна иста материја, — вода. Али без обзира на то, капљице коацервата су одвојене од околне средине врло оштром границом, јасно видљивом површином. Оне се могу међусобно стапати, али се ни у ком случају не мешају са равнотежном течношћу. Та појава јако потсећа на оно што

се може посматрати приликом истискивања комадића протоплазме из биљних ћелија. Протоплазма је, слично коацерватима, прожмана водом; али се она, без обзира на своју течну конзистенцију, не меша са околном средином и плива у води у виду лоптица, оштро одвојених од околног раствора.

На први поглед, овако оштро издвајање два водена раствора изгледа врло чудно, али де-Јонг, на основу детаљне анализе механизма коацервације, даје сасвим задовољавајуће објашњење те појаве. Као што је већ речено, поједине колоидне честице у хидрофилном солу су окружене омотачима од хидратационе воде.



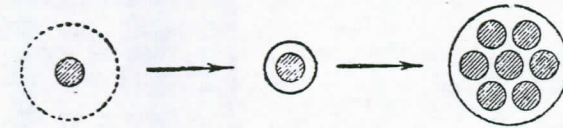
Сл. 12. Схема распореда молекула воде око колоидне честице хидрофилног сола

Де-Јонг указује на то да ти омотачи имају „дифузни“ карактер. Молекули воде који налажу непосредно на честице колоида, везани су врло чврсто са њима и строго оријентисани у односу на саме честице. Оријентација следећег слоја водених молекула већ је мање потпуна, и што даље идемо од колоидне честице, молекули воде постају све мање везани. Најзад се долази и до таквих зона где поменута оријентација водених молекула сасвим ишчезава и где су молекули раствора слободни. Према томе је за поменути хидратациони омотач што окружује колоидне честице сола карактеристично то да нема стварне границе између водених молекула омотача и молекула у раствору (сл. 12).

Напротив, та се граница приликом коацервације појављује. Коацервација се управо своди на то да се смањује хидратација колоидних честица, њихова способност да око себе задрже широк водени омотач. Колоидне честице ипак не губе потпуно воду и задржавају око себе молекуле воде који су са њима присно везани, оштро оријентисани у односу на колоидну честицу. То је приказано на приложеној схеми (сл. 13).

Коацерват је према томе нарочита категорија концентрисаног колоидног сола где су молекули воде оштро оријентисани у односу на честице колоида и где се, због тога, јавља реална граница између њих и слободних водених молекула равнотежне течности.

Најразноврснији колоидни раствори могу, под извесним условима, давати коацервацију. Али она наступа изузетно лако приликом мешања два или више колоидних раствора, који у себи садрже супротно наелектрисане честице. Као што је већ речено, постојаност раствора хидрофилних колоида



Сл. 13. Схема претварања честице колоидног раствора у честицу коацервата (по Бунгенберг де Јонгу)

почива како на електростатичким силама, тако и на хидратационим. Истоимено наелектрисане честице узајамно се одбијају и тиме спречавају појаву коагулације. Други однос постоји кад се у раствору налазе супротно наелектрисани коллоиди. Ту електростатичке и хидратационе силе дејствују као антагонисте. Хидратација, као и увек, доприноси стабилности раствора, али електростатичке силе напротив теже да приближе колоидне честице.

То узајамно привлачење супротно наелектрисаних честица у стању је да до извесне мере надјача утицај хидратације. На тај начин, такозвани комплексни коацервати који постају приликом мешања супротно наелектрисаних колоидних и електростатичких сила.

Постојаност таквог система одређена је према томе међудејством два супротна дејства која се узајамно уравнотежују. То чини да је систем крајње лабилан, покретан, који се лако помера на једну или другу страну, при најмањој промени спољашњих услова.

Анализираћемо ради објашњења један пример образовања таквих комплексних коацервата. Ако помешамо на температури од 42° разблажени раствор желатина (0.67%) са истим таквим раствором гумиарабике (0.67%), та ће мешавина имати изглед једноставне бистре течности све дотле док рН раствора буде изнад изоелектричне тачке желатина (рН = 4.82). Под таквим условима актуелног ацидитета, честице обе колоидне компоненте биће негативно наелектрисане, и према томе неће доћи до коацервације. Али ако се раствор мало закисели, желатин ће, као амфотерни електролит, изменити своје електрично пуњење и његове ће честице на рН испод 4.8 бити наелектрисане позитивно, док ће честице гумиарабике остати као и раније негативно наелектрисане. Услед таквих супротних стања наелектрисаности, че-

стице желатина и гумиарабике ће се узајамно привлачити. Благодареди томе ће се јавити коацервација и из једноставног првобитног раствора издвојиће се капљице комплексног коацервата желатин-гумиарабика.

Постојаност тога комплексног коацервата је према томе одређена узајамним привлачењем колоидних честица, а сила тог привлачења, са своје стране, је функција производа супротних електричних пуњења које честице носе на себи. Ако узмемо мешавину раствора желатина и лецитина јајета, електрично пуњење честица желатина, на његовој изоелектричној тачки ($pH = 4.82$), биће равно нули. И без обзира на то што ће лецитин при том бити негативно наелектрисан, коацерват се неће образовати пошто ће производ електричних пуњења, природно, бити јаван нули. Исто је тако немогућа појава коацервације на изоелектричној тачки лецитина ($pH = 2.7$), јер честице лецитина немају електричног пуњења. Највећа снага узајамног привлачења честице желатина и лецитина лежи у средњој области pH , на пример при $pH = 3.6$. Под тим условима киселости, дати коацерват је најпостојанији. Свако скретање концентрације водоничних јона на једну или на другу страну изазива појачавање хидратације и разблаживање коацервата. Са приближавањем изоелектричној тачки једне или друге компоненте, ишчезава и сама могућност постојања коацервата. Он се раствара. Ако узмемо друге компоненте, максимална постојаност коацервата ће, наравно, лежати у другој зони pH . Тако на пример, ако желатин помешамо са протамином, чија изоелектрична тачка лежи у базичној зони (на $pH = 10-11$), добиће се лако коацерват који је постојан на $pH = 8.9$. Из реченога јасно излази да су коацервати крајње осетљиви према померањима актуелне киселости иза одређених допуштених граница.

Међутим, та се осетљивост коацервата не испољава само у односу на H и OH -јоне, него уопште у односу на додавање других електролита, специјално неутралних соли. Пошто у основи постојаности комплексних коацервата леже електростатичке силе привлачења супротно наелектрисаних колоидних честица, свако умањивање тих сила мора довести до распадања коацервата, до његовог обрнутог растворања. Отуда јони који смањују електрично пуњење честица коацервата, изазивају његово разблаживање. Утврђен је међутим низ коацервата који су постојани у односу на неутралне соли. Као пример се може навести комплексни коацерват клупеин-нуклеинска киселина, или клупеин-лецитин соје. Врло је интересантно понашање коацервата приликом дејства електричне струје на њих. Није могуће задржати се овде ближе на томе; али је довољно указати на то

да је појава која се ту одиграва, не само по својој спољашњој манифестацији, него и по унутрашњем физичко-хемиском механизму, потпуно слична са дезинтеграцијом протоплазме која се испољава при дугом пропуштању сталне електричне струје кроз средину у којој се налазе живи објекти.

Као што је већ речено, постојаност коацервата је утолико већа уколико је већи производ супротних електричних пуњења честица његових компонената. То је фактор који стабилизује коацерват. Напротив, хидратација честица, њихова способност да задрже око себе водени омотач, делује у супротном правцу. Та сила тежи да раствори коацерват. Али хидратација колоида врло много зависи од температуре; са повишавањем температуре, хидратација се наине смањује. С тим у вези стоји околност да су коацервати веома осетљиви не само у односу на електричне појаве, него и у односу на температуру. Са повишавањем температуре, услед смањивања хидратације колоида, коацерват постаје компактнији и издваја из себе капљице равнотежне течности, док један део њих остаје распоређен у унутрашњости коацервата, што условљава појаву вакуола у њему. И овде је тешко уздржати се од тражења сличности са оним што се дешава у протоплазми, пошто је вакуолизација необично карактеристична особина која протоплазму одваја од већине других колоидних система.

Де-Јонг наводи још читав низ занимљивих физичко-хемиских особина коацервата, које се могу поредити са аналогним особинама протоплазме, наине образовање површинских опни, бубрење, адсорпција различитих материја из околног раствора итд. Нарочито интересантни односи се добијају приликом рада са коацерватима што садрже велики број компонената, на пример с коацерватом који се састоји из желатина, гумиарабике, нуклеинске киселине итд.

Свим тим аналогјама треба, разуме се, приступати са великом предострожношћу. Ни у ком се случају комплексни коацерват не сме сматрати за тачан колоидни модел протоплазме. Па ипак, пажљиво проучавање коацервата показује да овде није у питању само спољашња сличност као што је то био случај са раније описаним огледима Ледика (в. глеву III). Важно је то да је читав низ појава које се одигравају у коацерватима и у протоплазми, условљен истим физичко-хемиским узроцима, да располаже истим унутрашњим механизмом. Отуда је ближе упознавање коацервата веома важна етапа на путу развика наших познавања физичко-хемиских особина протоплазме.

Овде се мора обратити нарочита пажња на ове особине комплексних коацервата. Пре свега на њихову необично јасно изражену, способност да адсорбују различите материје

које се налазе у околном раствору. До појаве коацервата, као што је већ речено, управо и не постоји реална граница између дифузних водених омотача што окружују честице сола, и слободних молекула растварача. У процесу коацервације јавља се оштра граница, — површина која одваја коацерват од равнотежне течности. У вези с тим настају нове површинске појаве, специјално адсорпција коацервата различитих материја које постоје у околној средини. Многа органска једињења коацервати готово потпуно извлаче из равнотежне течности. Још при концентрацији од 0.001% долази до адсорпције честица што слободно пливају у раствору, од стране коацервата. Део адсорбованих молекула садржан је у солватној (хидратационој) течности коацервата; други део се везује за саме колоидне честице и чак често ступа са њима у хемиска међудејства. Услед тога, капљице коацервата могу расти на рачун материја додатих равнотежној течности; при томе може доћи до битне измене њиховог хемиског састава.

Друга особина комплексних коацервата на коју морамо скренути пажњу, лежи у њиховој способности за секундарне промене. Као што смо већ рекли, комплексни коацервати су, по своје агрегатном стању, више или мање покретне течности. Њихов вискозитет, у зависности од спољашњих дејстава (температура, концентрација водоничних јона, присуство електролита итд.) може да се колеба у врло широком границама. Али се под извесним условима у коацерватима са аналогним особинама протоплазме, специјално јављају директивне силе које мењају њихов карактер идеалних течности. Благодарени дејству тих сила, честице коацервата стичу извесну правилну, оријентацију у односу једних према другима. Де-Јонг указује на то да се у коацерватима може чак утврдити извесна структура. То је он посматрао код коацервата добијених од едестина или албумина јајета. Исто је тако и у коацерватима у којима је једна компонента био скроб, запажено стварање правилних шестостраних плочица. Али се такве структуре што се јављају у коацерватима битно разликују од укочених статичких творевина које се виђају у целулози, свили итд. Оне су крајње непостојане и већ се после простог трљања покровне плочице могу преобратити у првобитне капљице. У коацерватима се дакле може јавити одређена оријентација колоидних честица, одређена структура, али та структура постоји само дотле док трају директивне силе које су изазвале такву оријентацију честица. Чим оне ишчезну или се промене, ишчезнуће или ће се изменити и сама структура коју су оне изазвале.

После ове екскурзије у области колоидне хемије, вратимо се поново беланчевинастим полимерним једињењима

која су се била образовала у првобитном воденом омотачу Земље. Као што је већ напоменуто, молекули тих једињења, слично честицама савремених глобуларних беланчевина, носили су на својој површини како хидрофилне тако и хидрофобне групе, како позитивно тако и негативно наелектрисане јоне. Отуда је у њиховим растворима, као и у растворима правих беланчевина, била необично јако изражена склоност ка образовању међумолекуларних асоцијација. Услед присуства „липофилних“ група у њима, они су све време били под претњом да се издвоје из једноставног раствора у виду колоидних гела или коацерватних капљица. Отуда је пре или после, на једној или другој тачки првобитног океана, нужно морало доћи до таквог издвајања.

Услови за настајак комплексних коацервата су, као што смо видели, елементарно прости. Они се јављају приликом обичног мешања раствора две или више супротно наелектрисане високомолекуларне органске материје. То значи да су се комплексни коацервати морали одмах створити чим су се у првобитној земљиној хидросфери почела образовати разнолика, више или мање високомолекуларна беланчевинаста једињења. Томе није могла сметати ни релативно ниска концентрација органских материја у воденом омотачу Земље, пошто се коацервати могу јављати и при сасвим великим разблажењима. Вода савремених мора и океана садржи у себи само незнатне трагове органских једињења која се јављају приликом распадања угинулих организама. У огромној већини случајева, те материје апсорбују, планктонски организми, за које оне служе као основна храна. Али у извесним релативно ретким случајевима, оне се могу задржати у дубини морске пучине у току релативно краћег времена, заштићене од микроорганизама. Низ проучавања дубинског муља дна показује да под таквим условима органске материје могу образовати пихтијасте талоге. Таква се појава издвајања колоидних гела и коацервата из воде што садржи само трагове високомолекуларних органских материја, могла често посматрати и под вештачким условима, кад је било могуће искључити дејство микроорганизама. На тај су начин, као резултат мешања ових или оних хидрофилних колоида, — пре свега првобитних беланчевинастих једињења, — морали постати на земљиној површини комплексни коацервати.

Образовање коацервата претставља веома важну етапу у еволуцији првобитне органске материје и у процесу самозачећа живота. До тога тренутка органска материја је била нераздвојно везана са околном средином, дифузно распоређена у читавој маси растварача. Приликом образовања коацервата, дошло је до концентрације органских материја на одређеним тачкама водене средине. При томе се јавила

оштра граница између те средине и коацервата. Раније су честице хидрофилних сола, окружене солватним омотачима биле, као што смо видели, нераздвојно везане са околном средином, и није било никакве стварне границе која би их одвајала од те средине. Сада се, са образовањем коацервата, органска материја издвојила из околног раствора, одделила од водене средине потпуно реалном оштром границом и до извесне мере супроставила околном спољашњем свету.

У исти мах органска материја, са образовањем коацервата, није се само сконцентрисала на одређеној тачки простора, него стекла и извесну структуру. Раније је у раствору било само нагомилавање честица које су се кретале без реда; у коацервату су се те честице до извесног степена оријентисале у односу једна према другој. Та оријентација, додуше, није постојала и одржава се само дотле док у коацервату делују ове или оне директивне силе. Али овде већ долази до појаве извесне, иако веома непостојане елементарне структуре. На тај су се начин у коацерватима, на врло просте органско-хемиске односе надовезале нове колоидно-хемиске законитости. Те су законитости ипак биле недовољне за појаву првобитних живих бића. Било је потребно да коацервати и сличне колоидне творевине стекну у процесу своје еволуције, нове квалитете вишег реда, квалитете који се већ потчињавају биолошким законитостима.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ch. Lippman. The Scientific Monthly, 19, 357, 1924.
2. А. Кулябко. Происхождение жизни на земле. Рабпрос, 1928.
3. R. Veitner. Life's Beginning on the Earth, London, 1939.
4. В. Курбатов. Сб. работ по прикладной физиологии, т. II, стр. 158 и 227, 1930.
5. Г. Штаудингер. Химия высокомолекулярных соединений. 1932.
6. H. Staudinger. Ber. d. d. chem. Ges., 53, 1073, 1920; 60, 1782, 61, 2427, 1928; 62, 1929; 63, 222, 717, 1930; 44, 2212, 1911; 61, 2575, 1928; 63, 921, 1930.
7. А. Берлин. Успехи химии, 9, 642, 1940.
8. W. H. North. Ber. d. d. chem. Ges., 65 (A), 43, 1932.
9. К. Мейер и Г. Марк. Строеие высокополимерных органических естественных соединений. Госхимиздат, 1932.
10. H. Staudinger u. Mitarbeiter. Liebigs Ann. Chem., 527, 195, 1937; 530, 1, 1937.
11. H. Mark, „Nature“, 144, 313, 1939.
12. K. Meyer u. H. Mark. Ber. d. d. chem. Ges. 61, 1932, 1928.
13. W. Astbury. Fundamentals of fibre Structure, 1933; Kolloid-Z. 83, 130, 1938; Trans. Far. Soc. 1938.
14. W. Lepeschkin. Kolloidchemie des Protoplasmas, II, Auf., Dresden, Steinkopff. 1938 (ynop. W. Schmidt. Protoplasma, 34, 237, 1940).
15. Th. Svendsberg. Chem. Rev., 14, 1, 1935; 20, 81, 1937; Ind. Eng. Chem. anal. ed., 10, 113, 1938.

16. H. Neurath. J. Am. Chem. Soc., 61, 1841, 1939.
17. D. Wrinch. „Nature“, 137, 411, 1936; 138, 651, 1936; Proc. Roy. Soc. A. 160, 59, 1937; A. 161, 505, 1937.
18. M. Bergmann a. C. Niemann. Journ. Biol. Chem. 118, 301, 1937.
19. Д. Талмуд. ДАН СССР, 25, 484, 1939.
20. L. Pauling a. C. Niemann. J. Am. Chem. Soc., 61, 1860, 1939.
21. M. Bergmann. Chemical Reviews, 22, N. 3, 1939.
22. K. Felix. Chemie und Physiologie des Eiweisses. 3. Frankfurter Konferenz 2—3 Juni, 1933.
23. S. Sørensen. Kolloid-Z. 53, 102, 1930.
24. R. Block. J. biol. Chem. (Am), 105, 455, 1934; Jale J. Biol. a. Med. 9, 455, 1937.
25. H. Kruyt. Chemie et Industrie, 42, 587, 1939.
26. W. Ostwald. Kolloid-Z. 43, 131, 1927.
27. H. Bungenberg de Jong. Protoplasma, 15, 110, 1932; Bioch. Z. 212, 318, 1929; 232, 338, 1931; 234, 367, 1931; 248, 131, 335, 1932.

ГЛАВА VII

ОРГАНИЗАЦИЈА ЖИВЕ СУПСТАНЦЕ

Да би имали могућности да и даље пратимо ток еволуције и процес постанка живих организама, потребно је упознати се, макар у основним цртама, са основним принципима организације живе супстанце. Разуме се, ми под живом супстанцом разумемо, како овде тако и у осталом излагању, не неко одређено хемиско једињење које игра улогу „носиоца животних особина“, неки биогени молекул у смислу Ферворна или „живу беланчевину“ у духу схватања Пфлигера. Изразом жива супстанца означаћемо онај облик организације материје који одликује протоплазму свих живих бића, који је општи за све њих.

Идеја о тој организацији може се добити само на основу проучавања живих објеката веома диференцираних у процесу еволуције, на основу проучавања цитоплазме и једра савремене животињске или биљне ћелице. Разуме се да свака ћелица два различита организма или чак два различита ткива истог организма располаже својом индивидуалном, за њу специфичном организацијом живе супстанце. Али је овде важно истаћи оне форме организације које су опште за сва жива бића, независно од њиховог положаја на еволуционој лествици. Према томе, кад говоримо о организацији живе материје, ми имамо у виду оне форме те организације које леже у основи грађе сваког организма и које су се јавиле још пре диференцирања протоплазме и према томе одликују како једру тако и цитоплазму једне ћелице, или још недиференцирану протоплазму бактерија и других сличних организама.

Историски се ствар развијала тако да су на питању организације живе супстанце радили поглавито морфолози, а основни метод испитивања тог питања било је проучавање протоплазме под микроскопом. Они су хтели да непосредно сагледају организацију живе супстанце, и отуда су је замисљали само као просторну категорију, као структуру. Тако

је на пример Ернст Брике [1] (1861 г.) писао тим поводом: „Ми морамо у живој ћелици претпоставити, покрај молекуларне структуре органских једињења, још једну, другу сложену структуру другог реда, и то је оно што ми означавамо изразом „организованости“. Исто је тако и читав низ доцнијих аутора ставио знак једнакости између појма „организација“ и појма „структура“.

То идентификовање структуре и организације протоплазме доводило је до двоструко механистичких погледа на природу живе супстанце. Протоплазма је схватана као врста живе машине; у њој су стварно тражени малте не зупчаници и трансмисиони кајишеви. Л. Јост [2] је врло успешно уопштио те погледе у неколико следећих реченица: „Организми се обично увек срађују са машинама, и стварно, између једних и других постоје упадљиве аналогije. Ствар је у томе да радна способност машине не зависи у првом реду од хемиских особина њених делова него од њихове грађе, од њиховог распореда. Ако градимо машину од месинга или од челика, то ће, наравно, утицати на њену солидност и тачност, али не и на начин њеног дејства. Не може се порећи да претпоставка према којој би се и у организму ствар сводила пре на распоред најситнијих делића, има у себи нечег привлачног“.

Управо су такве идеје лежале у основи схватања пластеина као најважније, најбитније, централне материје у протоплазми. Пластеин је издвојио био Ј. Рајнке [3] приликом његове познате хемиске анализе састава протоплазме слузастих гљива (миксомицета). То веома сложено беланчевинасто тело у хемиском погледу је доста инертно, и отуда је оно Рајнке-у изгледало као врло погодан материјал за грађу протоплазматичних структура, онај „месинг или челик“ из кога је саграђена „жива машина“. То се мишљење одржало код биолога готово пола века, и тек је 1925 г. било оповргнуто испитивањима А. Кизела [4]. Показало се да пластеин претставља мешавину у, чији састав улази типична скелетна беланчевина или албуминоид, заједно са сложеним угљеним хидратом типа целулозе. Пластеин се показао као обичан скелет будуће фруктификације који почиње да се развија у плазмодији. Он дакле претставља материју карактеристичну само за слузасте гљиве, и то само за одређени стадиум њиховог развића. Пластеин према томе нема никакв општебиолошки значај; он не улази у састав живе протоплазме и претставља исти онакав производ њене животне радљивости као што су целулоза, фиброин, и друге њима сличне материје описане у претходној глави.

Тежња да се непосредно сагледа чврста материјална основа, „греде и спојнице“ које чине конструкцију у организа-

цији протоплазме сличној машини, довела је крајем прошлог века до постављања читавог низа теорија о структурној грађи живе супстанце. Флеминг је видео у протоплазми врло фина влаканица која образују њену чврсту основу. Алтман је замишљао да се протоплазма састоји из врло ситних зрнаца или гранула. Фроман је створио теорију мрежасте грађе протоплазме. По тој теорији, протоплазма је саграђена слично сунђеру: мрежа из чврсте материје образује њену, чврсту основу. Али све те чврсте структуре, као што су показала испитивања А. Фишера [5], постају тек после смрти ћелице приликом фиксације цитоплазматичких препарата. Према томе, оне ни у ком случају нису карактеристичне за организацију живе супстанце.

Иста је судбина постигла и теорију пенасте грађе протоплазме коју је поставио О. Бичли [6]. По тој теорији протоплазма је саграђена исто као ма каква вештачка пена, из оца која су стиснута једна уз друге и која се распоређују по одређеним физичким законима. У своје време, ова је теорија била јако популарна, пошто је изгледало да се на њеној основи лако може доћи до објашњења сложене организације размене материја у живој протоплазми.

Специјално је Ф. Хофмајстер [7] (као и многи други аутори) сматрао да се размена материја може заснивати само на просторно изолованим реакцијама. У томе је он видео хемиску организацију протоплазме и савњивао је, са поменутог гледишта, са хемиском фабриком. У фабрици, с обзиром на дате околности, могу се у истом одељењу изводити многе хемиске реакције, али многе од њих морају бити строго одвојене ако је само потребно да се постигне жељени резултат. Управо је алвеоларна структура живе материје у томе погледу претстављала најпогоднију форму организације која допушта да се у ништавно малом оквиру истовремено одигравају најразноврсније хемиске реакције.

Међутим резултати ближе продубљених непосредних испитивања живе протоплазме, нису потврдили теорију О. Бичлија. По Е. Вилсону [8], свака видљива пенаста структура животињске или биљне ћелије претставља пролазну, непостојану творевину, у сваком случају не „примарну“, тј. творевину која не припада самој протоплазми. Пенасте структуре које се могу видети на фиксираним и обојеним препаратима, сасвим су отсутне у неповређеним ћелицама; оне су последица коагулације протоплазматичних колоида, изазване материјалом за фиксирање [9].

Л. Хелбрун [10], на основу својих опсежних испитивања вискозитета протоплазме, долази до уверења да у њој нема не само видљиве структуре, него да нема чак ни ма

каких невидљивих творевина саграђених из „грета и спојница“ или уопште из ма каквог другог чврстог материјала.

Сви многобројни огледи и посматрања последњих година јасно показују да се главна маса живе активне протоплазме налази у течном агрегатном стању. Додуше, њени поједини делови, како спољашњи тако и унутрашњи, могу у одређеним периодама живота прелазити у пихтијасто стање, при чему, та појава носи повратни карактер. Али објашњење грађе живе супстанце не треба тражити у тим пихтијастим творевинама. У већини случајева оне играју само специјалну помоћну улогу, и опште желатинирање протоплазме наступа само при слабењу животних појава, у анабиози. Основни облик организације живе супстанце везан је за течно агрегатно стање. То подједнако важи за цитоплазму, и за ћелично једро чија је главна маса такође увек течна. Лако је разумети да се течно агрегатно стање живе супстанце никако не може сложити са поменутих схватањима организације протоплазме као машине.

Недавно је В. Лепешкин [11], у својој књизи »Kolloidchemie des Protoplasmas« („Колоидна хемија протоплазме“), дао опширан резиме чињеничног материјала који се нагомљао у научној литератури о питању грађе протоплазме. На основу тог материјала поменути аутор долази до схватања да жива супстанца претставља колоидни грубо дисперзни систем чија је основна маса, интергрануларна средина, течна и оптички празна (тј. у њој се не може запазити никаква видљива структура). У тој су средини садржане релативно малобројне честице грубо дисперзне фазе, чије размере премешају 0.1 μ и отуда су видљиве под микроскопом. Извесне од тих честица, на пример микрзоми или грануле, претстављају очевидно чврсте творевине; али биолошки најинтересантније творевине као што су, хондриозоми или митохондрије, имају карактер капљица густе течности и претстављају места истовременог нагомилавања беланчевинастих и липоидних материја, а можда, како мисли Лепешкин, и једињења тих материја (липопротеиди).

Интергрануларну средину протоплазме такође не треба сматрати као прост колоидни раствор. Она претставља доста сложен систем који се састоји из колоидне дисперзне фазе (мицеле) и интермицеларне средине. По испитивањима А. Гијермона [12], колоидне честице које се налазе у живој протоплазми морају носити јасно изражен хидрофилни карактер, тј. имати велики афинитет према делићима воде. То се може доказати тиме што интергрануларна средина, посматрана под ултрамикроскопом уз помоћ кардиондног кондензора, изгледа оптички сасвим празна. Хидрофобне колоидне честице под тим условима би морале бити сасвим вид-

љиве. Приликом изумирања протоплазме, честице губе своју хидрофилност. Отуда се приликом повреде ћелице, у почетку запажа под ултрамикроскопом дифузно осветљење протоплазме, затим коагулација беланчевине која је везана са образовањем извесних видљивих структура.

Од знатног је интереса питање величине и облика колоидних честица које чине колоидно-дисперзну фазу протоплазме. В. Лепешкин сматра да се честице беланчевине, покрај лоптасте и штапичасте форме, могу јављати и у облику кончастих молекула увијених у клупчад. По Ј. Ленгмиру [13], на граници раствора беланчевине и ваздуха, у такозваном „монослоју“, та се клупчад размотавају и прелазе у кончаст облик. Лепешкин претпоставља да се такви кончasti молекули налазе и у протоплазми. Он сматра да њихова дужина отприлике 100—200 пута премаша њихову дебљину. Има међутим разлога да се посумња у то да се колоидно-дисперзна фаза протоплазме јавља у облику мономолекуларних честица, тј. честица од којих свака претставља један молекул беланчевине. Далеко је вероватније да се ту налазе молекуларни агрегати.

У сваком случају, присуство кончастих колоидних честица у протоплазми убедљиво се може доказати њеном способношћу да се растеже у танке нити, остајући при том жива и задржавајући своје течност стање, што се може десити само благодарећи присуству слободних кончастих честица. Ту је особину протоплазме констатовао низ аутора на најразличитијим објектима и под различитим условима испитивања. Постојање слободних кончастих честица живе супстанце потврђује се и приликом одређивања еластичности протоплазме.

Недавно је А. Фреј-Вислинг [14] изложио своја схватања о мицеларној грађи протоплазме. Према тим схватањима, протоплазма живих организама се битно разликује од свих познатих дисперзних система (суспензије, емулзије, пене итд.), по томе што она садржи, као дисперзну фазу, кончасте честице чија се величина приближава молекуларним размерама. Те се честице могу, на одређени начин узајамно оријентирати па чак и сједињавати.

По Фреј-Вислингу, у питању је ослобађање или учвршћивање „спојних тачака“ - места спајања кончастих молекула у мрежу. Те спојне тачке између кончастих молекула беланчевина могу се створити једињењем суседних алкилних, хидроксилних, сулфхидрилних група или преко мостова посталих стварањем соли између базичних и киселих група. Молекуларна мрежа која на тај начин постаје, условљава сложену најинтимнију структуру протоплазме.

У овом схватању Фреј-Вислинга се дакле још једном сусреће механистичко тумачење организације живе ма-

терије, али на тананијој материјалној основи, где се као „греде“ грађе појављују одвојени молекули. Треба ипак подвући да ако се такве мицеларне мреже стварно и појављују у протоплазми, то може бити само у, посебним случајевима и везано је са прелажењем дате протоплазматичне творевине у стање гела. У основној течној маси живе протоплазме кончасте честице се налазе у слободном стању и не образују никакве стационарне структуре.

Исто је тако сасвим сумњиво присуство правилне (тј. сразмерно просте) оријентације кончастих честица у протоплазми. Доказ такве оријентације је тражен у двојном преламању светлости (анизотропности) протоплазме. Као што је познато, двојно преламају светлост не само чврста тела него и течности. Такву особину као сталну имају такозвани течни кристали или мезоморфна тела. Молекули материја које образују те течности, имају издужен облик. Благодареди узајамном оријентирајућем дејству, ти се молекули постављају тако да им осовине леже у паралелном правцу. Услед тога ће се преламање светлости мењати у зависности од тога да ли светлосни зрак пролази паралелно другим осовинама молекула или управно на њих. У низу случајева, двојно преламање у течностима јавља се само приликом њиховог кретања, услед чега долази до одређене оријентације штапичастих молекула или колоидних честица.

Као што смо већ видели, двојно преламање светлости одликује и такве објекте као што су на пример целулоза, свила и др., пошто је ту узајамна оријентација молекула изражена врло јасно и приближава се по својој правилности кристалној грађи. То се до извесне мере може рећи и за протоплазматичне творевине као што су на пример бичеви протиста, пеликула инфузорија, или мишићна влакна виших животиња, код којих се сасвим јасно јавља двојно преламање светлости. На правилној оријентацији издужених честица материје у тим творевинама, заснива се њихова способност скупљања. Ипак до данас није пошло за руком, упркос свих напора, да се констатује двојно преламање светлости у основној маси живе течне протоплазме, ни у стању мира ни приликом кретања за време живота. В. Лепешкин наводи обиман материјал који показује да су сва посматрања која би тобоже говорила у прилог постојања двојног преламања светлости у протоплазми, везана за њене повреде и односе се уствари на предсмртне појаве. Стварно се приликом изумирања протоплазме јављају појаве анизотропије, које се претходно нису могле констатовати.

В. Лепешкин објашњава одсуство двојног преламања светлости у живој протоплазми тиме што су кончасте колоидне честице и молекули сувише дуги и гипки да би се мо-

гли узајамно паралелно поставити. Приликом изумирања протоплазме, они се распадају на краће штапичасте комадиће који се могу паралелно поставити услед кретања протоплазме, што иде до очвршћавања дате творевине. Нема према томе у основној маси живе протоплазме такве релативно просте и постојане оријентације колоидних честица која би се могла утврдити нама доступним методама.

Средина у којој се налазе грубо дисперзне творевине (грануле, хондриозоме и др.) и колоидне кончасте мицеле, такозвана интермицеларна средина или супстанца, као и интергрануларна средина у протоплазми, не претставља просто воду или водени раствор органских материја и неорганичких соли. Интермицеларна супстанца протоплазме је сама по себи доста сложена колоидна творевина. То се може доказати на овај начин: без обзира на то што протоплазма садржи око 65—70% воде и није ограничена од спољашње средине никаквом чврстом опном, она се ипак не меша са околним воденим раствором. Као што смо већ видели, та особина је карактеристична за коацервате Бунгенберг-де-Јонга [15]. И заиста, детаљна испитивања физичко-хемијских својстава протоплазме и њихових промена које се јављају услед различитих спољашњих дејстава, показују да се материје које чине интермицеларну супстанцу, налазе у истом колоидно-хемиском стању какво се јавља приликом мешања два или више разноимено наелектрисаних хидрофилних колоида.

Ми се овде нећемо задржавати на анализи грађе и особина коацервата, пошто смо то већ учинили у претходној глави. Напоменућемо само да се В. Лепешкин не слаже са теориским објашњењем које Бунгенберг-де-Јонг даје за појаву коацервације. В. Лепешкин сматра да вода не образује ни у вештачким течним талозима (коацерватима), ни у протоплазми, водени омотач око колоидних честица, него се налази у унутрашњости клупчади које чине увијене честице. Молекули воде су садржани у савијутцима тих клупчади, и они, услед свог кретања стављају у кретање пептидни низ молекула, тако да читава колоидна честица добија карактер течности. Према Лепешкиновој схеми, водени омотачи честица су толико редуковани да се честице узајамно привлаче и образују течни талог који има сложenu структуру („флуоид“ по терминологији Лепешкина). Нама изгледа да је схема Бунгенберг-де-Јонга боље заснована са физичко-хемиског гледишта него Лепешкинови „флуоиди“. Али у овом случају за нас је специјално важно да подвучемо чињеницу да се интермицеларна супстанца протоплазме налази

у истом колоидно-хемиском стању као и вештачки добијени коацервати или житки талози.

Резимирајући све што је речено, ми видимо према томе да протоплазма, схематски узета, претставља са колоидно-хемиског гледишта коацерватну супстанцу у којој се налазе кончасте колоидне мицеле и творевине видљиве под микроскопом: течне капљице или чврсте честице. Таква схема даје задовољавајуће објашњење читавог низа физичко-хемијских особина протоплазме. Али она никако не допушта разноврсне спекулације о стационарној чврстој машинској структури живе супстанце. Али како је врло тешко напустити идеју такве структуре кад се питању организације протоплазме приступа са чисто просторног, морфолошког гледишта, ми видимо да се покушаји у томе правцу још и сада продужују, иако су они у многим случајевима из колоидно-хемиске области пренети у област молекуларне грађе. Идући тим путем, тежи се за тим да се читава организација протоплазме и за њу везане животне појаве објасне извесном интрамолекуларном структуром, извесним стационарним распоредом атома у молекулу овог или оног хемиског једињења које улази у састав живе супстанце.

Један од најлепших примера таквог приступа питању претстављају гледишта која је Н. Кољцов [16] развио у својој књизи „Организација ћелице“ и у доцнијим публикацијама. Као убеђени, ортодоксни морфолог, Н. Кољцов посматра организацију ћелице само са становишта просторног распореда делова, са гледишта форме којој он придаје искључив значај. „Свакој ћелици, — пише он, — као и свакој машини, припада одређена геометријска форма.“ „Најкарактеристичнија одлика која раздваја живо од мртвог, јесте форма живих организама.“ „Дати физичко-хемиско објашњење морфе живих организама, значи свести је на векторијелна својства кристала“. То он и тежи да учини у својим радовима, да у принципу стави знак једнакости између појма „организације“ и појма „структуре“.

Сасвим је разумљиво што су обимна експериментална испитивања Н. Кољцова упућена томе да се сагледају и опишу чврсте скелетне творевине које одређују морфу ћелице. Међутим, као што смо већ видели, такве се творевине могу запазити само у специјализованим деловима протоплазме и потпуно одсуствују у основној маси живе супстанце. Али та чињеница не мења принципијелни став Н. Кољцова у погледу организације ћелице. Он пише: „Ако ми чак и са применом ултрамикроскопа, можемо само у ретким случајевима да видимо скелетне фибриле у живим или фиксираним ћелицама, то само доказује да су, ти фибрили врло танки, тањи од 0.01 μ , или да

се по коефицијенту преламања светлости не разликују од околног колоидног раствора". Развијајући даље ту мисао, Н. Кољцов долази на крају до интрамолекуларних структура као основе ћеличне организације, али он и молекуле замишља у облику непокретних просторних форми, потпуно одвојених од хемиског процеса. Чак и процес асимилације беланчевине није, по његовом мишљењу, „ништа друго до процес растења кристала у присуству готових кристалних решетки.“

Ова гледишта Н. Кољцова су нарочито јасно изложена у његовом учењу о генонима [17]. Генонема је, по мишљењу Кољцова, циновски, веома дуги молекул беланчевине који лежи у основи хромозома и претставља носиоца наследних особина организма. Хемиски је генонема веома постојана, инертна. Она не узима учешћа у размени материја и остаје неизмењена у процесу развића датог организма. „Генонема, — пише Кољцов, — носи у себи готове обрасце свих сложених беланчевина, специфичних за врсту и за јединку, који су, некада били изграђени у дугом процесу еволуције врсте и чија је хемиска синтеза, вршена увек изнова без готовог обрасца, невероватна. Генонема и њени поједини саставни делови — гени — су заметци око којих настаје процес асимилације, који са физичко-хемиског гледишта претставља кристализациони процес.“

Али на који се начин, на основу такве форме организације, могу објаснити све особине које одликују живу протоплазму: размена материја, растење, развиће итд.? Ако реално претставимо себи поменути кристализацију, хемиски инертне „генонемне материје“, уверићемо се да на крају крајева не можемо добити ништа друго до кристале те материје. У најбољем случају ћемо добити влакна типа целулозе, свиле и томе сличне творевине, које располажу непокретном, сасвим уређеном структуром, али које не учествују у размени материја и задржавају своје основне особине и после смрти ћелице.

Као што смо већ видели, мисао о великој хемиској постојаности, инертности материја које улазе у састав протоплазме, није нова. Ми смо на њу наишли кад смо говорили о пластину, Рајнкеа. Њу је развијао још читав низ познијих научника. Та мисао логички проистиче из механистичке претставе живе протоплазме као некакве конструкције. Беланчевине и остале основне материје протоплазме само су грађевни материјал за ту конструкцију. И зато је читав систем у целини утолико савршенији, уколико је солиднији и постојанији тај материјал.

Међутим, све што знамо о хемиском саставу протоплазме, одлучно противуречи таквој претстави [18]. Као што је

већ речено у петој глави, беланчевине никако нису пасивни грађевни материјал. Напротив, оне претстављају материје што располажу огромним хемиским могућностима. Обим тих могућности је одређен како великом разноликошћу хемиских група што се налазе на слободним бочним низовима, тако и карактером њиховог распореда на полипептидном костуру.

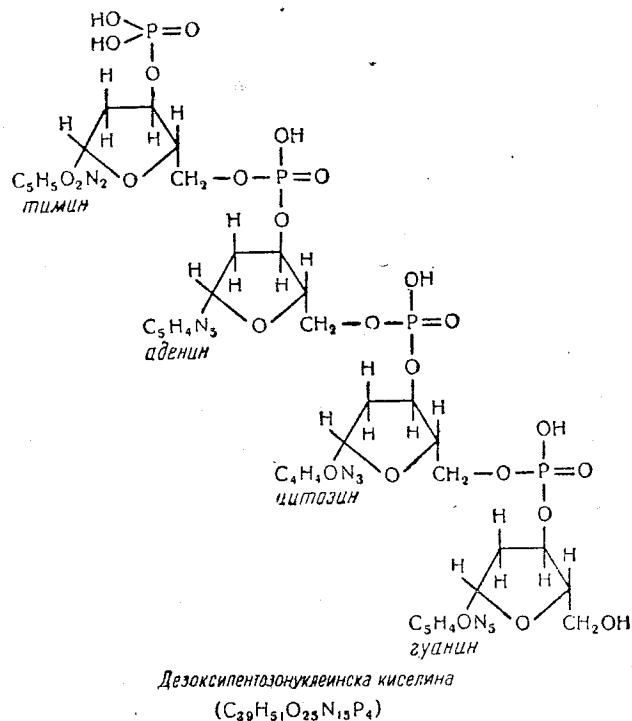
Али је потребно имати у виду да хемичар који испитује беланчевинасте материје, у већини случајева има посла са резервним беланчевинама, пошто се оне лакше могу добити у потребним количинама и у више мање пречишћеном облику. Те беланчевине само посредно учествују у размени материја, и постоји читав низ чињеница које указују на то да су непосредни ингредијенти протоплазме у хемиском погледу још активније материје. Код беланчевина протоплазме оксидационо-редукционе функције још су далеко јасније изражене и засноване на покретној равнотежи између сулфхидрилних и дисулфидних група.

Управо висока хемиска активност, па према томе и велика непостојаност (лабилност) протоплазматичних беланчевина необично отежава њихово издвајање у неизмењеном стању. А. Кизељ [19], на основу својих обимних радова, указује на велику лакоћу интрамолекуларних прегруписавања у протоплазматичним беланчевинама, под утицајем различитих, чак и врло слабих хемиских дејстава, сасвим неизбежних у процесу добијања препарата беланчевина. Услед тог интрамолекуларног прегруписавања долази до знатног снижавања хемиске активности беланчевина, издвојених и припремљених за испитивање. Па ипак, и оно мало што је до данас хемичарима пошло за руком да постигну, потпуно потврђује изузетно високу активност протоплазматичних беланчевина. Анализа показује да се материје као што су пепсин или инсулин, у потпуности састоје само из остатака аминокиселина, тј. да су оне „просте“ беланчевине. Али њихова висока специфична активност не подлеже никаквој сумњи.

Сасвим је разумљиво да беланчевине у протоплазми широко искоришћују своје хемиске могућности и обично се ту налазе сједињене са другим небеланчевинастим материјама. Отуда су најважнији ингредијенти живе супстанце (бар у количинском погледу) не протеини (просте беланчевине), него протеиди, као што су то већ тврдили О. Хамерстен, В. Паладин, А. Косељ, Ф. Чапек и други.

Међ познатим протеидима треба пре свега поменути нуклеопротеиде који претстављају основне саставне материје једра, али који такође улазе и у састав цитоплазме. Нуклеопротеиди су једињења различитих беланчевинастих материја са нуклеинским киселинама. У састав ћеличног једра ула-

зи такозвана тимонуклеинска киселина која претставља једињење фосфорне киселине, дезоксирибозе, пиримидинских и пурињских база; њена формула би изгледала по П. Левињу [20] овако:



У састав природних нуклеопротеида тимонуклеинска киселина улази у облику јако полимеризованог комплекса чија молекуларна тежина достиже милион. Постоји очевидно неколико модификација те киселине, али је могуће у сваком случају, разликовати тимонуклеинске киселине *a* и *b*, од којих је прва више високо полимерна, нерастворљива у води, али способна да јако бубри и да при томе даје пихтијасту масу. Тимонуклеинска киселина *b* је више растворљива у води и мање високо молекуларна. Те су модификације међусобом везане могућношћу узајамног прелажења једна у другу.

Покрај тимонуклеинске, позната је и такозвана нуклеинска киселина квасца. Она садржи у себи нередуквану пентозу, далеко је мање високо молекуларна и није тако јако

агрегована као тимонуклеинска киселина. Као што су то показала испитивања М. Беренса, она се не налази у једру него у цитоплазми и по подацима Ж. Брашеа [21], може да послужи као материјал за изградњу тимонуклеинске киселине.

Обе поменуте нуклеинске киселине су широко распрострањене у животињском и биљном свету. Ми не познајемо ниједну ћелицу која би била без нуклеинских киселина. У телу бактерија где се ћелично једро и цитоплазма још нису диференцирале, обе нуклеинске киселине су, према подацима А. Белозерског [22] помешане, при чему укупни садржај нуклеопротеида достиже каткада до 60% суве тежине бактерија. Врло је висок садржај нуклеопротеида у ултрамикробима, а филтрирајући вирус мозаичне болести дувана, као што смо видели у првој глави, састоји се у целини из тог протеида.

Овако општа распрострањеност нуклеопротеида јасно указује на њихов велики значај у грађи живе супстанце. Тај значај долази, с једне стране, од изузетно важних колоидних особина тих материја; с друге стране, он је несумњиво везан за њихову хемиску активност. У сваком случају, добро је познато да нуклеотиди, — праформе сложених полионуклеотида као што су нуклеинске киселине, — играју изузетно важну и веома активну улогу у размени угљених хидрата и фосфорних материја.

Врло велики биолошки значај имају и други протеиди протоплазме, нарочито липопротеиди који претстављају једињења беланчевина са липоидима, специјално са лецитином, холестерином итд. Те су материје карактеристичне за цитоплазму. Оне се у нарочито великој количини налазе у хондриозомима, митохондријама и другим формалним елементима који чине грубо дисперзну фазу протоплазме.

Липопротеиди претстављају како у хемиском, тако и у физичко-хемиском погледу крајње покретне комплексе. Низ аутора, подвлачећи велики биолошки значај тих материја, даје им нарочито име. Тако на пример В. Лепешкин [11] назива витаидима. Он сматра, на основу огледа са виталним бојењем, да у живој протоплазми нема ни слободних беланчевина ни слободних липоида. Али чим под утицајем различитих дејстава започне процес изумирања протоплазме, и једне и друге материје се одмах могу констатовати по њиховој карактеристичној способности да се боје одређеним бојама. Полазећи од тога, Лепешкин сматра да су у живој супстанци беланчевине и липоиди спојени у јединствен комплекс који је неobiчно лабилан и који се лако распада уз одвајање беланчевина од липоида, под утицајем незнатних дејстава како хемиског тако и физичког карактера. У овом погледу, Лепешкин упоређује витаиде са експлозивним материјама.

Овакво необично лабилно стање у коме се, по мишљењу Лепешкина, налазе витамини, може постојати само под условом сталног притоца енергије. Отуда такво стање уопште не постоји у мртвој ћелији и веома је карактеристично за живу супстанцу. Приликом изумирања протоплазме, долази до распада витамина на беланчевине и липоиде, што наравно јако мења колоидно-хемиске особине протоплазме у изумирању и везано је са ослобађањем енергије у виду некробиотичног излучивања и одређеног топлотног ефекта.

Иако изложена гледишта Лепешкина носе још сасвим хипотетичан карактер, ипак све чињенице које се одnose на то питање, врло убедљиво доказују високу хемиску покретност и активност липопротеида.

И читав низ других познатих протеида, иако се налазе у живој протоплазми у мањим количинама но раније поменути, има изузетно велики биолошки значај. Ту долази велика фермената који претстављају једињења каталитички активне небеланчевинасте групе са беланчевинастим „носиоцем“: хромопротеиди, гликопротеиди и т. сл. Све су то материје које располажу великом хемиском активношћу и које су способне да ступају у најразличитије реакције са другим једињењима што улазе у састав живе протоплазме.

Али не располажу таквим широким хемиским могућностима само беланчевине и њихови деривати, него и читав низ других хемиских једињења која се могу издвојити из живих организама и која узимају најнепосредније учешће у животним процесима. Разнолики витамини, хормони, пигменти, органске киселине итд., — све су то материје које никако не треба сматрати инертним у хемиском погледу. Напротив, њихова велика хемиска активност, њихова способност за многе преображаје и измене добро је позната сваком хемичару који се бавио њима.

На тај начин, све што знамо о хемиским особинама једињења која улазе у састав живе супстанце, стоји у пуној противречности са изложеним схватањима о великој статичности, хемиској инертности тих једињења и о њиховој улози као пасивног грађевног материјала у конструкцији протоплазме сличној машини.

Задржали смо се нешто дуже на анализи и критици механистичких погледа на организацију живе супстанце ради тога да покажемо како је механицизам, под притиском неоспорних чињеница, поступно морао да отступи на све нове и нове позиције. Организација протоплазме је најпре била замисљена као груба, под микроскопом непосредно видљива фибриларна, мрежаста или пенаста структура. Затим су те претставе биле пренете у област колоидне хемије, и као „греде“ које изграђују чврсту конструкцију протоплазме по-

чели су се сматрати поједини молекули и мицеле. Најзад се јавила тежња да се читава организација живе супстанце и све животне појаве везане за њу, сведу на неку интрамолекуларну структуру, на некакав стационарни распоред атома у молекулу једног или другог хемиског једињења. Али су чињенице добијене непосредним експериментима директно противуречиле свим тим схватањима. Видљива структура се показала као артефакт који настаје приликом фиксирања живе супстанце; основна маса живе протоплазме је течна и у њој се не може утврдити стационарна, непокретна оријентација коначних честица колоидно-дисперзне фазе. Хемиски подаци оповргавају мишљење о високој стабилности и хемиској инертности основних једињења што улазе у састав живе супстанце.

То је сасвим разумљиво, јер се организација не може замислити само као одређена структура, као извесна просторна категорија. Сваку организацију морамо замислити не само у простору, него и у времену. Ми, на пример, кажемо да је један или други скуп организован не само зато што су његови учесници заузели простор, распоредили се у њему на одређени начин, него поглавито зато што се он потчињава одређеном реду, извесној поступности којом иступају поједини поворници, постављају питања, добијају одговоре итд. Исто је тако и за организацију протоплазме битна не само структура, одређена узајамна оријентација молекуларних комплекса у простору, него и одређена хармонија процеса који се ту одигравају, одређена узајамна повезаност у времену, извесна поступност појединих хемиских реакција, физичко-хемиских и морфолошких промена које нераздвајно припадају протоплазми у току читавог њеног живота.

Жива супстанца постоји, живи само дотле док кроз њу непрекидно струје све нове и нове честице материје и са њима везана енергија. Из спољашње околне средине у протоплазму улазе разнолика хемиска једињења. Један њихов део бива асимиливан, улази у састав живе супстанце; други део подлеже даљем распадању и разлагању, и продукти тога се поново враћају у спољашњу средину. Ако се прекине, прекине та струја материје и енергије кроз живу протоплазму, ако се зауставе ти процеси који се овде одигравају, протоплазма ће престати да постоји као таква, и ми ћемо имати сасвим другу форму организације материје, квалитативно различиту од живе супстанце.

Као омиљени модел по коме су механистички настројени биолози тежили да објасне организацију живе супстанце, увек је служио кристал, управо због тога што је основно у организацији кристала структура, просторни распоред јона, атома или атомских група у кристалној решетци. Али ако

је ради схватања организације живе супстанце неопходно тражити неки најпростији модел, онда треба сасвим одлучно подвући да је управо кристал са постојаном статичком структуром најмање погодан објект за то. За ту сврху далеко је боље узети неки динамички систем. И невољно долази на памет изрека Хераклита да наша тела теку као потоци и да се материја обнавља у њима као вода у реци. Баш поток, или просто водена струја, допуштају нам да у најупрошћенијем облику схватимо низ најбитнијих елемената организације таквих динамичких система као што је специјално жива супстанца. Изглед струје, њен облик итд., само су спољашња видљива слика кретања честица материје. Само постојање тог система зависи од тога што кроз струју за све време, са одређеном брзином, пролазе све нови и нови молекули воде. Ако зауставимо тај процес, ишчезнуће и сама струја као таква.

Аналого томе, и у основи организације живе супстанце лежи најприснија веза између процеса и форме, структуре и размене материја. И овде, као и у воденој струји, структура, форма само је спољашњи видљиви израз извесне изванредно покретне равнотеже хемиских и физичко-хемиских процеса који се у непрекидном смењивању одигравају у живој супстанци. Ту, доминира хемиски процес, или тачније читав низ закономерно везаних, строго саглашених реакција, услед којих долази до синтезе, до образовања одређених органских материја које располажу одређеним хемиским и физичким особинама. На основи тога се ствара одређено колоидно стање материје и настаје покретна структура која се одржава само толико колико се одржавају директивне силе што изазивају одређену оријентацију честица. Та оријентација може доцније да добије постојанији карактер и учвршћује се у облику видљивих морфолошких творевина. Упоредо с тим, органске материје које настају из хемиског процеса, физичко-хемиски односи и морфолошке структуре, са своје стране, врше одлучујући утицај на сам ток хемиских реакција, на њихов правац и узајамну повезаност, на читаву организацију протоплазме у времену.

На тај су начин организација у простору и организација у времену, форма и процес у живој супстанци, сливени у једно цело које се узајамно прожима. Не треба схватити размену материја и структуру само као нешто што је дато једно другоме, што може да постоји и независно једно од другог. Структура и размена су само две стране једне исте медаље. Тога се мишљења придржавају већ данас многи напредни биолози, који сматрају да се упознавање организације живе супстанце може са успехом достигнути само путем присне сарадње, заједничког рада морфолога и биохемичара, само

путем координираног изучавања те организације како у простору, тако и у времену.

Као што смо већ видели, структуру протоплазме су изучавали многобројни научници у току многих десетина година. Тај труд, разуме се, није био узалудан, и благодарећи њему скупљен је огромни чињенични материјал. Али је тај дуги пут, услед погрешних механистичких претпоставки, био богатији разочарењима него успесима, дао више материјала за сумње и критике него за позитивне закључке. И до данас су најжалост наши појмови просторне организације живе материје остали доста магловити, више засновани на хипотезама него на неоспорним чињеницама. Међутим, временска организација протоплазме, организованост размене материја сама по себи пада у очи већ и при првом површном упознавању каквог живог објекта. Отуда ћемо се, ради удобности излагања, најпре упознати са том страном организације живе супстанце.

Поменута форма организације се изражава у томе што се из хаоса најразноликијих хемиских преображаја за које су способне органске материје што улазе у састав протоплазме, издвајају одређене реакције, строго ограничени путеви хемиског развигка међусобно правилно повезани у сложене процесе који служе као основа животних појава. Једно хемиско једињење које ван организма може реаговати у најразличитијим правцима, кад уђе у састав живе супстанце, више се већ не мења случајно, не „како било“ него сасвим одређено, правилно, „организовано“.

Шта одређује ту организованост протоплазме у времену? Од чега зависи одређена узајамна повезаност, одређена поступност хемиских реакција што се правилно узајамно смењују у дуготоме ланцу хемиских преображаја који се одигравају у живој супстанци?

Основни одлучујући фактор је ту брзина, или тачније, узајамни однос брзина појединих хемиских процеса што се одигравају у протоплазми. Тако на пример, као што је већ речено у петој глави, и процес алкохолног врења и процес врења млечне киселине претстављају дуге ланце хемиских реакција тачно координираних међу собом. И у једном и у другом врењу се на одређеном ступњу и као прелазни продукт јавља пирогрођана киселина. Али се она у хелициквасца врло брзо распада даље на угљену киселину и ацеталдехид. Услед тога се она не може подвргнути каквим другим променама. Напротив, код бактерија млечне киселине нема оног фактора који убрзава распадање пирогрођане киселине. Отуда она успева да се подвргне оксидационо-редукционој промени и претвара се у млечну киселину. На тај начин ћемо ми, у зависности од узајамног односа брзина реак-

ције декарбонизације и реакције Каницаро, добити у крајњем резултату било једну, било другу материју и кажемо да је за организацију ћелице квасца карактеристично превирање шећера у угљену киселину и алкохол, а за организацију бактерија, превирање млечне киселине.

Али у чему се конкретно састоји та форма организације живе супстанце? Шта претставља фактор који мења брзину појединих реакција у протоплазми и ствара одређени правац свих биохемских процеса у целини?

Као што смо већ имали прилике да нагласимо, за органске материје је необично карактеристично то да оне, имајући колосалне хемиске могућности и располажући способношћу да реагују у више правца, искоришћују те могућности релативно лењо, споро, са релативно малом брзином. Управо зато хемичар примењује за своје синтезе раније описане материје са енергичним дејством: киселине, базе, халоиде итд. Тим путем он тежи да такорећи потстакне, убрза ток хемских међудејстава између органских материја.

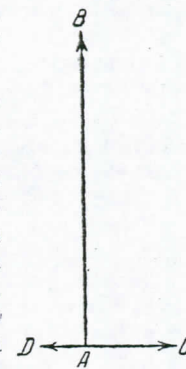
Али упоредо с тим, данас се у препаративној хемији и у индустријској пракси широко примењују разнолики катализатори као нарочити убрзачи хемских реакција. Под тим именом се подразумевају такве примесе које, чак и кад се налазе у врло малим количинама у реакционој мешавини, необично јако повећавају брзину тока појединих реакција. При томе је за катализатор карактеристично да се он сам не мења у процесу реакције и да остаје по њеном завршетку у истој количини у којој је био додат у почетку. Он као да дејствује „самим својим присуством“, не улазећи у састав продуката реакције. Управо зато довољна је већ сасвим мала количина катализатора да би се изазвали брзи преображаји врло великих маса материја које међ собом реагују.

Као катализатори се у органској хемији широко употребљују разнолики метали, њихови оксиди, јони (нарочито водонични и хидроксилни јони), халоиди и низ разноликих соли. Последњих година, велику пажњу испитивача привлачи дејство мешавине катализатора. Познато је из лабораториске и фабричне праксе да мешавина двају или више материја врло често дејствује каталитички далеко снажније него свака од њих посебно узета. У извесним случајевима чак, додавање материја самих по себи неактивних, јако повећава дејство катализатора.

Примена тих секундарних катализатора, такозваних промотора, има велики практичан значај, због чега се по томе питању јавила веома обимна специјална литература. Напоменућемо овде само радове школе А. Миташа који је, на основу дугогодишњих огледа у Баденској анилинској и содној фабрици прикупио обиман материјал по том питању. Тај

материјал најме показује да примена промотора игра огромну улогу у низу тананих органских синтеза, на пример у синтези анилинских боја. Ствар је овде у томе да додавање промотора катализатору не само повећава његову каталитичну активност, него даје његовом дејству селективни карактер, извесну специфичност. Неоргански катализатор је обично универзалан и може да убрзава различите реакције. Додатком промотора, каталитичко дејство стиче специфичан карактер и тако добијени систем каталитички убрзава само одређени, доста узани круг хемских преображаја. То ствара велика преимућства у органској синтези.

Замислимо једну органску материју А, која се може претварати у материје В, С, D, итд. На приложеној схеми (сл. 14) су брзине преображаја претстављене радиус-векторима. Ми видимо у датом случају да је брзина претварања материје А у материју В седам пута већа но брзина претварања А у D. У материју С, А се претвара два пута брже но у материју D. Наведена схема јасно показује да ћемо по истеку одређеног времена, када ишчезне сва количина тела А, имати у мешавини 70% В, 20% С и 10% D. При датим условима, можемо рећи да смо добили приличну количину материје В, а сасвим малу количину материје D.



Сл. 14. Схема претварања материје А у материје В, С, D

Ако би у описаном случају почели да примењујемо каква било дејства која равномерно повећавају брзину свих реакција (на пример повишавање температуре или дејства неспецифичног катализатора), не би тиме ниуколико изменили узајамни однос добитака. Наиме добитак материје D био би као и раније слаб. Али ако употребимо такав катализатор који специфично делује и мњого пута (на пример неколико хиљада пута) убрзава реакцију претварања А у D, не утичући на брзину реакције А—В и А—С, добићемо сасвим други ефект; готово сва количина материје А ће се претворити у D, док ће В и С претстављати само незнатне примесе. Исто тако ако повећамо брзину реакције А—С, материја А ће се готово сасвим претворити у материју С. Ја сам имао прилике да посматрам оглед који је споља личио на мађионичарство. У два суда је сипана иста мешавина органских материја, затим је у један суд додан један специфичан катализатор, а у други суд други катализатор. Као резултат тога у првом суду се јављала црвена боја, а у другом плава. Катализатор са специфичним дејством упућивао је дакле ток хемиске реакције на једну или другу страну.

За живу, протоплазму веома је карактеристично да органске материје трпе у њој хемиске преображаје са изузетно великом брзином. Та је брзина толико велика да се тешко може мерити са оним што се збива ван живе ћелице. Ако би хемиске реакције текле и у протоплазми са истом брзином као и ван ње, живот са његовим полетним темпом био би уопште немогућ.

Способност протоплазме да необично повећава брзину хемиских преображаја, мора се схватити као једна од нај- карактеристичнијих особености живе супстанце. Та је способност толико упадљива и толико одваја живу супстанцу од околне материје, да је она до сразмерно недавног времена приписивана дејству „животне“ силе. Ми, разуме се, морамо одбацити такво виталистичко схватање те појаве. Она претставља само једну особеност организације живе материје, и савремени биохемиски подаци дозвољавају нам да се у детаљима снађемо у чему се управо та особеност састоји.

Кључ за разумевање такве форме организације даје нам учење о ферментима [23]. По томе учењу, узрок велике брзине реакција у живој протоплазми лежи у томе што у њој увек постоји велики број разноликих катализатора са специфичним дејством који су означени као ферменти. Без фермената нема живота. Ферменти претстављају неопходни саставни део живе супстанце, леже у основи њене организације. Ми не познајемо ниједно живо биће у коме не би било фермената. Они условљавају брзи ток свих најважнијих биохемиских реакција. „Кад не би било оксидационих фермената, — писао је Шенбајн, — организми би се угушили у океану чистог кисеоника као и у празном простору.“ И заиста, у свима оним случајевима када путем спољашњих дејстава отежавамо делатност фермената (на пример приликом сушења семена или при дубоком хлађењу организама), животни процеси бивају јако успорени и организам пада у анабиотичко стање; или се чак животни процеси сасвим заустављају, и тада наступа смрт.

Најважнија карактеристична особина свих фермената је њихово каталитичко дејство, способност да многоструко увећају брзину биохемиских реакција. У томе се састоји њихова функција у живој протоплазми. Треба напоменути да ферменти испуњавају ту функцију у ћелицама савремених организама до високог степена „савршенства“. Ферменти се одликују од свих осталих катализатора својом изузетном, управо поражавајућом снагом и високом специфичношћу свог дејства. Ми познајемо читав низ неорганичних и органичних материја које могу да изазивају, или тачније, да убрзавају оне исте реакције као и познати ферменти. Али у погледу снаге каталитичког дејства, ту не може бити никаквог

поређења. Тако, на пример, крвни пигмент-хемоглобин, катализује, слично ферменту пероксидази, оксидацију полифенола водониковим пероксидом. Али је по подацима Вилштетера, његов препарат пероксидазе располаже 30 хиљада пута већим каталитичким својствима него иста количина чистог кристализованог хемоглобина. Водоников јон хидролизује тршчани шећер исто онако као и фермент инвертаза. Али инвертаза квасца разлаже тршчани шећер, по Ајлеру, 10 милиона пута енергичније него неорганички катализатор, водоников јон. По Лангенбеку, метиламин (CH_3NH_2) располаже способношћу да катализује реакцију распадања пирогрожђане киселине на сирћетни алдехид и угљену киселину. Али је каталитичка активност фермента квасца, карбоксилазе, отприлике 30 милиона пута већа од активности метиламина. Јон гвожђа разлаже водоников пероксид на кисеоник и воду. Фермент каталаза има то исто дејство. Али док један мол гвожђа у неорганичком облику, за 1 секунд на 0° разложи 10^{-5} мола H_2O_2 , каталаза под истим условима и за исто време разложи 10^5 мола H_2O_2 тј. 10 милијарди пута више!

Исто је тако потребно подвући и изузетно велику специфичност ферментативног дејства. Дејство неорганичких катализатора је прилично универзално. Тако на пример, помоћу водониковог јона ми можемо подједнако да остваримо хидролизу тршчаног шећера, малтозе, скроба, беланчевине и других материја. Ферменти дејствују строго специфично, катализирајући само одређену реакцију, на пример раскидајући хидролитички везу између сасвим одређених атомских група и не дејствујући никако на друга, по свом карактеру, веома блиска једињења. Отуда ће једна органска материја, способна да претрпи низ хемиских промена, реаговати у присуству једног или другог фермента само у једном, строго одређеном правцу. Тако ће се, на пример, пирогрожђана киселина у присуству фермената карбоксилазе распасти на угљену киселину и ацеталдехид, док ће се у присуству специфичне оксиредуказе претворити у млечну киселину. И то је сасвим разумљиво пошто фермент, селективно повећавајући брзину једне реакције неколико милиона пута, сасвим искључује могућност других преображаја за које је способна дата органска материја.

Присуство или отсуство једног фермента може дакле да реши судбину неког хемиског једињења у протоплазми, да одреди пут којим ће тећи преображај тог једињења у живој супстанци. Благодарећи томе стварају се претпоставке за врло танано регулисање биохемиске реакције.

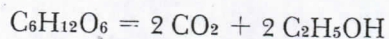
Жива протоплазма има према томе у ферментима изузетно савршен, и ако се може тако рећи, необично рационалан

инструмент за убрзање и управљање хемиских реакција што се одигравају у живој супстанци. При свој савршености наше технике, ми још нисмо успели да створимо такве моћне убрзаче, са тако специфичним дејством, каквима располаже жива природа.

Али ферменти не претстављају само првобитну, најпростију форму хемиске организације живе супстанце. Појединачна реакција коју катализује један или други фермент, узета сама за себе изоловано, не може још имати никакав одлучујући значај у унутрашњој хемиској економији протоплазме. Њен се значај испољава и одређује само кроз строгу координираност са свима осталим хемиским преображајима, само онда, кад је она карика у дугом ланцу хемиских преображаја живе супстанце.

Органска једињења која сусрећемо у живој протоплазми, врло ретко постају као резултат само једне реакције. Она се обично стварају благодарећи комбиновању низа хемиских промена што на одређен начин теку једна за другом. Исто тако и животне појаве као што су асимилација, превирање, дисање, растење итд., претстављају дуге ланце хемиских промена материје и преображаја енергије везаних са тим променама. Да би се те појаве оствариле, није довољно само то да се материје што улазе у састав протоплазме, измене великом брзином и на одређен начин. Неопходно је да поједине елементарне реакције које претстављају карике поменутих хемиских ланаца, буду строго координиране међ собом у времену: једна реакција мора сменити другу по одређеном поступном реду, пошто би свако нарушавање те доступности довело до корените измене читавог процеса као резултате.

Ову вишу форму организације живе супстанце можемо размотрити на примеру алкохолног врења. Као што смо већ видели, ова појава претставља дуги ланац узастопних хемиских реакција. Али поједине карике тог ланца, поједини елементарни преображаји толико су, добро, толико присно привезани један уз други да читав процес опажамо у целини као једноставно непосредно претварање шећера у угљену киселину и алкохол, по једначини Г е ј - Л и с а к а :



Чак и при веома брижљивим посматрањима не полази за руком да се приликом нормалног превирања шећера помоћу квасца открије ма какво нагомилавање неких прелазних продуката. Читав процес тече сасвим одређеним путем који не допушта никакве бочне огранке. У исти мах, превирање алкохола је у ћелицама квасца везано са читавим животним

процесом. Оно је извор енергије за тај процес и отуда стоји у најнепосреднијем односу са појавама растења, развића и размножавања ћелица. Организациона основа превирања је веома присно везана са општом организацијом протоплазме. То је у своје време допустио Л. П а с т е р у [24] да тврди да је „хемиски акт превирања појава која је у суштини везана са животним актом, која с њим почиње и с њим се зауставља; истинског алкохолног врења нема без истовремене организације, развића и размножавања ћелица, или већ створених ћелица које настављају живот“.

Ово тврђење је на прелазу XIX у XX век експериментално оповргао Е. Б у х н е р који је, примењујући притисак од 300 атмосфера, извукао из квасца сок способан да изазове превирање шећера и у отсуству живих ћелица. Е. Б у х н е р је сматрао да је на тај начин добио фермент врења који је означио као „зимаза“. Али се врло брзо показало да зимаза није индивидуални фермент него да претставља читав систем у коме учествују многи разнолики ферменти, коферменти и активатори. Зимаза према томе претставља форму организације вишега реда него што је то случај са индивидуалним ферментом. Њено издајање је отворило широк пут ка детаљном упознавању такве форме организације живе супстанце. С једне стране, таквим издвајањем зимазе могуће је ослободити процес превирања од свих осталих појава живота с којима је он везан у живој ћелици; с друге, приликом ванћеличног превирања лакше је раздрмати, разлабавити ону хармоничну везу која постоји међ појединим карикама и која не допушта да се ухвате поједине етапе процеса превирања шећера помоћу квасца. То ствара предуслове за изоловање појединих карика ланца и њихово детаљно проучавање.

Интензивно испитивање процеса превирања које је вршено у току последњих 40 година и дало у крајњој линији сјајне резултате, развијало се у два правца. С једне стране проучавање су поједине прелазне реакције што састављају реалне карике читавог ланца алкохолног превирања, с друге стране изведена је дубока конкретизација хемиске суштине тих реакција, објашњен конкретни хемиски механизам учешћа различитих ферментних система у појединим фазама читавог тог процеса.

Ми данас довољно тачно знамо из каквих се поступних реакција састоји процес алкохолног врења. Те су прелазне реакције врло многобројне. Схему алкохолног врења наведену на страни 110 нужно треба сматрати само као приближну, специјално донекле упростићену. У самој ствари она је још сложенија, са још више прелазних карика које су ради олакшице разумевања испуштене из схеме. У сагласности с тим стоји и велики број индивидуалних фермената или чи-

тавих ферментних комплекса који специфично катализују сваку прелазну реакцију. Означимо овде само основне групе тих фермената. То су пре свега фосфотазе које остварују фосфорилизацију шећера и дефосфорилизацију прелазних продуката превирања, или изазивају миграцију радикала фосфорне киселине у границама једног молекула (фосфоглицеромутаза). Долазе затим изомеразе, ферменти који омогућају узајамни прелаз кетонских и алдехидних група на ступњу фосфорних естра хексоза и триоза. Фермент алдолаза катализује повратну реакцију распадања и синтезе између хексозодифосфата и фосфотриоза. Централно место у процесу превирања заузимају оксидоредуказе које катализују оксидационо-редукционе реакције што се одигравају између фосфотриоза и између фосфотриозе и ацеталдехида. Најзад, треба још поменути фермент енлазу који претвара фосфорни естар глицеринске киселине у одговарајући дериват пирогрођане киселине, и карбоксилазу што разлаже пирогрођану киселину на угљену киселину и ацеталдехид [25].

Сваки од набројаних фермената заузима своје одговорно место у процесу превирања, претставља неопходни део читавог тог јединственог и врло целовитог организационог система. Могуће је путем специфичног тровања или удаљавања кофермента селективно инактивизирати какав било фермент. Али ће се тада одмах раскинути читав ланац, превирање ће се зауставити или јако пореметити.

Данас је већина фермената зимазног комплекса проучена веома детаљно. Многи су од њих издвојени и добијени у индивидуалном облику, утврђена је њихова хемиска природа, карактер дејства и зависност тог дејства од спољашњих услова. Али упоредо са тим аналитичким радом вршена је и синтеза: извођење не само појединачних реакција него и њихове укупности. За последње време је остварено, практично говорећи, извођење готово читавог процеса у целини помоћу вештачких система изграђених од изолованих фермената и кофермената. Ми смо на тај начин толико дубоко проникли у разумевање организације живе супстанце која лежи у основи превирања, да је чак можемо до извесног степена репродуковати.

Шта претставља та форма организације? У схеми, зимазна претставља одређену, строго правилну комбинацију фермената, биолошки комплекс у коме је сваки фермент неопходни саставни део целине. У томе комплексу нема неке просторне локализације или узајамне оријентације делова, никакве структуре. Овде се ферменти просто налазе у раствору, и организација читавог система се заснива на поступности у времену, са којом једна прелазна реакција смењује другу. Та је поступност, у ванћеличном превирању, условље-

на само тиме што за сваки прелазни продукт постоји у зимазном комплексу одговарајући специфични фермент који тај продукт води даље у сасвим одређеном правцу. Сви други преображаји тог продукта су искључени због тога што они теку, услед отсуства одговарајућих катализатора, несравњено спорије од реакције коју фермент убрзава.

На примеру ванћеличног превирања ми видимо дакле да се одређена поступност реакција, одређена организација размене материја може постићи и у отсуству било каквих чврстих преграда, или ожаца, који просторно деле једну реакцију од друге. И у хомогеној мешавини може материја да трпи низ поступних преображаја, али ту поступност није одређена тиме што та материја, из „једног одељења фабрике поступно прелази у друга“, него одређеним временским распоредом реакција, заснованим на узајамном односу њихових брзина.

Потребно је сада ипак истаћи да жива супстанца никако није проста мешавина, прост хомогени раствор различитих органских једињења, фермената, кофермената итд. Општа организација протоплазме је несравњено сложенија и савршенија од зимазног комплекса. Тај је комплекс само упрошћен модел, само извесна специјална форма организације коју ми вештачки изолујемо из живе супстанце ради тога да би је лакше изучили и схватили.

У раду зимазног комплекса и аналогних вештачки постављених система, карактеристична је пре свега квалитативна страна, присуство свих неопходних саставних делова комплекса. У живој протоплазми увек постоји не само одређени и за дату протоплазму карактеристични скуп фермената, него што је нарочито важно, и њихова количина, или тачније, њихова узајамна активност је строго регулисана.

Лако је разумети какав огроман значај има то тачно количинско регулисање ферментативне активности за гладак и координирани ток сложених комплексних процеса. Оно је нарочито важно онда када се један исти супстрат може подвргнути дејству неколико фермената и мењати, у зависности од тога, у једном или другом правцу. Извесне веома важне животне појаве не могу се уопште остварити без таквог строго количинског регулисања. Тако на пример, ја сам показао [26] да дисање биљне ћелије може да тече нормално само у случају када су процес оксидације хромогена у респирационе ферменте и обратна редукција пигмената у хромогене, необично тачно координирани међ собом, када се њихове брзине налазе у савршено одређеном узајамном количинском односу. Ако се не повећа сразмерно брзина оксидације, респираторни пигмент који се образује неће успети да се редукује, него ће се подвргавати даљој оксидацији уз

образовање циметно-мрке материје која није способна ни за какве даље хемиске преображаје. Услед тога ће готово сав хромоген да буде доведен у такво неактивно стање и процес дисања ће се зауставити. Посебно се тиме може да објасни парадоксална чињеница коју је утврдио још Пфефер, да се биљка може угушити ако се повећа парцијални притисак кисеоника у околној атмосфери. Исто се дешава и кад се биљна ћелија механички разруши, када се наруши узајамни однос активности оксидаза и оксидоредуказа.

У живој супстанци постоји већа разноврсност средстава помоћу којих протоплазма може да квантитативно регулише своју каталитичку делатност. Ту је, наравно, потребно пре свега поменути непосредну промену количине једног или другог фермента путем новог стварања или неповратног разрушавања. Упоредо с тим, могуће је у многим случајевима констативати прелаз фермената у неактивно стање и њихово обрнуто реактивирање. Велики значај има и постанак или ишчезавање различитих материја које специфично активирају, или обрнуто парализују, ометају ферментативно дејство [27]. Најзад, битна улога у регулисању ферментативне активности припада променама реакције средине, и оксидационо-редукционог потенцијала протоплазме [28].

Благодарећи дејству свих тих допунских „хемиских механизама“, најприсније везаних са физичко-хемиским стањем које се сваког тренутка ствара у живој супстанци, успостављају се врло тачни количински узајамни односи међ брзинама појединих ферментских реакција. Али ти узајамни односи могу врло јако да варирају не само у различитим организмима, него и у једној истој ћелији у разним периодима њеног постојања и у зависности од дејства различитих спољашњих и унутрашњих услова. Све то карактерише дату форму организације живе супстанце као веома покретну, гипку, али у исти мах и веома савршену.

Као што смо већ видели, протоплазма претставља сложен колоидни систем, интермицеларну супстанцу коацерватне природе, у којој се налазе кончасте колоидне мицеле и грубо дисперзне честице видљиве под микроскопом, течне капљице, и чврсти микрозоми или грануле. Ако ми на овај или онај начин, на пример механичким путем разрушимо тај систем, ми ћемо тиме грубо нарушити оно физичко-хемиско стање о коме смо говорили. Услед тога биће нарушен и количински узајамни однос у активности фермената, измениће се узајамни однос брзина појединих реакција и читав ток хемиских процеса, читава временска организација ће добити савршено други, измењени карактер.

Према томе, ако се првобитни простији облици организације живе супстанце могу у целини засновати на узајамним

односима процеса у времену, при прелазу на виши ступањ организације просторни односи, структура, већ добивају велики значај. У последње време, све се боље разјашњавају конкретни облици у којима се изражава утицај структуре на брзину и правац биохемиских процеса. Наиме, све се више нагомилавају чињенице које показују да су ферменти у живој протоплазми, који улазе у састав једног истог комплекса и претстављају такорећи делове једног истог хемиског механизма (на пример дисања, превирања итд.) на неки начин узајамно везани међ собом, на неки начин распоређени у простору у односу један према другом.

Тако је на пример К. Штерн [29], на основу својих огледа са ултрацентрифугирањем и електрофорезом показао да су сви ферменти респираторног комплекса очевидно сједињени, такорећи „монтирани“ на истом агрегату беланчевине или на некој крупној беланчевинастој честици.

Разумљиво је да та просторна локализација, узајамна оријентација фермената, у знатној мери доприноси глатком току сложених комплексних процеса. То се стварно и опажа кад се пореди карактер тих процеса у живој ћелији и у вештачки справљеним ферментским мешавинама. Тако на пример по Хасу, [30], цитохром се у живој ћелији, у току једног минута, 4 хиљаде пута подвргава оксидацији и обратной редукцији, док у раствору одговарајућих фермената претрпи поменуте преображаје свега 30 пута за исто време.

Чак се и процес алкохолног врења, који се, као што смо видели, може вршити и просто у раствору, одиграва у живој протоплазми са одређеном структуром много пута брже него што је то случај у Бухнеровом соку. Али што је главно, процес превирања иде у овом поледњем случају као слепим током. Овде се сва енергија која се ствара при разлагању шећера до угљене киселине и алкохола, губи, растура у облику топлоте, док се у живој ћелији, услед строге координације хемиских процеса један њен део искоришћује за изградњу живе супстанце. Исто тако и искоришћавање хемиске енергије од стране мишићног влакна код животиња зависи од тога да ли су извесни ферменти, који условљавају правилан ток гликолизе, везани са структурним материјалом самог мишићног влакна (В. Енгелхарт и М. Љубимова).

Упоредо с тим радовима, последњих година је било показано да структура протоплазме не само игра битну улогу у регулисању ферментативне активности [31], него и одређује правац ферментативног дејства. Још је Вант-Хоф указивао на то да ферменти, као и остали катализатори, морају да повећавају брзину повратних реакција не само у једном, него и у обрнутом правцу. Тако, на пример, хидролитички

ферменти морају не само да разлажу скроб, беланчевине итд., него и да синтетизују те материје из продуката распадања. То мишљење је експериментално потврдио Кр о ф т - Х и л и низ доцнијих аутора.

Међутим, у условима водених раствора и оних обичних концентрација материја са којима ми имамо посла, ферменти издвојени из живе ћелице дејствују поглавито у правцу хидролизе. Управо по брзини тог процеса ми обично и судимо о активности ферментских препарата. Ако на пример, додамо препарат фермента инвертазе издвојен из квасца, раствору тршчаног шећера, он ће се брзо и готово сасвим распасти на гликозу и фруктозу. Напротив у живим ћелицама, у ћелицама корена шећерне репе, тршчани шећер се веома енергично синтетизује из поменутих продуката распадања.

Испитивања вршена у мојој лабораторији (радови А. Курсанова, Б. Рубина, Н. Сисакјана и др. [32]) показала су да се та разлика у ферментном дејству заснива на томе што се ферменти у живој протоплазми налазе у два различита стања. Један део фермената је ту у раствору и делује исто онако као и раствор изолованог фермента, тј. у правцу разлагања. Други део фермената је везан, адсорбован на протоплазматичним структурама. Тај део катализује синтезу одговарајућих материја. Тако на пример, ако се раствор инвертазе квасца, који делује само у правцу хидролизе тршчаног шећера, унесе у живи лист биљке, он стиче способност синтезе шећера чим се веже за протоплазматичне структуре.

Према томе, само је под условом постојања одређених протоплазматичних структура, способних да адсорбују ферменте, могућа брза синтеза сложених органских материја што претстављају материјал за изградњу протоплазме. Узајамни однос између разлагања и синтезе ће се мењати у зависности од тога који се део фермента у једној живој ћелици налази у раствореном стању, а који у адсорбованом. Равнотежа ће се померити или на страну новог стварања сложених материја, или на страну њиховог разлагања, распадања. Како су показала наша испитивања, ти узајамни односи између синтезе и хидролизе се могу врло јако мењати под утицајем различитих дејстава. Али главни узрок који одређује овај или онај правац биохемских процеса, лежи у унутрашњој организацији једне протоплазматичне творевине, у присуству структура у њој, способних да на одређени начин адсорбују један или други фермент.

Какве су то структуре које могу да врше тако одлучујући утицај на брзину и правац биохемских процеса? Непосредна посматрања многих цитолога показују да такви центри ферментске адсорпције могу пре свега бити честице

грубе дисперзне фазе протоплазме: хондриозоми или митохондрије, грануле итд. Није према томе потребно измишљати некакве тајанствене живе структуре уколико их можемо непосредно сагледати под микроскопом.

У светлости тежњи да се у протоплазми обавезно открије некаква сложена конструкција слична машини, поменутих творевинама често није поклањана довољна пажња; али је још Р. Алтман [33] (1886) необично проницљиво разматрао изузетно важну улогу, коју оне играју у организацији живе супстанце. У својој књизи „Studien über die Zelle“ („Проучавања ћелице“) Алтман врло убедљиво доказује да синтетички процеси, како у биљним тако и у животињским ћелицама, нису дифузно растуруени по читавој протоплазми него су везани за одређене структурне творевине које је он назвао гранулама. Доцније је Т. Левицки [34] потврдио ту мисао и показао да су и саме митохондрије, као и пластиде биљака које су у суштини модификоване митохондрије, прилагођене на вршење специфичних биохемских функција: синтезе пигмента, скроба, масти, беланчевине и других материја. То схватање локализације синтетичких процеса на формираним елементима протоплазме заступао је и А. Гијермон [35] на основу својих посматрања над митохондријама. Доцније је Е. Мак Бридл [36], на основу брижљиве ревизије постојећих чињеница и схватања у томе погледу, поново потврдио синтетичке функције пластида и митохондрија.

Од нарочитог су интереса са тог гледишта огледи и посматрања које је Е. Хорнинг [37] вршио на синтези и распадању беланчевина и сложених угљених хидрата у ћелицама инфузорија и виших биљака. Та посматрања показују да се синтеза поменутих материја врши у непосредној вези с митохондријама, док се напротив приликом хидролизе митохондрије делимично растварају и на тај начин ослобађају у себи везане ферменте који делују, хидролитички кад пређу у раствор.

Као што је већ напоменуто, митохондрије претстављају течне творевине беланчевинасто-липоидне природе. Услед високог садржаја липоида, оне су од остале масе протоплазме одвојене јасно израженим површинама. Те површине стварају услове за локализацију фермената и за одговарајуће регулисање биохемских реакција. У последње време има све више чињеница које показују да адсорпција фермената од стране митохондрија и других формираних елемената протоплазме, може да носи селективни карактер. Услед тога се различити ферменти могу просторно да локализују на различитим тачкама живе супстанце.

Упоредо с том очевидном улогом која се може непосредно утврдити за грубо дисперзну фазу протоплазме, могуће је претпоставити да ни мицеларна фаза не остаје без учешћа у регулисању биохемиских процеса. У тој фази, кончасте колоидне мицеле погружене у основну, интрамицеларну, протоплазматичну средину, располажу још већом укупном површином него грубо дисперзне честице и отуда њихов утицај на брзину и правац биохемиских реакција мора бити још знатнији. Али у том погледу не располажемо поузданим чињеничним материјалом.

Треба напоменути да је и само стање тих честица у протоплазми у извесном погледу загонетно. Услед међудејства остатака аминокиселина (бочних низова) молекула беланчевине у воденом раствору не може бити претстављен у облику развијеног конца. Он се нужно мора правилно савити у клупче. Само приликом денатурисања може природна растворљива беланчевина да пређе у ново стање у коме се помоћу нарочитих поступака може доказати присуство развијених низова [38]. Д. Талмуд [39] доводи ту појаву у везу са рацемизацијом остатака аминокиселина, пошто се приликом образовања различитих оптичких конфигурација тих остатака нарушава њихово правилно међудејство, и само клупче се мора размотати. Али се при томе губи хидрофилност беланчевине и она се тада обично издваја у виду талога. Исту појаву развијања полипептидних низова и претварање глобуларних беланчевина у кончасте посматрао је Ј. Ленгмир [13] приликом образовања монослојева на граници између воде и ваздуха. То се остварује благодарећи силама што дејствују на површини. При томе остају хидрофилни делови полипептидних низова у додиру са водом, а хидрофобни излазе на површину границе ваздух—вода. Према томе, читав монослој претставља врсту мреже која плива на површини воде благодарећи пловцима (хидрофобним групама) распореденим на њеној површини. Али под тим условима беланчевине губе своју растворљивост и делимично се денатуришу.

У живој протоплазми имамо не глобуле него дуге кончасте мицеле. Али те мицеле у исти мах имају јасно изражен хидрофилни карактер, пошто су, оне по А. Гијермону [12], невидљиве на ултрамикроскопу чак и уз примену кардиоидног кондензора. Али чим услед каквог узрока започне изумирање протоплазме, те мицеле одмах стичу хидрофобни карактер, карактер денатурисаних беланчевина. Услед тога се под ултрамикроскопом најпре запажа дифузно просветљавање протоплазме, па затим и издвајање беланчевинастог талога.

Из овога јасно излази да се честице беланчевине што састављају мицеларну фазу протоплазме, налазе ту не у оном

мирном стању у коме се оне налазе у простом воденом раствору, него у стању одређеног напона, које се може одржати само сталним придоласком енергије.

То стање „напона“ протоплазматичних беланчевина потврђено је читавим низом чињеница и посматрања. Специјално су у овом погледу од великог интереса испитивања Ф. Влеа и Н. Жекса [40]. Сви су аутори испитивали на јајима морског жежа апсорпцију различитих спектралних области ултравислетне светлости. Добијена кривуља апсорпције нимало не одговара кривуљи коју дају раствори беланчевина, иако ти раствори чине велики део материје протоплазме. После нарушавања јаја и изумирања протоплазме, спектар се оштро мења и кривуља апсорпције тако добијеног материјала готово сасвим одговара кривуљи раствора албумина. Ови огледи врло јасно указују на постојање нарочитог физичко-хемишког стања беланчевина у живој протоплазми.

В. Лепешкин објашњава то стање претпоставком да се беланчевине у протоплазми налазе не у слободном облику, него у једињењу с липоидима, у облику раније поменутих витаида, који могу постојати само уз стално притицање енергије. Према томе, беланчевине се у протоплазми такорећи „насилно“ одржавају у раствороном стању, помоћу своје везе са липоидима.

Лепешкин [41] види доказ овога специјално у томе што наркотици изазивају коагулацију протоплазме при далеко слабијим концентрацијама него што је то потребно за коагулацију обичних раствора беланчевина. При томе, уколико је наркотик више растворљив у липоидима, утолико он брже изазива коагулацију протоплазматичних беланчевина, јер брже одузима липоиде од њих.

Могуће је, разуме се, претпоставити и читав низ других узрока услед којих се беланчевине мицеларне фазе протоплазме налазе у развијеном кончастом стању. Али је несумњиво да то стање „напона“ ствара широке предуслове за већу покретност читавог организационог система у целини, за изузетну лабилност живе супстанце која је сваком добро позната и која толико отежава изучавање те форме организације материје.

Као што је већ напоменуто, основна интермицеларна супстанца протоплазме претставља, са становишта колоидне хемије, комплексни коацерват. Али се чак и у релативно простим, вештачки добијеним коацерватима јављају под одређеним условима директивне силе, благодарећи чијем дејству честице коацервата стичу извесну узајамну оријентацију. Та оријентација, та структура је јако ефемерна, покретна. Она се одржава само дотле док дејствују одређене директивне силе.

По аналогiji са тим вештачким системима, могуће је претпоставити да и у основној интрамицеларној маси протоплазме постоји слична структура. Само је овде извор енергије, неопходне за одржавање тих структура, претстављен егзотермичним реакцијама које се у непрекидном низу одигравају у самој протоплазми. За такву претпоставку говори низ чињеница добијених у последње време. Ово становиште специјално заступају на основу својих података Тамија [42], Пех [43] и други истраживачи који тврде да се енергија неопходна за одржавање структуре добија као резултат оксидационих процеса. Е. Бининг [44], у свом опсежном прегледу, такође подвлачи неопходност непрекидног добијања енергије за одржавање одређене структуре живе супстанце. Смрт прекраћује стварање енергије; заједно с тим се губи и покретна структура својствена протоплазми.

Према томе, могуће је претпоставити у живој супстанци, покрај непосредно видљиве структуре коју претставља грубо дисперзна фаза протоплазме, још и тананије, покретније структуре у облику развијених кончастих мицела беланчевине, и извесне покретне оријентације честица интермицеларне супстанце. Та структура мора располагати огромном укупном површином, и у томе, како нама изгледа, лежи њен основни значај за размену материја, за организацију протоплазме. Кончасте мицеле се могу, разуме се, под одређеним условима и у одређеним деловима протоплазме, спојити међусобом у мрежу, или се на други начин некако правилно оријентисати једна према другој. Али постанак таквих творевина има више механички него хемиски значај. То се стварно и запажа у мишићним влакнима, у контрактилним бичевима итд. За регулисање биохемиских процеса, огроман значај могу имати и кончасте мицеле и друге сличне колоидне творевине слободно погружене у основној протоплазматичној средини, пошто то ствара услове за адсорпцију фермената и за просторну локализацију осталих активно делујућих материја.

Резимирајући све што је речено, морамо подвући велику сложеност и разноликост фактора који одређују временску организацију живе супстанце, оних узрока, услед којих се хемиске реакције не врше како било, хаотично, него по строгој поступности, у одређеној узајамној повезаности карактеристичној за један живи објект. Разуме се, у основи читаве појаве леже хемиске особине једињења која улазе у састав живе супстанце, чине његову материјалну базу. Велика разноликост тих једињења и њихова изузетна реакционна способност крију у себи могућност безбројних хемиских преображаја и промена. Али ако би ми направили раствор или вештачку мешавину тих једињења, они ни у најмањој мери

не би произвели појаве које видимо у живој супстанци, пошто у њима не би било организације о којој је реч. Ми би ту имали само огроман број појединих реакција хаотично изукрштаних међу собом и неповезаних у какве правилне и постојане ланце.

У томе широком пољу хемиских могућности у живој протоплазми, већ су постављени одређени путеви биохемиских процеса, читав низ „рационално изграђених путева“ по којима са огромном брзином и „по строго примењеном нацрту“ непрекидно тече хемиски преображај материје и с њим везано претварање енергије. Тај савршени поредак, у чијој основи лежи одређен узајамни однос брзина појединих реакција, регулисан је у живој супстанци читавим низом фактора: присуством одређеног скупа фермената, њиховим количинским односима, физичко-хемиским стањем које се ствара у протоплазми, њеним коллоидним особинама и најзад, њеном структуром која одређује локализацију хемиски и биолошки активних једињења и комплекса, и правац биохемиских процеса. Све то скупа узето и чини оно што означавамо као организацију живе супстанце.

Окренимо сада медаљу и размотримо питање са друге стране. Видели смо шта одређује извесну постојану поступност, међусобну повезаност биохемиских реакција, извесну временску организацију живе супстанце. Размотримо сада шта проистиче из те организације, какве биолошке појаве она проузрокује.

Почнимо најпре са образовањем органских материја које постају у живој протоплазми као последица синтетичких реакција што се ту одигравају. Видели смо у петој глави да се егзотермичне синтезе могу успешно вршити и у простом раствору органских материја и у отсуству ма какве строге временске организације. Али се синтетички процеси што се одигравају у живој супстанци разликују од поменутих неорганизованих синтеза најпре савршеним искоришћавањем енергије, високим коефицијентом корисног дејства, а затим тиме што се услед тога стварају не случајне, више или мање разнолике материје него једињења која располажу сасвим одређеном грађом, карактеристичном за дату протоплазму. Та се грађа сасвим тачно репродукује приликом растења живе супстанце. Она се предаје с једне ћелице на другу, од родитеља потомству, остајући постојана у дугом низу поколења.

Веза између организованости биохемиских процеса и коефицијента искоришћавања енергије довољно је јасна и њу констатују сви аутори који се баве тим питањем [45]. При слабо координираним раздвојеним реакцијама, знатна количина енергије која се ствара успева да се растури у виду

топлоте и на тај начин се бесциљно губи, не може бити искоришћена за синтезу живе супстанце. Напротив, са строгом координацијом брзина појединих реакција, кад су оне тачно прибијене једна уз другу, поменути губици енергије битно су спречени. Ако је на пример у повезаном оксидационо-редукционом процесу узајамни однос брзина такав да доводи до редукције и до синтезе одређених материја (на пример аминокиселина), то ствара довољно високи коефицијент искоришћавања енергије. Са релативно малим утрошком органских материја које служе као извор хране, овде долази до знатног растења живе супстанце. Напротив, у другим случајевима, као на пример у релативно слабо организованом превирању маслене киселине, реакције редукције се врше толико споро да знатан део водоника који се ослобађа при оксидационо-редукционом процесу, успева да пређе у молекуларни гас и да се у таквом облику ослободи и оде у спољашњу средину. При томе је степен искоришћавања енергије полазних угљеникових једињења тако мали, а губици тако велики, да се само сасвим незнатни делови материјала што превире претвара у живу супстанцу бактерија. Могуће је навести читав низ таквих примера. Упоредно проучавање размене материја код различитих организама убедљиво показује да је рационално искоришћавање хемиске енергије од стране једног организма пре свега одређено ступњем временске организације протоплазме, одређеном координираношћу и поступношћу биохемиских реакција [46].

Нешто сложеније стоји ствар са способношћу протоплазме да тачно репродукује одређена једињења што улазе у састав живе супстанце. Врло се често то репродуковање посматра као резултат искључиво просторних односа, као резултат додавања нових асимилираних атомских група на већ готове молекуларне костуре [47].

Ту је мисао нарочито јасно развио Н. Кољцов [48], који сматра да је постанак одређених беланчевинастих једињења, хлорофила, и чак антоцијана и других сличних једињења у живој ћелици, сасвим сличан растењу кристала и присуству готових кристалних решетки. Он се врши благодарно томе што у живој ћелици већ постоје, у готовом облику, одговарајући молекули који тачно служе као шаблони, на које се слажу нове атомске групе. Резултат тога су материје које по својој унутрашњој молекуларној структури тачно репродукују она једињења која су им послужила као шаблони.

Међутим, ако би такво тачно репродуковање сложених органских материја зависило само од просторне конфигурације појединих молекула, тј. ако би имало чисто хеми-

ски карактер и не би било везано са организацијом живе супстанце, ми би се с њим сусретали на сваком кораку, и ван живе ћелице. Довољно би било само унети издвојени антоцијан у чистом облику, или другу сличну материју, у одговарајућу мешавину органских материја, па да би се молекул одмах морао почети размножавати путем наслагања на готове шаблоне одговарајућих атомских група. Али, као што знамо, то се стварно никад не догађа.

Јединствен случај саморепродукције органске материје претставља размножавање нуклеопротеида вируса мозаика дувана. Али је тај случај толико изузетан, толико необичан за неживу супстанцу да чак и данас многи истраживачи, без обзира на многе хемиске анализе и одређивања величине честица, одбијају да сматрају вирус као одређено хемиско једињење него виде у њему живо биће. Може се јако сумњати у исправност овог последњег тврђења, али оно показује колико је описана репродукција карактеристична за живу супстанцу, колико је она везана за организацију протоплазме.

У вези с тим треба овде напоменути да размножавање вируса мозаика дувана никада није посматрано у вештачкој мешавини, у растворима каквих било органских материја. Чак се и свеже припремљена каша из растрвених листова дувана показала непогодна за ту сврху. Размножавање вируса је могуће само у живој ћелици, на основи размене материја која се ту врши. Довољно је само нарушити ту размену па да се образовање вируса одмах заустави. Према томе, овде нема простог слагања атомских група на готове молекуларне шаблоне. И овде је појава репродукције најприсније везана са биохемиским процесима.

Многобројне чињенице из области биолошких синтеза које данас стоје на расположењу, нимало не потврђују поменуте, спекулативно утврђене перспективе о стварању одређених једињења карактеристичних за један организам, путем наслагања нових атомских група на већ постојеће молекуле у протоплазми. Напротив, све указује на то да та једињења постају као резултат одређене поступности биохемиских реакција. Тако на пример, маслена киселина се образује у одређеним врстама бактерија не зато што је она ту претходно постојала, него зато што после образовања ацеталдехида долази реакција алдолне кондензације и затим реакција „унутрашњег Каницарс“. Ако би наместо кондензације дошла редукција ацеталдехида, ми би добили етилалкохол, као што је то случај при алкохолном врењу. Међуђући узастопни ред реакција у алкохолном врењу, ми можемо добити сирћетну киселину или чак глицерин. На принципима одређене поступности реакција заснивају се и синте-

зе високомолекуларних масних киселина, аминокиселина и читавог низа других познатих једињења.

Како су показала хемиска испитивања Р. Робинсона [49] и биолошки радови Р. Скот-Монкрифа [50], раније поменути антоцијани, тј. доста сложене органске материје које условљавају боју цвећа, постају овде такође као резултат одређене поступности биохемиских реакција. У синтези тих једињења узимају учешће и алдолна кондензација, и низ редукционих и оксидационих реакција, метилирање и ацетирање, и најзад, разнолике гликозидне промене. У зависности од овакве или онакве поступности тих реакција, у зависности од тога која од поменутих реакција превазилази брзином другу, добиће се у круницама цветова различити деривати флавона и антоцијана. Одређена комбинација тих материја управо и даје круницама одређену боју.

Исто се тако, према подацима В. Нилова [51] образовање разноликих терпена у биљкама са етарским уљима врши као резултат реакција полимеризације, хидратације, оксидације и циклизације, које се узастопно смењују. Синтезу једног терпена у одређеној биљци Нилов објашњава тиме што у тој синтези узимају учешће само сасвим одређене реакције. Тако на пример, код босиљка № 49 ствара се алифатични терпен, линалол, зато што ту за реакцијом полимеризације долази хидратација. Напротив, у камфорном босиљку постаје камфор, пошто се овде, покрај реакције полимеризације, врши и циклизација терпеновог молекула. У етерском уљу првог поколења добијеног укрштавањем ове две врсте босиљка могуће је констатовати нову материју, борнеол, која није постојала ни у једном ни у другом родитељу. Нилов то објашњава тиме што су се овде већ комбиновале међ собом реакције полимеризације, хидратације и циклизације.

Читав низ других радова, како хемиског, тако и биолошког карактера, показује да се и синтеза танинских материја, алкалоида и других сличних једињења заснива на одређеној поступности, одређеној саглашености биохемиских реакција у једном или другом живом објекту. Али је за нас, разуме се, од нарочитог интереса синтеза беланчевина.

С обзиром на различити број, различите међусобне одnose и поступност остатака аминокиселина у полипептидном ланцу, могуће је теориски замислити безгранични број варијација беланчевина. Често је чак исказивано мишљење да је за сваку животињску или биљну јединку карактеристична нарочита, њој својствена беланчевина. Међутим је у ствари нађено да у природи постоји само ограничен број поменутих варијација. Конкретне беланчевине које можемо издвојити из савремених организама, не претстављају слу-

чајне комбинације остатака аминокиселина; оне су, такође, саграђене по одређеном плану.

Тај се план своди, пре свега, на то да су остаци аминокиселина размештени у полипептидном низу тако да се сваки остатак понавља у одређеном интервалу, тј. има одређену честоћу. „Према томе, — пише М. Бергман [52], — живи организам нема потребе за синтезом безграничног броја беланчевина, чије постојање предвиђа пептидна теорија у свом првобитном облику, него врши очевидно синтезу само оних беланчевина које одговарају раније поменути бројним законитостима и структури заснованој на честоћама смењивања остатака аминокиселина“.

Као пример који илуструје то схватање може се навести глобин крви говечета, поменут већ у петој глави. По Бергману, молекула те беланчевине се састоји из 576 остатака различитих аминокиселина (специјално лизина, аргинина, аспарагинске и глутаминске киселине, тирозина, пролина, хистидина и цистеина). Ти се остаци понављају у полипептидном низу глобина са одређеном честоћом, и по одређеној поступности. Глобини добијени из крви других сисара, разликују се на овај или онај начин од глобина крви говечета по своме аминокиселинском саставу и грађи. Али у крви говечета, као и у крви сваке друге животиње, стално налазимо једну исту беланчевину карактеристичну за дату врсту, специфичну по свом саставу и особинама. На тај се начин с поколења на поколење непрекидно поново врши синтеза истог, веома сложено саграђеног високомолекуларног једињења.

Шта лежи у основи те појаве? Бергман је то питање подвргао детаљној експерименталној обради. На основу својих огледа са протеолитичким ферментима, он долази до уверења да синтеза молекула беланчевине претставља дуги ланац узастопних реакција, процес који се у крајњој линији састоји из стотина простијих етапа које се на одређен начин узајамно смењују. Благодаречи строгој специфичности протеолитичких фермената, ствара се такав узајамни однос брзина појединих синтетичких реакција, такав ритам процеса да се на једном ступњу синтезе припаја на пример глицин, на следећем аланин, затим глицин, тирозин, аланин итд. Свака етапа синтезе мења размере и структуру зачетка молекула беланчевине који се образује, и истовремено се од ступња до ступња мења и природа припаданих аминокиселина.

„Према поменутом схватању, — пише Бергман, — високо организована структура молекула беланчевине претставља резултат читавог низа реакција од којих је свака релативно проста, али претставља самосталну етапу. Бла-

годарећи способности протеина да остваре пуну поступност реакција у сасвим одређеном поретку, образује се одређена структура дате беланчевине“.

Разуме се да и извесна оријентираност молекула може, како то исправно указује А. Шмук [53], да утиче на ток синтезе беланчевина. Али се и у том случају питање никако не може свести на просто „фабриковање“ молекула. Питање овде није у томе да се молекули, чак и у случају кад располажу довољном енергијом активације, не подвргавају реакцији при сваком сусрету. То се објашњава тиме да од свих сусрета, чак и енергетски обезбеђених, бива захваћен реакцијом само онај део којим су молекули у сусрету били ња одговарајући начин оријентирани. Отуда се укупна брзина реакција може, при одређеној оријентацији молекула, знатно повећати. То посебно има велики значај за високомолекуларна једињења. Али се и у том случају, као што видимо, ствар у крајњем резултату своди на промену узајамног односа брзина појединих реакција. Могуће је претпоставити да нешто аналого лежи и специјално у основи размножавања дуванског вируса у живој биљној ћелији, где вирус само мења узајамни однос брзина биохемских реакција које се ту и без њега одигравају.

Приближно до истих закључака до којих је дошао Берман на основу својих хемских испитивања, долази и Р. Голдшмит [54], искористивши огроман скупљени биолошки материјал у ту сврху. По Голдшмиту, способност организама која се наслеђем преноси, да синтетизују одређене материје, остварује се благодарећи томе што хемске реакције ту увек теку са одређеном брзином и интензивношћу. Говорећи посебно о доминантности и рецесивности овог или оног карактера, он указује на то да те појаве зависе од узајамног односа брзина процеса или реакција у једном организму „Трку добија најбржа реакција“, — каже он. Према томе, ако се на пример у првој генерацији, добијеној укрштањем два различита родитеља, створио такав узајамни однос фактора да одређена реакција превазилази брзином све остале, она ће и одредити доминацију једног или другог карактера. Отуда Голдшмит придаје врло велики значај квантитативном односу фермената у једном живом објекту и сматра да приликом мутација долази до одлучног померања управо тих односа. Разуме се (како то сасвим јасно подвлачи и сам Голдшмит), овде појам о количини фермената треба узети не у уском смислу, него узети у обзир и све остале многобројне факторе који утичу на брзину и правац биохемских реакција и о којима је већ било говора.

Према томе, све чињенице, како хемске тако и биолошке којима данас располажемо, доводе до закључка да способност протоплазме за тачну репродукцију одређених хемских једињења што улазе у састав живе супстанце, почива на временској организацији, карактеристичној за њу. Управо благодарећи томе да хемске реакције у живој супстанци не теку без реда, „како било“, него по строгој поступности, долази до стварања једињења која имају сасвим одређену грађу што се непрекидно понавља при размножавању живе супстанце. Појава једне или друге материје у протоплазми у растењу, антоцијана, хлорофила или беланчевине сасвим одређене грађе, није резултат тога што су се негде, у неком делу протоплазме (било то хромозом, митохондрија или шта било слично томе) већ налазили готови обрасци баш таквих молекула. Не, појава таквих материја одражава строго одређену поступност, својствену само датој протоплазми. Отуда ту нема „саморепродукције“ молекула у ужем смислу речи, нема њиховог „размножавања“, него само строго постојаног новог стварања. Поступност реакције која лежи у основи тог новог стварања, не зависи ни од каквог појединачног фактора, него од присуства одређеног скупа фермената у протоплазми, и од њихове количине, и од физичко-хемског стања, и од структуре итд.; она одражава собом читаву организацију дате протоплазме у њеној целокупности. Појава строго одређених и само датој протоплазми својствених једињења, претставља закључак из читаве њене организације резултат међусобно укрштених утицаја свих поменутих разноликих фактора.

Али стварање одређених хемских једињења одмах ствара предуслове за појаву одређеног физичко-хемског стања у протоплазми. Данас се једва може сумњати у то да протоплазма претставља необично сложен систем разноликих материја. Д. Рубинштајн [55], анализирајући низ примера убедљиво показује да се читав низ физичко-хемских особина протоплазме, као што су на пример топлотна регулација, површинска преципитација, пропустљивост, електрична својства итд., не може објаснити са гледишта особина ма које било од материја што улазе у састав протоплазме. Те особине су резултат комбинације и међудејстава различитих материја из којих је протоплазма саграђена. Свака од тих материја, посебно узета, може бити сасвим безживотна. Али свака од њих врши ово или оно дејство на физичко-хемско стање читавог комплекса.

Тако на пример, стварање органских киселина може да измени концентрацију водоничних јона. Образовање глутатиона, аскорбинске киселине мења оксидационо-редукциони потенцијал итд. Али нарочито велики значај има ства-

рање високомолекуларних једињења, пре свега беланчеви-на и липоида, јер те материје условљавају колиодно стање протоплазме.

Непосредна последица стварања тих једињења је, како смо већ видели у претходној глави, постанак више или мање значајних асоцијација, читавих молекуларних ро-јева, а затим и комплексних коацервата са њиховом одре-ђеном, иако покретном структуром.

Следећа етапа на путу постепеног развијања помену-тих појава је постанак већ видљивих морфолошких творе-вина, који се јавља као резултат издвајања јако агрего-ваних материја из опште масе протоплазме. Ту је појаву врло лепо анализирао А. Кизел [19] на примеру посте-пеног компликовања и агреговања једровога материјала. Пр-вобитно долази образовање и нагомилавање сразмерно сла-бо агреговане цитоплазматичне (или такозване квасне) ну-клеинске киселине. Затим се врши преформирање те ки-селине у тимонуклеинску, при чему постају све сложеније високомолекуларне модификације. У крајњем резултату, то доводи до нарушавања растворљивости и до издвајања једровога материјала. А. Кизел тим поводом пише:

„Хемиска појава новог стварања нуклеинских киселина, — најпре цитоплазматичне па затим једрове, — доводи до нарушавања постојеће физичко-хемиске равнотеже у про-топлазми, за којим долази већ изванредно механички процес што доводи до сложене морфолошке појаве деобе“.

А на другом месту он указује на то да су „директивни фактор најпре хемиски процеси, за којима долазе процеси физичко-хемиског реда, и који се најзад завршавају мор-фолошким појавама“.

И тако дакле видимо како одређена поступност биохе-миских реакција, одређена временска организација дате протоплазме изазива појаву карактеристичних једињења, одређених физичко-хемиских односа и морфолошке струк-туре. Али све те појаве, — одређени састав протоплазме, грађа и материја што улазе у њен састав, колоидне особине и структура, — кад су једном настале, почињу да иступа-ју као фактори који одређују брзину, правац и узајамну повезаност биохемиских реакција што се одигравају у про-топлазми. На тај начин добијамо изванредно савршени, ко-ординирани комплекс читаве организације живе супстанце који се узајамно прожима. Питање шта је у томе комплек-су пре постало, — одређена поступност у времену или одре-ђен распоред делова у простору, — има исти схоластички карактер као и питање шта је пре постало: кокош или јаје. Постанак и развитак и једне и друге стране организације живе супстанце ишли су заједно у општој еволуцији мате-

рије. Наш се задатак састоји у томе да објаснимо на осно-ву каквих законитости се остваривала та еволуција која је на крају крајева довела до постанка најпре најпростијих, а затим све сложеније организованих живих бића.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. E. Brücke. Die Elementarorganismen, Sitzungsber. d. Akad. d. Wissenschaft. Wien, 44, II, 381. 1861.
2. Л. Иост. Лекции по физиологии растений, 2-е изд. 1907. Русс. пер. изд. Саблина, Москва. 1912.
3. J. Reinke u. Rodewald. Unters. aus d. botan. Laborat. Göttingen, 2, 1, 1331; J. Reinke. Studien über d. Protoplasma. 1881.
4. A. Kiesel. Zeitsch. f. physiol. Chemie, 150, 102, 1925; 173, 169. 1928. Planta, 2, 41. 1925; Protoplasma, 6, 332. 1929; Chemie des Protoplasmas. 1930.
5. A. Fischer. Fixierung. Färbung u. Bau des Protoplasmas. Jena. 1899.
6. O. Bütschli. Untersuchungen über mikroskopische Schäume und Protoplasma. Leipzig. 1892.
7. F. Hofmeister. Die chemische Organisation der Zelle. Braunschweig. 1931.
8. E. Wilson. Amer. Naturalist, 60. 1926.
9. J. Speck. Kolloid-Z, 46. 314. 1928.
10. L. Heilbrunn. Amer. Naturalist, 60, 143. 1926.
11. W. Lepeschkin. Kolloidchemie des Protoplasmas, 2. Auflage, Leipzig, 1938.
12. A. Guilliermond. Protoplasma, 16, 454. 1932.
13. J. Langmuir a. V. Schaefer. Chem Rev 24, 207. 1939.
14. A. Frey-Wyssling. Ber d. d. bot. Ges. 55, 119. 1937; Chron. Botan. 4, 27. 1938.
15. H. Bungenberg-de-Yong. Protoplasma, 15, 110. 1932.
16. Н. Кольцов. Организация клетки. Биомедгиз. 1936.
17. Н. Кольцов. Биологический журнал, 7, 3. 1938.
18. А. Кизель. Химия протоплазмы. Изд. Акад. Наук. 1940.
19. А. Кизель. Успехи современной биологии, II, 1. 1939.
20. P. Levene a. Tipson. J. Biol. Chem. 109, 1935.
21. J. Brachet. Bull. Soc. de Chimie Biol. 18. 1936; Mem. Hist. natur. Belg. 2. 1936.
22. А. Белозерский. Микробиология, 8, 504. 1939.
23. C. Oppenheimer. Die Fermente und ihre Wirkungen. Leipzig 1925—1929.
- Th. Bergin. Kurzes Lehrbuch der Enzymologie. Leipzig. 1938.
- „Ферменты“, сб. статей. Изд. Акад. Наук. 1940
24. L. Pasteur. C. R. Ac. des sciences, 80, 452. 1867 (в. такође O e u v r e s d e P a s t e u r réunies par Pasteur Vallery-Radot, 2, 430).
25. В. Энгельгардт. Микробиология, 8, 324. 1939.
26. А. Опарин. Biochem. Zeit 182, 155. 1927.
27. А. Браунштейн. Механизм ферментативного катализа (чланак у зборнику „Ферменты“, изд. Акад. Наук. 1940).
28. W. Grassman. Erg. d. Enzymforsch. 1, 129. 1932.

29. Kurt Stern. Annals of the New York Acad. of Sciences, 39, 147—186 1939.
30. Naas. Naturwissen. 22 207. 1934.
31. A. Oparin. Erg. d. Enzymforsch. 3, 57. 1934.
32. А. Опарин, ИАН СССР, сер. биол., № 6, 1733. 1937.
- А. Курсанов. Обратное действие ферментов в живой растительной клетке. Изд. Акад. Наук, 1940.
- П. Сисакян. Биохимическая характеристика засухоустойчивости. Изд. Акад. Наук СССР, 1940.
- Б. Рубин. Успехи биохимии. Изд. Акад. Наук СССР. 1940.
33. R. Altmann. Studien über die Zelle. 1886.
34. Г. Левитский. Ber. bot. Ges. 28. 1910.
35. A. Guillemond. C. R. Soc. Biol. 85, 466. 1921.
36. E. Macbride. Recent Advances in Microscopy. Philadelphia. 1931.
37. E. Horning. Erg. d. Enzymforsch. 2, 336. 1933.
38. W. Astbury. Biochem. J., 29, 2351. 1935.
39. Д. Талмуд. ДАН СССР, 25, 484. 1939.
40. F. Vlès et M. Gex. Arch. phys. biol. 6, 255. 1928; 11, 1. 1934
41. В. Лепешкин. Ber. d. d. bot. Ges. 29, 349, 1911; Protoplasma 34, 161. 1940
42. Н. Тамия. Acta phytochim. (Tokio), 6, 285. 1932.
43. К. Раеш. Planta, 24, 529. 1935.
44. E. Büpping. Fortsch d. Bot 7, 159. 1938.
45. Н. Euler. Erg. d. Enzymforsch. 3, 135. 1934.
- Р. Вюрмзер. Биологическое окисление и восстановление. ОНТ, 1935.
- О. Meyerhof. Erg. d. Enzymforsch. 4, 208, 1935. Die chemischen Vorgänge im Muskel. Berlin. 1930.
- A. Szent-Györgyi. Bullet. d. la Société de Chimie biolog. 20, 846, 1938.
46. В. Таусон. Микробиология, 8, 787, 1043. 1939.
47. D. Wrinch. „Nature“, 22/XII, 1934; 10/X, 651. 1936.
48. Н. Кольцов. Организация клетки, ст. 634, 638. Биомедгиз. 1936.
49. R. Robinson. „Nature“, 137, 172. 1936.
50. R. Scott-Moncrieff, Erg. d. Enzymforsch. 8, 277. 1939.
51. В. Нилов. ИАН СССР, сер. биол., № 6, 1709. 1937.
52. М. Бергман. Успехи химии, 8, 439. 1939.
53. А. Шмук. ДАН СССР, 22, 343. 1939.
54. R. Goldschmidt. Physiological Genetics. New York. 1938.
55. Д. Рубинштейн. Физико-химические основы биологии. Госмедиздат. 1932; Проблема белка. Биомедгиз. 1934.

ГЛАВА VIII

ПОСТАНАК ПРВОБИТНИХ ОРГАНИЗАМА

Све дотле док је органска материја била потпуно сливена са околном средином, док је она била растворена у водама првобитне земљине хидросфере, могли смо да разматрамо еволуцију те материје у целом, у свој њеној целокупности. Али чим се органска материја сконцентрисала у одређеним тачкама простора, у капљицама коацервата, чим су се те творевине издвојиле од околне средине више или мање јасно израженом границом, оне су одмах стекле до извесног степена неку самосталност. Даља историја једне од капљица коацервата могла се битно разликовати од историје друге такве исте капљице. Њена судбина је већ била одређена не само условима спољашње средине него и њеном унутрашњом специфичном грађом која је у својим детаљима припадала само њој једној и која је код других капљица могла имати нешто другојачи израз, али увек карактеристичан за једну индивидуалну капљицу.

Какви су услови одређивали индивидуални опстанак једне такве коацерватне капљице у земљиној хидросфери? Замислимо да су у некој првобитној води наше планете, услед мешања раствора високомолекуларних органских материја, постале капљице коацервата. Пропратимо судбину једне од тих капљица. Њен опстанак је могао трајати само дотле док је постојао извештан узајамни однос између организације капљице, њеног састава и грађе с једне стране, и услова спољашње средине с друге стране. Била је довољна каква битна измена температуре околне средине или приближавање концентрације водоничних јона изоелектричној тачки једне од компонената коацервата, или најзад појава неповољних услова раствора соли у датој тачки воде, да би се капљица, пошто је постојала дуже или краће време, поново распала, растворила се и претворила у првобитни сол, и да би се молекули што граде њене беланчевине и друге органске материје, растурили у околну средину.

Могуће је међутим претпоставити и дуже постојање коацерватних капљица посталих у првобитној земљиној хидро-

до слабљења електростатичких сила, таква је капљица више или мање брзо ишчезавала, распадала се. Према томе, све случајно постале, са поменутог гледишта „неуспеле“ форме организације, саме собом су се излучивале из даље еволуције материје. Индивидуални опстанак капљица са таквом организацијом био је брзо прекинут и органске материје садржане у њима поново су се растуруле у раствору, ступале у општи катао из кога је црпљен материјал за изградњу нових организационих облика.

Више или мање дуго су могле опстати само оне коацерватне капљице које су у датој конкретној прилици биле динамички постојане, тј. имале такву физичко-хемијску организацију која је условљавала надмоћ процеса синтезе над процесима распадања. Коацервати са таквом формом организације морали су се не само одржати, него чак и увећавати свој обим и тежину, тј. расти. У овом случају је сасвим споредно да ли је само расла укупна маса или се (што је вероватније) коацерват распадао на капљице-кћери; без обзира на то, његова се маса, у првобитној земљиној хидросфери, постепено повећавала на рачун органских материја околног раствора.

Али је то растење коацерватне масе стално текло под најстрожом „контролом“ природног одабирања. Свака промена у организацији која је скретала на страну распадања динамичку равнотежу каквог дела коацервата или једне капљице-кћери, доводила је до брзог уништавања тих творевина, независно од тога колико су дуго већ оне постојале до тог момента у хидросфери. Благодарени томе, „природно одабирање“ коацерватних капљица је почело да се до извесне мере упућује у правцу стварања динамички најпостојанијих облика организације, облика који су, најмање били изложени ризику да ишчезну са лица Земље услед хемиских процеса који су се хаотично одигравали. Тако су се стварали предуслови за извесну сталност хемиских процеса, за извесно њихово понављање у самом коацервату, па према томе и за извесну репродукцију одређених материја и структура.

Али је упоредо са повећавањем динамичке постојаности ових колоидних творевина, њихова даља еволуција морала ићи у правцу повећавања саме динамичности тих система, повећавања брзине реакција које су се у њима одигравале. Сасвим је разумљиво да је динамички постојана коацерватна капљица, која је стекла способност за брже преображаје материја, самим тим добила знатна предимства над осталим капљицама што су пливале у истом раствору органских једињења. Она је почела знатно брже да их узима у себе, знатно брже да расте, и отуда је њен релативни удео у општој маси коацервата постајао све значајнији.

Упоредо с тим, та растућа динамичност је доприносила и већој гипкости читаве организације, па према томе и већој постојаности под условима спољашње средине који су се постепено мењали. Под тим условима, дејство „природног одабирања“ се испољавало нарочито снажно. Оно је доводило до неизбежне пропасти све слабо покретне, сразмерно статичне системе који у својим променама нису успевали да прате промене што су се дешавале у спољашњој средини.

Као резултат изложеног процеса, на земљиној површини се морало вршити не само постепено увећавање количине организоване материје, него се, — што је нарочито важно, — и квалитет те организације мењао у сасвим одређеном правцу. Најпростији органски коацервати, са њиховом непостојаном елементарном структуром, морали су пре или после да ишчезну са лица Земље, да се распадне и да пређу у првобитни раствор. Али, и њихови најближи потомци, који су у себи изградиле извесну постојаност, морали су такође да ускоро остану у позадини, ако нису могли стећи способност за брзо обављање хемиских реакција. Могле су даље расти и развијати се само такве творевине у чијој су се организацији извршиле битне промене, које су јако повећале брзину хемиских реакција, и код којих се остварила одређена координација, уређеност тих реакција.

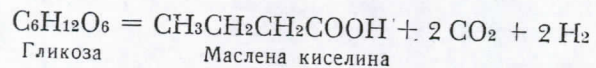
Ми видимо дакле да су се, услед концентрације органских материја на одређеним тачкама простора, услед појаве индивидуалних колоидних система, коацерватних капљица, почеле јављати нове законитости, законитости вишег реда, које су одредиле даљу еволуцију организоване материје. Управо су се благодарени дејству тих законитости, и пре свега благодарени поменутом „природном одабирању“ коацервата, издвајали из читавог хаоса најразноликијих преображаја за које је способна органска материја, одређени путевима хемиског развитка, комбиновали хармонично координирајући процеси и изграђивала одређена организација живе супстанце. Постанак те организације није према томе ствар простог случаја, као што су то многи ранији аутори покушавали да претставе. Случајно су могле постајати најразличитије форме организације, како „успеле“ тако и „неуспеле“ са гледишта њихове динамичке постојаности и брзине даљег растења, али су се само прве могле одржати и даље развијати у првобитној земљиној хидросфери. Отуда је даља еволуција организоване материје стално текла у правцу повећавања брзине хемиских реакција, повећавања динамичке постојаности колоидних система, и најзад, у правцу стварања способности за саморепродукцију, пошто је то смањивало ризик нарушавања динамичке постојаности.

Ми смо се у претходној глави ближе задржали на оним формама организације живе супстанце, које су својствене

уколико је читав процес у целини био уређенији, уколико је био мање разгранат.

На тај је начин, још од првог момента постизања коацерватних колоидних система дејство „природног одабирања“ било управљено ка извесном ограничавању хемиских могућности којима су, раније располагали прелазни продукти. Услед тога су се издвајали и учвршћивали одређени путеви хемиских реакција, одређена њихова поступност која је давала највећи ефект са гледишта синтезе и искоришћавања хемиске енергије.

Овај процес уређивања хемиских реакција који се зачео још на самим почецима живота, приликом његовог постајања, траје и данас. Чак и код данашњих живих бића што стоје на нижим ступњевима еволуционе лествице, он још ни изблиза није завршен. Као пример могу да послуже бактерије врења маслене киселине. Идеална једначина тог врења била би:



Али уствари, процес никада не одговара у потпуности тој једначини [1]. Увек се покрај маслене киселине, угљене киселине и водоника ствара и читав низ других прелазних продуката: етилалкохол, млечна и сирћетна киселина, а када и ацетон, бутилалкохол итд. Количински односи између појединих продуката реакције такође су непостојани и јако варирају у зависности од природе микроорганизама и од спољашњих услова под којима тече превирање. Врло често је количина споредних продуката толико велика да премашује количину створене маслене киселине, тако да је у извесним случајевима тешко одредити да ли се врши превирање маслене киселине са узгредним стварањем млечне киселине, или обрнуто, превирање млечне киселине компликовано превирањем маслене.

Већ само та квалитативна и квантитативна непостојаност продуката што се јављају при врењу маслене киселине, показује да се у микроорганизмима што га проузрокују, још није изградила тако савршена физичко-хемиска организација која би путем строгог регулисања брзина појединих хемиских реакција упућивала општи ток процеса на сасвим одређену страну. Прелазни продукти који ту постају, подвргавају се променама не у неком одређеном правцу; они могу да ступају у различита хемиска међудејства и тиме да доведу до појаве различитих крајњих продуката.

Тако на пример, триоза која се јавља у почетку превирања маслене киселине, распада се обично на ацеталдехид,

угљену киселину, и водоник. Али у исти мах, један део триозе се може подвргнути непосредној оксидационо-редукционој промени и претворити се у млечну киселину.

Ацеталдехид који постаје при распадању триозе, располаже великим хемиским могућностима. Али у условима на пример добро организованог алкохолног врења, он се може, како је већ речено, правилно мењати само у одређеном правцу, ићи одређеним путем хемиских промена. Он се ту толико брзо подвргава редуковању у алкохол, да се просто никакве друге хемиске промене не могу извршити. Напротив, приликом превирања маслене киселине, један део алдехида који се ствара, може да се кондензује у ацеталдол и да се даље претвара у маслену киселину, други део да се редукује у етилалкохол, трећи да се оксидује у сирћетну киселину итд. Овде брзине појединих реакција још нису у довољној мери координиране међ собом, и читав процес у целини носи још хаотичан карактер.

Раније је било јако омиљено поређење протоплазме са хемиском фабриком. Ако би то поређење и сада применили, ћелицу квасца би требало поредити са добро организованом фабриком са строго специјализованом апаратуром и тачним планом производње. Бактерија превирања маслене киселине би се онда могла упоредити само са домаћим предузећем у коме се без икаквог плана и са неспецијализованом апаратуром производе, према потреби, разнолики фабрикати.

Услед слабе саглашености брзина појединих реакција, услед хаотичности преображаја материје који се ту врше, коефицијент корисног дејства врења маслене киселине необично је низак. Бактерије искоришћују за своје синтезе само сасвим мали део енергије која се добија превирањем. Остатак енергије изгубљен је сасвим непродуктивно.

Наведено поређење организације која лежи у основи превирања алкохола и маслене киселине, помаже нам да схватимо како је текло поступно координирање појединих реакција, како се из хаоса тих реакција изграђивао одређени ред, стварали све савршенији унутрашњи механизми који су допуштали јединкама што су их имале да остварују преображаје материје и енергије за које нису биле способне раније јединке.

У описаним првобитним колоидним творевинама, координираност појединих хемиских реакција била је још у релативно слабој мери изведена. Органске материје које су споља долазиле и прелазни производи распадања, још су могли да трпе овде хемиске промене у врло различитим правцима. Али услед слабе координације процеса, коефицијент искоришћавања хемиске енергије тих реакција за повезане синтезе, па према томе и за даље растење, био је на сасвим

ниском ступњу. Дејство природног одабирања било је управљено томе да се из читавог хаоса разноликих хемиских могућности издвоје и учврсте одређени и најнефективнији путеви енергетских процеса. То се постизавало постепеним изграђивањем механизма регулације, помоћу којих су брзине појединих реакција све присније координирале међ собом. Благодарени томе смањивала се разноврсност хемиских могућности које су раније стојале на расположењу различитим прелазним производима размене материје, али се зато повећавала општа срећеност читавог процеса у целини. Бочно разграђивање се постепено умањавало и читава појава је добијала више хармонични, праволиниски карактер. Али су се самим тим стварали предуслови за све веће повећавање броја карика поменутих праволиних циљева синтетичких реакција. Почетна материја се већ далеко мање растурала на споредне хемиске промене, и то је у многим случајевима доводило до синтезе све сложенијих високомолекуларних једињења.

Али таква синтеза, заснована на стално понављаним и узајамно координираним реакцијама, већ није више носила случајан карактер. То није било појединачно стварање једног једињења, појава која се доцније можда више неће поновити. Напротив, сваки конкретан постојани ланац координираних реакција доводио је стално до синтезе једне исте одређене материје. Тако се стварала извесна (разуме се, врло релативна) постојаност састава појединих делова растућег коацервата или капљица-кћери које су од њега постајале, — настајала је она појава коју данас означавамо као способност за самообнављање.

У претходној глави указивали смо на то да је у последње време велики број аутора покушавао да објасни способност живе супстанце за самообнављање полазећи од чисто просторних појмова. По томе мишљењу, материје са одређеном грађом, одређеном конфигурацијом молекула постају у живој протоплазми зато што у њој већ унапред постоје такве исте конфигурације које играју улогу неке врсте шаблона за изградњу нових молекула.

На први поглед, то мишљење изгледа јако привлачно по својој простоти и јасноћи. Ако се стане на то гледиште, онда се питање постанка способности за тачну саморепродукцију материја што се синтетизују у првобитним колоидним творевинама, решава сасвим просто. Довољно је да у коацерватној капљици, услед извесних, макар чак и случајних узрока, постане каква било конфигурација молекула беланчевине или друге материје, па да се та материја почне обнављати при даљем растењу коацервата и у свим његовим доцнијим поколењима.

Међутим, као што је већ напоменуто, није могуће ван живих организама констатовати такво „размножавање“ појединих молекула. Отуда ми не можемо претпоставити такву појаву, у првобитним коацерватима. Ту није могло бити „самообнављања“ молекула у ужем смислу речи, него се вршило више или мање стално понављање ново стварање материја, засновано на извесној уређености хемиских реакција. Отуда је за ток еволуције од основног значаја било не случајан постанак неког посебног једињења, него појава одређене координације реакција, која је условљавала сталну синтезу тог једињења у растућем коацервату.

Разуме се да су и хаотичне синтезе могле на првим ступњевима развитка коацервата допринети растењу организоване материје. Али се при томе карактер колоидних творевина које су стално постајале, непрекидно мењао и био изложен веома великом ризику распадања, самоуништавања. Коацерватни колоидни системи су, благодарени „одабирању“, тек тада стекли више или мање поуздану, динамичку постојаност, када су се синтезе, што су се у њима обављале, сагласиле међ собом, када се створила могућност извесног правилног понављања тих синтеза, изградио извештан њихов ритам.

На тај је начин појава која лежи у основи „самообнављања“ живе супстанце постала као резултат сређивања хемиских процеса под дејством „природног одабирања“ упућеног у правцу стварања динамички постојанијих колоидних творевина. Као пример који илуструје такво схватање, може се узети питање порекла асиметрије данашње протоплазме.

Како је већ речено, за протоплазму данашњих животиња и биљака изванредно је карактеристична појава строге асиметрије основних материја што улазе у њен састав. Тако на пример аминокиселине које састављају природне беланчевине, претстављене су само својом левом формом. Десни антипод аминокиселина по правилу сасвим одсуствује у живој протоплазми. Исто се може рећи и за липоиде, на пример за лецитин и друге основне саставне делове живе супстанце. Који су узроци условили појаву такве савршене асиметрије? Зашто се приликом растења живе супстанце увек ствара само једна одређена оптичка конфигурација аминокиселина и других сличних једињења?

У петој глави ми смо указали на то да се и у првобитном раствору, услед дејства кружно поларизоване светлости, стварала извесна асиметрија, извесно доминирање десног или левог антипода једног једињења. Та првобитно постала асиметрија послужила је као основа за асиметрију свих доцнијих једињења.

Али се то обично замишља тако да је један молекул, окарактерисан одређеном оптичком конфигурацијом, пора-

ђао други исти такав молекул, „размножавао“ се тако рећи све више и више, тако да се на земљиној површини непрекидно повећавала количина једињења што припадају само одређеном реду оптичких изомера. Међутим, детаљније проучавање питања показује да је питање у ствари далеко сложеније.

Недавно је В. Кун [2] подвргао детаљној анализи све податке који се односе на питање асиметричне синтезе. Он је пре свега показао да је рацемат, са термодинамичког гледишта, постојанији него његове одвојене активне компоненте, зато што је у том првом стању слободна енергија најмања. Отуда ће свака смеша оптички активних материја, остављена сама себи, тежити да се рацемизује, да изгуби своју оптичку активност. У свакој синтези у којој учествује асиметрични катализатор (на пример фермент), врши се најпре брзо образовање само једног оптичког антипода. Други антипод, ако се и јавља, ствараће се у количини толико пута мањој, колико пута брзина каталитичке реакције буде превазилазила брзину синтезе без катализатора. Услед тога ће постати одређена асиметрија, одређена неједнакост десног и левог антипода. Али како прави катализатор повећава брзину реакције не само у директном него и у супротном правцу, један део производа синтезе, по достигнутој равнотежи, претвориће се у почетну материју која даје, иако врло споро, све нове количине антипода што се синтетизује без катализатора. На тај ће начин читав систем тежити ка рацематном стању и оптичка активност настала услед дејства асиметричног катализатора, постепено ће се изгладити.

Према томе је асиметрија, настала као резултат дејства идеалног катализатора, као резултат какве било изоловане реакције, привремена појава. Отуда се савршена и постојана асиметрија протоплазме која прелази са поколења на поколење, не може јавити ни одржати на тај начин. Стално стварање једног истог оптичког антипода се може вршити само зато што се ту укршта читав низ реакција чије су брзине необично тачно координиране међ собом. Још је Р. Ричи [3] тим поводом писао: „док један антипод успешно узима учешће у величком метаболизму, други се истовремено ствара у несравњено мањој количини, — или што је исто, са знатно мањом брзином, — и готово сигурно се удаљује истом брзином којом се и ствара, путем какве помоћне реакције“. Доцнији експериментални радови Лангенбека [4], Крепса [5], Киша [6] и других, потпуно су потврдили то мишљење.

У својој интересантној књизи „Асиметрија протоплазме“, Г. Гаузе [7], резимирајући поменута испитивања, убедљиво показује да је асиметрија протоплазме резултат њене

одређене организације у времену, одређене сагласности хемиских реакција што се ту одигравају. Таква се сагласност могла изградити само у процесу дуге еволуције, само као резултат дејства природног одабирања. В. Милс [8] указује на то да реакције у рацемату, под иначе једнаким осталим условима, теку са знатно мањом брзином у поређењу са реакцијама у оптички активној смеси. Отуда системи саграђени из асиметричног материјала, морају бити ефективнији но њихови рацемични конкуренти. Према томе, коацерватне капљице у којима је одређена сагласност реакција условљавала појаву асиметрије, остваривале су своје синтезе много брже него идентичне рацемичне творевине. Отуда је и растење ових првих морало ићи знатно брже, и њихова динамичка постојаност морала је бити потпунија. Услед свега тога, благодарећи дејству поменутог „природног одабирања“, асиметрија материја које су улазиле у состав првобитних колоидних система, морала је непрекидно расти још од првих почетака еволуције тих система. У данашњој живој протоплазми та је асиметрија достигла још веће савршенство, изузетно високу оптичку чистоћу, која може постојати само под условом изванредно прецизне сагласности брзина реакција што учествују у синтези датог једињења.

Из свега реченог може се закључити да се у процесу еволуције индивидуалних колоидних творевина, коацерватних капљица, непрекидно морало вршити постепено саглашавање, сређивање реакција које су се ту одигравале. Безбројни и међусобно испреплетани бочни огранци хемиских процеса постепено су одлазили у позадину. Ти су процеси добијали све хармоничнији праволиниски карактер неразгранатих ланаца где свака карика, свака поједина реакција смењује другу са строго одређеном поступношћу. Услед тога се изграђивала извесна стандардизација грађе растућих коацервата, извесна сталност просторне и оптичке конфигурације једињења чија се синтеза увек изнова вршила, сталност коју су непрекидно нарушавали како спољашња дејства тако и унутрашњи узроци, али која је, са сваким даљим ступњем еволуције, условљавала све већу динамичку постојаност организованих материја које су се умножавале на земљиној површини.

Упоредо с тим ми морамо јасно схватити да је одређена временска организација, одређена поступност хемиских реакција, резултат међусобних односа брзина тих реакција. Као што се то лако може схватити из схеме изнете на стр. 173, да би се све остале споредне реакције одгурнуле у позадину, да би се једно или друго једињење нагнало да пође путем једне сасвим одређене реакције, потребно је радикално,

специфично повећати брзину те реакције, како би она много пута премашила брзину свих осталих преображаја, могућих за то једињење.

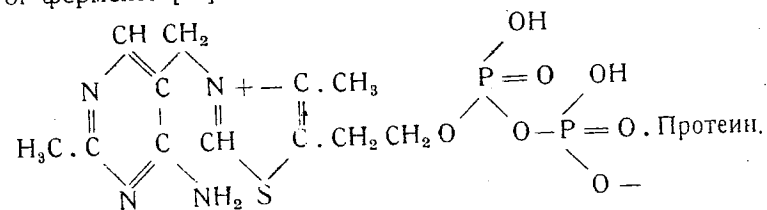
Разуме се да је брзина појединачне реакције одређена укупношћу физичко-хемијских услова што су се остварили у творевини где се реакција одиграва. Али основни фактор који утиче на брзину биохемијских реакција у живој супстанци, лежи у присуству одређених специфичних катализатора, фермената. Отуда кад се говори о појави извесне временске организованости у коацерватним колоидним творевинама, мора се узети у обзир и питање како су се у процесу еволуције изградиле унутрашњи хемијски механизми који су условили ту организованост, пре свега како су постали специфични катализатори који су, одредили извесни узајамни однос брзина и извесну поступност реакције.

Као што смо већ видели, ферменти у организмима носе одређену биолошку функцију убрзача хемијских процеса. Треба уз то напоменути да са гледишта вршења те функције савремени ферменти претстављају изузетно савршене „инструменте“. Они располажу огромном и изванредном каталитичком активношћу, као и необично високом специфичношћу дејства. То омогућује живој протоплазми да у присуству релативно малих количина фермента остварује хемијске реакције са колосалном брзином, и заједно с тим ствара предуслове за тачно регулисање тих реакција. Од чега зависи та изузетна снага дејства фермената, и како се могао у процесу еволуције створити, како је могао постати так савршен апарат?

Како су то показала многобројна испитивања последњих година, поменута особеност фермената, њихова прилагоденост за вршење одређене биолошке функције, заснива се на томе да они претстављају комплекс у коме су се изузетно „успело“ комбиновале групе активне у каталитичком погледу, и активирајуће групе које повећавају ту активност. Пре неколико година Лангенбек [9] је конструисао вештачки модел фермента карбоксилазе. Он је при томе пошао од опажања да већ тако проста органска материја као што је на пример метиламин ($\text{CH}_3\text{—NH}_2$) располаже карбоксилазним дејством. Ипак се то дејство поменуте материје испољава у веома слабом степену. Али ако се у молекул метиламина уведе, као активирајућа група, карбоксилна група, каталитичко дејство тако добијеног једињења (гликокола) порашће око 19 пута. Увођењем феноловог прстена у молекул гликокола повећава се његова каталитичка активност још два пута. Идући тим путем и уводећи у првобитни молекул све нове и нове активирајуће групе, Лангенбек је на крају крајева добио једињење (окси-амино-

нафтоксиндол) које располаже карбоксилазним дејством, 4000 пута већим од аналогног дејства почетног метиламина (в. табл. 6).

Показало се затим да је природна карбоксилаза квасца саграђена по типу Лангенбековог модела. За оне који се интересују тим питањем, наводимо овде хемијску формулу тог фермента [10].

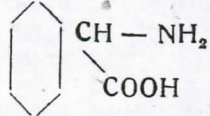
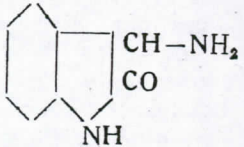
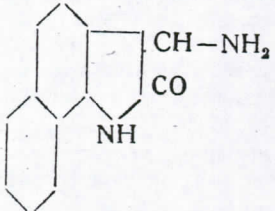
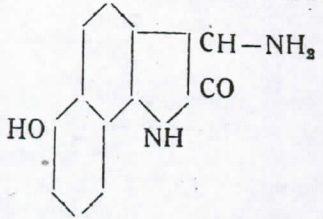


Из ове се формуле може видети да је у природној карбоксилази активна аминокгрупа комбинована са веома сложеним молекуларним комплексом који у себи садржи два хетероциклична прстена. Тај комплекс није ништа друго до витамин В₆. Он је са своје стране везан са два молекула фосфорне киселине. Али то још није све. Описано једињење се комбинује још са молекулом беланчевине специфичне грађе.

Према томе, фермент карбоксилаза (претставља веома сложени али сасвим правилно саграђену творевину. Ми не можемо из те творевине извући ниједан део, ниједну атомску групу а да при томе битно не смањимо каталитичку активност читавог комплекса као целине. Управо благодарећи тој одређеној комбинацији активних и активирајућих група којом се одликује природна карбоксилаза, она располаже каталитичком активношћу готово 10 хиљада пута већом од активности најсавршенијег Лангенбековог модела.

По истоме типу као и карбоксилаза саграђени су, многи други ферменти, чија је хемијска природа могла бити разјашњена у последње време. Тако на пример, каталаза [11], фермент који разлаже пероксид водоника на кисеоник и воду, претставља такође сложен комплекс који у себи садржи гвожђе, пиролове прстенове и специфичну беланчевину. Слабим каталазним дејством располажу већ прости јони неорганског гвожђа. Али ако се атом гвожђа сједини са пироловим прстеном, његова каталитичка активност ће порастати неколико пута. У организмима, специјално у крви животиња, гвожђе се сусреће спојено са четири пиролова прстена, у облику такзваног хемина. Хемин већ располаже каталазним дејством око хиљаду пута већим од дејства неорганског гвожђа. У природном ферменту каталази хемин је спојен са специфичном беланчевином. Услед тога је његово каталитичко дејство повећано 10 милиона пута. На тај начин, у крајњем резул-

Вештачки модели карбоксилазе

Катализатор	Активност на			
	137°	100°	70°	37°
Метиламин $\text{CH}_3 - \text{NH}_2$	0.25	—	—	—
Гликокол $\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{NH}_2 \\ \\ \text{COOH} \end{array}$	4.65	—	—	—
Фениламиносирћетна киселина 	7.4	3.2	—	—
Аминоксиндол 	—	74.0	6.5	—
Аминонафтоксиндол 	—	—	12.2	0.64
Окси-амино-нафтоксиндол 	—	—	—	1.48

тату, 1 милиграм гвожђа што улази у састав каталазног комплекса може по свом каталитичком дејству да замени 10 тона неорганског гвожђа.

На овим примерима се јасно може видети један од случајева унутрашње хемиске организације живе супстанце. Све дотле док су постојали само одвојени делови ферментског комплекса, док ти делови нису били спојени међ собом, они су располагали врло slabим каталитичким дејством. Тек се са савршено одређеним комбиновањем тих делова у јединствен комплекс, јавља такав колосалан скок каталитичке активности да овде с правом можемо говорити о појави новог квалитета кога раније није било у одвојеним компонентама и који је постао само услед њиховог одређеног комбиновања.

Многобројни преображаји органске материје који су се одигравали најпре у воденом раствору, а затим у првобитним колоидним творевинама, текли су овде релативно малом брзином, релативно споро. Убрзавање појединих реакција могло се постићи углавном благодарећи само дејству неорганских катализатора (на пример соли калциума, гвожђа, бакра итд.), који су, разуме се, постојали у водама првобитног океана у доста знатним количинама. Али постепено, упоредо са неорганским катализаторима, све већу улогу у убрзавању хемиских реакција почињу да играју и разнолика органска једињења која се у то време јављају. Ми смо, позивајући се на радове Лангенбека и нарочито на радове Кузина [12], већ указивали на то каквим значајним каталитичким дејством могу располагати чак и таква сразмерно проста једињења као што су на пример метиламин, гликокол, извесни облици алдехида, шећера итд.

У индивидуалним колоидним творевинама та су се једињења комбиновала међ собом и са присутним неорганским катализаторима на стотине и хиљаде начина. Међ свим тим комбинацијама сусретале су се, разуме се, и такве чија је каталитичка активност била веома јако увећана благодарећи дејству допунских компонената као промотора или активатора основног катализатора коме су се оне припојиле. Нема сумње да је постанак такве комбинације, таквог комплекса катализатора и органских једињења који га активирају, могао обезбедити знатна предности за коацерватну капљицу у којој се такав комплекс образовао. Ако је поменути катализатор убрзавао ову или ону важну синтетичку реакцију, његово активирање је претстављало моћни потстицај за брже растење дате колоидне творевине.

Та се унутрашња хемиска рационализација учвршћивала у процесу „природног одабирања“ који је уништавао све „неуспеле“, случајно постале комбинације чија је каталитич-

ка активност била смањена и које су према томе смањивале општу динамичност читавог система. Остајали су за даљи развитак само они комплекси који су најбрже, најрационалније испуњавали своје функције. Али свако повећавање ланца синтетичких реакција изазивало је у коацерватима појаву све новијих, све сложенијих једињења, од којих су многа улазила у састав поменутих каталитичких комплекса. То је, с једне стране, постепено водило већој сложености таквих комплекса, а у исто време, благодарећи сталном дејству „природног одабирања“, стварало код тих комплекса све већу активност и специфичност каталитичког дејства, високу прилагођеност за вршење функција које су они имали у коацерватним колоидним творевинама. Тако се овде стварала могућност да се помоћу одређене комбинације мале количине одређених једињења брзо остварују реакције које су се раније могле извести само у присуству огромних количина катализатора, или за чије је обављање било потребно врло много времена.

Као резултат таквог еволуционог процеса, најпростији неоргански катализатори који су у раствору првобитних органских материја скупно убрзавали читаве групе сличних реакција, били су у коацерватним творевинама замењени сложеним али и врло савршеним ферментативним комплексима који су не само располагали колосалном активношћу него били и врло специјализовани, дејствујући само на поједине реакције и убрзавајући их на диференцирани начин. Лако је разумети каква је огромна преимућства носила собом појава таквих хемиских механизма за општу организацију, хемиских процеса што су се обављали у једној колоидној творевини.

Нема никакве сумње да савремени ферменти претстављају по својој природи комбинацију одређених материја. Ми смо се данас сасвим приближили вештачкој синтези фермената. Па ипак ферменти располажу низом особина карактеристичних за биолошке системе и то не само зато што се данас ферменти сусрећу само у живим организмима, него и зато што ти системи под природним условима не би могли постати нигде на другом месту. Таква „срећна“ комбинација атомских група каква се сусреће у ферментским комплексима, она за ферменте тако карактеристична веза која постоји између њихове грађе и биолошке функције, нису могле постати „случајно“. Чак и Лангенбек, који је свесно присаједињавао све нове и нове активирајуће групе своје модели, није могао да достигне онај степен савршенства који постоји у природним творевинама. Да би се створиле такве савршене комбинације активних и активирајућих група какве постоје у природној карбоксилази или каталази, била је неопходна одре-

ђена управљеност процеса еволуције материје, неопходно „природно одабирање“ које је уништавало све неуспеле комбинације и остављало за даљи развитак само такве комплексе који су најбрже, најрационалније испуњавали своје биолошке функције.

Та се еволуција фермената до извесне мере наставља и данас, и ми је можемо пратити проучавајући ферментске системе у савременим вишим и нижим организмима.

Тако на пример, према испитивањима Р. Кунга [13], инвертаза добијена из различитих раса квасца, није сасвим иста по својој активности. Исто су тако веома интересантна и испитивања протеолитичких система нижих и виших животиња и биљака [14]. Та испитивања показују да протеазни системи нижих организама претстављају, на неки начин прототипове аналогних система високо организованих бића. Врло је вероватно да су се ови последњи системи развили из првих у процесу еволуције. Аналоги примери се могу наћи и у области оксидационих фермената. Треба међутим напоменути да су се основни облици грађе ферментских система изграђивали још на релативно раном ступњу еволуције, у самом почетку, процеса постанка живота. Отуда се и код најпростије организованих живих бића поједини ферменти јављају у облику доста савршених система.

Разуме се да је еволуција фермената у описаним колоидним творевинама могла да успешно тече само у случају ако се упоредо с тим стварало извесно регулисање, извесно саглашавање појединих ферментативних реакција. Свако битно повећавање брзине једне или друге реакције учвршћивало се у процесу еволуције само у случају ако је било прогресивно са нашег гледишта, ако није нарушавало динамичну постојаност читавог система, него обрнуто, допринело већој унутрашњој усклађености у организацији дате колоидне творевине.

С обзиром на све што је речено, морала се у процесу еволуције у тим творевинама, покрај појаве рационализације појединих ферментативних комплекса, изграђивати и организација вишег реда. Та је организација била заснована на одређеној координацији већ читавих ферментативних група, што је омогућило да се остварују координирани сложени хемиски преображаји који су били сасвим недоступни најпростијим првобитним коацерватима.

У претходној глави ми смо већ напоменули колико могу бити разнолики унутрашњи механизми помоћу којих се врши регулисање ферментативног дејства у протоплазми. Наиме, свака промена физичко-хемиског стања доводи ту до оваквих или онаквих померања у ферментској активности, па према томе и до промене узајамних односа брзина поједи-

них реакција. Исто то се морало дешавати и у коацерватним творевинама. Споре реакције које ферменти нису катализовали, морале су већ отступити у позадину. Водећу улогу добили су ферментативни процеси чија је брзина била врло велика, али која је у исти мах била подвргнута битним изменама у зависности од читавог низа узрока. Повећавање или смањивање количине једног фермента, појава једног или другог активатора или парализатора, промена киселости или померање оксидационо-редукционог потенцијала, — све то може да повећа брзину једне ферментске реакције много стотина и хиљада пута или, обрнуто, да је сведе готово до нуле.

У процесу еволуције коацерватних творевина, такве промене су се морале дешавати у највећим сразмерама. Услед унутрашњих хемиских процеса и услед дејства спољашњих узрока, узајамни однос брзина ферментских реакција код различитих јединки морао је варирати у широким границама. Али из тога обимног поља разноликих комбинација ферментативних реакција одржавао се само мали број, само оне комбинације које нису нарушавале динамичку, постојаност једне јединке и које су доприносиле њеном најбржем расту. Тако су се стварали унутрашњи физичко-хемиски механизми регулисања ферментског дејства.

Међ свим осталим физичко-хемиским факторима који су вршили одређен утицај на ферментативне процесе, мора се обратити нарочита пажња на структуру наших колоидних творевина. Као што смо већ видели, многи ферменти могу дејствовати у живој протоплазми или у правцу хидролизе, или у правцу синтезе, према томе да ли се један фермент налази просто у раствору, или је адсорбован на површини протоплазматичних структура. Али по испитивањима А. Шмукера [15], чак и неоргански колоидни гели, са њиховом веома елементарном структуром, могу да утичу на правац каталитичких реакција. Тако на пример додавање силикогела воденом раствору сирћетне киселине и метилалкохола олакшава каталитичку синтезу сложеног естра поменутих материја. Аналогично значај су морале имати и несталне елементарне структуре којима су се одликовале првобитне коацерватне творевине. Те су структуре морале на сасвим одређен начин да утичу на реакције, најпре каталитичке а затим и ферментативне, које су се вршиле у коацерватним капљицама; оне су морале тим реакцијама одређивати правац у смислу синтезе.

Ипак су поменуте структуре у најпростијим коацерватима биле одвећ ефемерне, одвећ зависне од случајних спољашњих дејстава, да би могле да гарантују извесну постојаност синтетичких процеса. Отуда је, услед дејства „природног одабирања“, морала упоредо са еволуцијом ферментских

система да се врши и еволуција структуре првобитних колоидних творевина, еволуција њихове просторне организације. У складу са оним што смо већ рекли, та је еволуција била управљена ка стварању динамички постојанијих облика, па према томе и ка извесној еманципацији коацерватних структура од спољашњих, више или мање случајних директивних сила. Те су силе морале бити постепено замењене таквом унутрашњом организацијом, којом би постојање поменутих структура у колоидним творевинама било стално подржавано истом енергијом каква се јавља као резултат егзотермних реакција што правилно теку у тим творевинама. Као што је већ речено у претходној глави, управо таква покретна структура лежи у основи просторне организације живе супстанце.

Али упоредо с тим, у колоидним творевинама што су еволуирале, услед постепеног агреговања низа једињења, морало је у крајњем резултату доћи до издвајања извесног дела тих једињења из опште, оптички више или мање једнородне масе. На тај начин дошло је до постанка структура већ видљивих под микроскопом.

Несумњиво да је тој морфолошкој диференцијацији материја у колоидним творевинама морала претходити дуга хемиска еволуција. Тек када се као резултат те еволуције створио тако високи облик организације у којој су се многе стотине и хиљаде појединих реакција могле координирати у јединствен синтетички процес, — тек тада су могла постати изузетно сложена и високомолекуларна једињења као што су липопротеиди, нуклеопротеиди итд. Али се и та једињења, у почетку свог образовања, нису могла издвојити из опште масе колоидних материја. Предуслови за њихову морфолошку диференцијацију створили су се постепено, у процесу њиховог агреговања.

Нуклеинска киселина, у својим различитим модификацијама, сусреће се у свима познатим живим бићима. Чак се и код организама што стоје на најнижем ступњу еволуционе лествице, она у хемиском погледу врло мало разликује од нуклеинске киселине виших животиња и биљака. Већ ту се дакле хемиски потпуно диференцирала материја из које је саграђено ћелично једро. Ствар другаче стоји са њеном морфолошком диференцијацијом.

Још су Е. Тераун и Ф. Сукс [16], затим А. Буавен и Л. Месролеану [17] и доцније А. Белозерски [18] утврдили да се у телу бактерија налазе врло велике количине нуклеинске киселине. Али она ту није диференцирана у облику једра. А. Имшењецки [19] је недавно вршио у томе правцу опсежна испитивања. Поменути аутор је показао да претставници реда *Eubacteriales* који обухвата већину познатих бактерија, без обзира на присуство тимонукле-

инске киселине, немају уопште хроматинску структуру која би се могла сматрати једром. Нуклеинске материје у тим бактеријама налазе се у дифузно стању. Оно што су ранији аутори сматрали једровим структурама, нема с једром никакве везе. Као једра су најчешће означавана липопротеидна телаца спорносних бактерија, поларна зрна неспоросних врста, цитоплазматична влакна која се јављају код старих облика итд. Једрова супстанца је по Имшењецком распоређена у бактеријама сасвим равномерно и не ствара никакве диференциране тврсевине. Према томе, код највећег броја бактерија једрова супстанца је диференцирана хемиски, али не и морфолошки. Није могуће повући микроскопску границу између једрових и плазматичних компонената код бактерија. Ту је хроматин сасвим утопљен у цитоплазми.

Ипак се код сложеније организованих *Mycobacteriales* може већ утврдити извесна диференцијација једрове супстанце. У вези с тим А. Имшењецки сматра да способност хроматина за издвајање и образовање видљивих зрнаца или телаца треба схватити као прогресивну појаву. Према филгенетском положају једног микроорганизама, та је способност изражена у различитом степену. Упоредна цитолошка испитивања миксобактерија допуштају најчешће да се утврде форме код којих се једрова супстанца налази још у дифузно стању, и само се на одређеном ступњу развића образују код њих структуре које се састоје из хроматина. Код других облика једрова супстанца је већ диференцирана не само у хемиском него и у морфолошком погледу; ту се извршило трајно издвајање хроматина, али се једро као стабилна структура још није јавило. Најзад, код трећих форми миксобактерија (*Mycobacterium Sorangium*) већ се образовало сасвим компактно једро.

Ово постепено диференцирање једра вршило се благодарећи томе што су се растворљиви облици нуклеинске киселине претварали у њене сложеније модификације, боље агреговане. Код *Eubacteriales*, на пример код сразмерно примитивно организованих микрокока и сарцина, сасвим је могуће да постоје неодељене цитоплазматичне и једрове материје због тога што се ту тимонуклеинска киселина налази још у модификацији која не захтева њено безусловно издвајање. Напротив, у свакој ћелици са једром то се издвајање нужно мора извршити, пошто је ту агреговање тимонуклеинске киселине отишло већ сасвим далеко.

А. Кизел [20], на основу обимног скупљеног материјала, пише тим поводом следеће: „Првобитно диференцирање протоплазме које је довело до образовања ћеличног једра, наследно се учврстило код данашњих ћелица са једром и предаје се на неки начин каталитички од ћелице на

ћелицу. До тога је дошло не само благодарећи појави нуклеинске киселине у ћелици која је у почетку несумњиво имала далеко већу сличност са савременом цитоплазматичном нуклеинском киселином. Појава једра је везана са препородом те првобитне нуклеинске киселине растворљиве у општој маси протоплазме, у комплекснију форму једрове и тимонуклеинске киселине код једног дела организама; код другог дела међутим, најчешће код бактерија и модрозелених алга, она је остала, без обзира на хемиски препород, на ступњу мале полимеризације, и зато се није диференцирала у морфолошко једро“.

У биолошкој литератури се још и данас сусрећу доста распрострањена схватања према којима се жива ћелица јавила као последица заједничког живота (симбиозе) простијих бића која су раније самостално постојала. Те теорије такозване „симбиогенезе“ потичу од С. Мерешковског. По Мерешковском [21] постоје две врсте протоплазме које се не само битно разликују по својим особинама, него су чак и различитог историског порекла. Први тип, такозвана „микоплазма“ претставља у суштини хроматин једра. Други тип, „амебоплазма“; није ништа друго до обична цитоплазма. Ток еволуције живих организама био је по Мерешковском овакав. Најстарије форме живота биле су „биококе“, најситније ултрамикроскопске честице „микоплазме“, лишене организације, које су могле да постоје на температури блиској тачки кључања воде и које су располагале способношћу да синтетизују беланчевинасте материје и угљене хидрате непосредно из неорганичког материјала. Из тих биокока су се пре свега развиле бактерије. Доцније, када је температура воде на Земљи спала испод 50° и када се у њој јавила обилна органска храна претстављена бактеријама, створиле су се мале масе „амебоплазме“ које су пузиле по дну океана и прождирале бактерије. Савремена ћелица, снабдевана једром, постала је као резултат симбиозе између два типа организама, када биококе што су доспеле у унутрашњост амебоплазме нису биле сварене и када су се оспособиле да воде живот у симбиози.

Према тој теорији дакле постоји оштра граница између цитоплазме и једра, при чему се нарочито истиче првенствена и независна улога једра. Још су даље отишли у томе правцу доцнији аутори. Тако је на пример Е. Минчин [22] изнео у своје време претпоставку да су првобитна жива бића била претстављена врло ситним, можда ултрамикроскопским честицама хроматина. Те су честице располагале способношћу самосталне размене материја, специјално способношћу да синтетизују органска једињења из најпростијих неорганичких материја. Тек доцније се око њих створио омотач од прото-

плазме која је у крајњој линији играла улогу само извесне средине. Овоме треба додати и многобројне теорије о првобитном постанку мономолекуларних гена и њима сличних хипотетичних творевина.

Раније наведена хемиска испитивања нуклеинских киселина и њиховог распореда у једру и цитоплазми нимало не потврђују све те теорије. Генетичко јединство цитоплазме и једра одражава се јасно у томе што се у телу бактерија сусрећу саставни делови и једне и друге творевине, цитоплазматична и једрова нуклеинска киселина у присној мешавини, у нераздвојном заједничком постојању, у отсуству сваке морфолошке диференцираности. Против теорије симбиогенезе и сличних схватања говори још и то да се једрова нуклеинска киселина ствара у крајњој линији из цитоплазматичне и да у процесу онтогенетског развића ћелице долази до препорода мање агреговане тимонуклеинске киселине у кондензовану полимеризовану форму, што је везано са смањивањем растворљивости и издвајањем из опште колоидне масе протоплазме. У исти мах, упоредна цитолошка испитивања различитих бактеријалних облика врло јасно показују како се вршило такво диференцирање једра из опште масе протоплазме у процесу филогенетског развитка организама.

Отуда се поменуте теорије данас морају сасвим напустити. Постанак ћелице са њеним диференцираним формираним елементима јесте само спољашњи видљиви израз постепеног компликовања и усавршавања унутрашње физичко-хемиске структуре првобитних колоидних творевина. Њихова врло ефемерна почетна узјајамна оријентација молекуларних комплекса стекла је у току еволуционог процеса постојанији карактер и у крајњем резултату омогућила почетак стварања микроскопски видљивих комплекса и структура.

На тај су се начин, као резултат дуге еволуције индивидуалних колоидних система који су се некада издвојили, одделили из првобитног воденог раствора органских материја, постали најпростији организми, првобитна жива бића. Овај нови облик постојања материје могао се изградити само на основу биолошких законитости које су се стварале у самом процесу постајања живота. Узалуд би покушавали да објаснимо помоћу ма каквих елементарних физичких или хемиских процеса постанак особина тако карактеристичних за организме као што су одређена грађа беланчевина, асиметрија протоплазме, изузетна брзина и саглашеност биохемиских реакција, способност самообнављања итд.

Све те особине управо зато тако оштро одвајају живо од неживога, што су постале као резултат појава које данас не запажамо у неорганској природи, у првом реду као ре-

зултат „природног одабирања“ индивидуалних колоидних творевина које су се стално мењале и повећавале.

Ми смо на примеру фермената показали да су се такви савршени, такви „целисходно саграђени“ комплекси могли изградити само благодарећи дејству „природног одабирања“ које је уништавало све неуспеле комбинације и остављало за даљи развитак само оне системе који су најбрже, најрационалније вршили своје функције изузетно моћних специфичних катализатора. То исто „природно одабирање“ довело је до стварања одређеног ритма у грађи беланчевинастих материја и до такве усклађености појединих реакција која је обезбедила изузетно савршенство асиметрије протоплазме итд.

Додуше, праслика тих особина у њиховом почетном стању зачетка може се наћи и у безживотним појавама, на пример код вештачких или природно посталих коацервата. Ту је, као што смо видели, постојала извесна врло непостојана асиметрија и извесна веома елементарна структура, ови или они неоргански катализатори итд. Али су услед дејства „природног одабирања“ све те особине достигле такав ступањ савршенства да ми с правом можемо поворити о појави новог облика постојања материје, о квалитативном „скоку“ у еволуцији материје.

Тај „скок“ ми запажамо нарочито јасно због тога што су све прелазне карике које су у еволуционом процесу везивале живо и неживо, већ давно ишчезле са лица Земље. Свуда где су спољашњи услови повољни за развитак живота, ми данас сусрећемо бескрајну множину већ сасвим изграђених високо организованих живих бића. Ако би се данас под овим условима и појавила негде органска материја, њена еволуција не би могла бити дуга. Њу би врло брзо уништили, појели микроорганизми што насељавају земљу, воду и ваздух. Отуда смо ми данас лишени могућности да у природним условима непосредно посматрамо описани процес еволуције органских материја, процес зачетка живота. Ми знамо само почетак тог процеса у облику органске материје сконцентрисане у коацерватима, и његов крај у облику већ сасвим изграђених савремених најпростијих организама. Али проучавајући смилшљено организацију и једних и других творевина, ми можемо у мислима да премостимо провалију која данас раздваја та два облика постојања материје

ЛИТЕРАТУРА

1. A. K l u y v e r. Erg. d. Enzymforsch. 4, 230. 1935.
2. W. K u h n. Erg. d. Entzymforsch. 5, 1. 1936.
3. P. R i t c h i e. Asymmetric syntesis and asymmetric induction. Oxford. 1933.

4. W. Langenbeck u. G. Triem. Zeit. physikal. Chem. 177, 401. 1936.
5. H. Krebs. Zeit. physiol. Chem. 217, 191. 1933; Bioch. J. 29, 1620. 1935; Ann. Rev. Biochem. 5, 247. 1936.
6. B. Kisch. Biochem. Zeit. 280, 41. 1935.
7. Г. Гаузе. Асимметрия протоплазмы. Изд. Акад. Наук. 1940.
8. W. Mills, J. Soc. Chem. Industry, 51, 750. 1932.
9. W. Langenbeck. Die organischen Katalysatoren. Berlin. 1935.
10. K. Lohmann u. Ph. Schuster. Biochem. Zeit. 294, 188. 1937.
11. K. Zeile u. H. Hellström. Zeit. physiol. Chem. 192, 171. 1930. 195, 39. 1931.
12. А. Кузин. Органические катализаторы при синтезе сахаров. Тр. 3-го Моск. Госуд. мед. инст., вып. V. 1940.
13. R. Kuhn. Zeit. physiol. Chem. 125, 28. 1923.
14. W. Grassmann. Erg. d. Enzymforsch. 1, 129. 1932.
15. А. Шмук. Докл. Всесоюзн. Акад с-х. Наук им. В. И. Ленина, св. 23—24, стр. 42. 1938.
16. E. Terroine et F. Szucs. C. R. 190, 76. 1930; Ann. de physiol. et de physico-chimie biol. 6, 129. 1930.
17. A. Voivin. et L. Mesrobian. C. R. 8, biol. 114, 302. 1933.
18. А. Белозерский. Микробиология, 8, 504, 1939.
19. А. Имшенецкий. Строение бактерий, Из. Ак. Наук. 1940.
20. А. Кизель. Успехи современной биологии, 11, 1. 1939.
21. S. Mereschkowsky. Biol. Centralblatt, 30, 278, 321, 353. 1910.
22. Э. Минчин. Эволюция клетки, пер. Шайкиной. 1923.

ГЛАВА IX

ДАЉА ЕВОЛУЦИЈА ПРВОБИТНИХ ОРГАНИЗАМА

Са образовањем првобитних организама стварно се завршава питање постанка живота на Земљи. После тога већ долази историја даљег развитка, даље еволуције живих бића. Али пажљиво проучавање те следеће еволуције даје нам велике могућности да схватимо процесе који су се одигравали до постанка живота, у време његовог стварања и које данас не можемо посматрати под природним условима, јер су све прелазне карике између живе и неживе материје, сви коацервати и првобитне колоидне творевине већ давно ишчезли са лица Земље.

Жива бића што стоје на различитим ступњевима еволуционе лестнице немају ни изблиза исту организацију протоплазме. И њен састав, и присуство одређеног скупа ферментата, и структура живе супстанце могу се у знатној мери разликовати код претставника појединих систематских група организама. Али та разлика нарочито јасно пада у очи у погледу размене материја, у погледу временске организације протоплазме.

Упоредно проучавање те организације показује да се извесне њене црте јављају код свих живих бића без изузетка, да су, такође, дате у самој основи живе супстанце. Напротив, друге форме организације појављују се тек на одређеном ступњу филогенетског развитка; оне претстављају само допунску „надградњу“ која се постепено изграђивала у процесу даљег усавршавања, даље еволуције најпростијих организама. Утврђујући поступни ток те еволуције, то постепено компликовање организације живе супстанце на прелазу од нижих организама ка вишим, ми можемо да изградимо извесну претставу и о оним облицима организације материје који су претходили појави најпростијих живих бића.

На тај начин нам упоредно проучавање биохемиских процеса код данашњих живих бића допушта да до извесне мере судимо и о току постајања првобитних организама. Као

и анатом, који репродукује слику еволуционог развика појединих животиња проучавајући и срањујући грађу њихових органа, тако и биохемичар, на основу испитивања хемичких процеса што леже у основи различитих животних појава, може да изгради претставу о поступним етапама кроз које је прошла еволуција што је довела до постанка живих бића.

Према тим схватањима која су била изложена у претходним главама, један од најстаријих, првобитних процеса морао је бити процес узимања, асимилације органских материја растворених у околној средини. Већ су и најпростији ксацервати располагали способношћу адсорпције тих материја. У основи читаве даље еволуције поменутих колоидних творевина лежало је „природно одабирање“ оних међ њима које су најбрже, најбоље асимиловале материје из околног раствора. Отуда су сви првобитни организми, постали као резултат те еволуције, морали већ од самог почетка располагати организацијом која би им омогућавала исхрану органским материјама. Та је способност морала бити постављена у саму основу грађе живе супстанце.

Према томе, ако је исправно све оно што смо раније изложили, том способношћу морају и данас располагати сва савремена жива бића произашла од поменутих првобитних организама. И стварно, способност исхране органским материјама сусреће се, са појединачним стварним изузецима, код свих живих бића, без обзира на то што су се многа од њих већ одавно прилагодила на самосталну исхрану неорганским материјама.

Већина данас постојећих врста организама способна је да се храни искључиво органским једињењима. Ту долазе како више тако и ниже животиње, огромна већина бактерија и све врсте гљива. Већ сама та чињеница веома је демонстративна. Тешко је претпоставити да је постанак свих тих разноликих живих бића везан за изврстан регрес, за губитак способности аутотрофне исхране. Требало би претпоставити да је тај губитак изведен у таквој потпуности да ни код једне од поменутих врста ми не наилазимо ни на какве знаке, ни на какве рудименте апарата који би им раније омогућавали самосталан начин исхране неорганским материјама. Таква претпоставка је одвећ мало вероватна.

Напротив, проучавање типичних аутотрофних организама, специјално зелених биљака, показује да су, они у знатној мери сачували способност да се хране готовим органским материјама. Та је способност нарочито јасно изражена код нижих претставника биљног света, код различитих врста алга. Без обзира на то што та жива бића могу да живе потпуно аутотрофно, вештачки начин исхране органским мате-

ријама показује да се у многим случајевима он веома повољно одражава на њихово развиће [1]. При томе је сасвим јасно утврђено да је ту, у питању управо непосредна асимилација органских материја. Та асимилација може да иде упоредо са процесом асимилације угљене киселине, али се тај процес може у многим случајевима лако искључити и алге могу бити преведене на искључиво сапрофитски начин живота. Модрозелене алге се нарочито бујно развијају у присуству органских материја, на пример *Nostoc* [2], диатоме, и чак извесне зелене алге, на пример *Spirogyra*. Извесне врсте ове алге, а исто тако и многе модрозелене алге, у природним условима, очевидно искоришћују органске материје загађених вода. У сваком случају, оне се бујно развијају управо у присуству органских материја. Све то указује на то да су поменути организми првобитно располагали способношћу органске исхране и тек су се доцније у току еволуције, на томе основном механизму изградили нови облици организације који су алгама омогућили да асимилију неорганске материје. Опуда се оне могу под одговарајућим условима, тако лако вратити на некадашњи првобитни начин исхране.

Али исто то важи и за више зелене биљке, организме који су се већ одавно специјализовали за асимилацију угљене киселине у процесу фотосинтезе. И не узимајући у обзир то да се велики број ћелија тела виших биљака уопште може хранити само на рачун органских материја (ћелије корена, стабла итд.), чак су и ћелије са хлорофилом, са њиховим изванредно диференцираним и високо организованим асимилационим апаратом, сачувале способност исхране готовим органским материјама. То показују како посматрања развића пупољка и етиолираних листова [3], тако и огледи са вештачким чистим (стерилним) културама виших биљака [4]. У тим је огледима пошло за руком да се у растворима шећера и њему сличних материја гаје више биљке у отсуству светлости у току читаве вегетационе периоде. Исто је тако било могуће, помоћу Мотесове методе и непосредним унашањем раствора органских материја кроз стоме и паренхим зелених листова, утврдити способност паренхимских ћелија да те материје асимилију. Наиме у мојој лабораторији А. Курсанов је показао да се при таквом „храњењу“ зелених листова помоћу шећера, може утврдити знатно повећавање количина беланчевинастих материја (извор азота била су у тим случајевима неорганска једињења).

Како је већ речено, многи истраживачи су подржавали и данас подржавају, гледиште да се угљеник појавио на земљиној површини у облику угљене киселине. Из таквог схватања неизбежно излази да су првобитна жива бића морала

располагати способношћу за самосталну аутотрофну исхрану, да су морала асимилovati угљену киселину као извор угљеника. Међутим такво схватање стоји у битној противуречности са свима подацима које нам може пружити проучавање систематике нижих организама. Та је противуречност већ давно привлачила пажњу многих биолога. Првобитни постанак зелених организама способних за асимилацију изгледао је сасвим невероватан, јер није тешко увидети да фотосинтеза, да би могла постојати, захтева врло високо развијену организацију. Отуда је са открићем извесних врста бактерија способних да се хране искључиво минералним материјама, искоришћујући за то хемиску енергију егзотермних реакција као што су оксидација амонијака у азотасту и азотну киселину, оксидација сумпорводоника у сумпорну киселину, превођење ферооксида у ферооксид, — на те организме обраћена нарочита пажња управо са поменутог гледишта. Нитрифицирајуће бактерије, бактерије које оксидишу сумпорводоник, гвожђевите бактерије, биле су врло брзо проглашене за обрасце живих бића која су се прва појавила на земљиној површини. Такво гледиште био је изнео већ С. Винogradски (рођен 1856 год.) после тога пошто је по први пут утврдио способност нитрозних бактерија које је пронашао да се одржавају у отсуству органских материја [5]. Ову је мисао подробније развио Х. Осборн [6] у књизи „Порекло и еволуција живота“. У истом смислу је иступио и В. Омељански [7].

Разлог да се поменуте бактерије огласе за првобитна жива бића лежи у претпоставци њихове „примитивне размене материја“. Али пажљиво разматрање питања показује да она ни издалека није тако примитивна. У томе погледу поменуте аутотрофни организми се могу поставити у исти ред са зеленим аутотрофним бићима, макар и са најпростијим модрозеленим алгама. Као што је за фотосинтезу потребна одређена диференцирана структура протоплазме, тако се и асимилација угљене киселине на основи хемосинтезе (нитрификације, оксидације сумпора, гвожђа итд.) може вршити само у присуству високо развијене организације живе супстанце која је могла постати само путем дуге еволуције организама. Потребно је покрај тога напоменути да је за обављање свих поменутих процеса хемосинтезе потребан пре свега молекуларни кисеоник који, као што смо већ видели, није постојао у првобитној атмосфери Земље и појавио се тек када је живот на нашој планети врло далеко одмакао у свом развоју.

Према томе, претпоставка о првобитном постанку нитрифицирајућих и других сличних бактерија, није унела ничег принципијелно новог у схватања порекла живота која су

већ постојала. Са истим би се успехом могло говорити и о првобитном постанку зелених аутотрофних организама, ако би стали на гледиште да је само угљена киселина била првобитни материјал за изградњу живих бића. У исти мах, та претпоставка ниуколико не отклања противуречност која је постојала између поменутог гледишта и чињеница што их пружа систематика нижих организама. Према тим чињеницама, микроорганизми способни за хемосинтезу могу претстављати само бочне огранке главног еволуционог пута којим је ишао развитак свих осталих живих бића. Читав низ разматрања на којима ћемо се мало ниже задржати, убеђује нас у то да је та доста изолована група живих бића морала постати у релативно доцнијој периоди еволуције органског света, отприлике онда када су се појавили први аутотрофни организми способни за фотосинтезу.

Овде треба исто тако отклонити и широко распрострањено мишљење да су нитрификатори и слични организми потпуно лишени способности да асимилују органске материје и да су те материје чак отровне за њих. То се мишљење заснива на опажањима да се поменуте организми не развијају на хранљивим подлогама које у себи садрже гликозу и друге угљене хидрате. Али ми познајемо читав низ бактерија којима угљени хидрати такође не могу послужити као извор угљеника. Па ипак су ти организми сасвим способни да се хране фенолом и чак толуолом, тј. таквим органским материјама које претстављају типичне отрове за већину бактерија и због тога се широко употребљују као антисептици. Читаво се питање према томе своди само на то, у облику каквих једињења и у каквим концентрацијама органска материја постаје доступна једном или другом организму.

Питање који су организми што данас насељавају Земљу најближи првобитним живим бићима, још се не може сматрати као решено. Извесни систематичари сматрају да су такви организми бактерије [8], пошто је њихова протоплазма најмање диференцирана и сем тога палеонтолошка испитивања показују да су оне постојале већ у палеозојској, па чак и у архајској периоди. Други научници сматрају међутим да бактерије претстављају само бочну грану еволуционог процеса, а да су преци свих живих бића на Земљи облици блиски групи *Flagellata* [9].

Али и у једном и у другом случају најпримитивнијим организмима, облицима који стоје на самом почетку систематске лествице, сматрају се жива бића која су способна да се хране само органским једињењима. Ако извесни систематичари одбијају да их сматрају за бића најближа првобитним организмима, то се не заснива на каквим систематскоморфолошким подацима, него на унапред савроеном (и како

смо видели погрешном) мишљењу да је угљена киселина могла да послужи као извор угљеника за првобитна жива бића.

Према томе, проучавање данашњих организама доводи до закључка да је способност асимилације растворених органских материја најстарија, најпримитивнија форма исхране, и да она одликује најпростије организоване од свих живих бића која данас познајемо.

У исти мах, у пуној је сагласности са мишљењем да се способност за асимилацију органских материја почела изграђивати још задуго пре постанка првобитних организама, и чињеница, да чак и најпростије организоване данашња жива бића располажу већ сасвим изграђеним, врло савршеним апаратом који омогућује да се органске материје примају и асимилију изузетном брзином. Проучавање многобројних врста бактерија показује да ти микроорганизми могу уносити у себе органске материје чак и онда кад се оне налазе у раствору у ништавној концентрацији. И у природним условима, низ микроорганизма што улазе у састав планктона, живи на рачун растворених органских материја које се само у траговима налазе у околној средини.

Ова појава потпуно одговара добро познатој изузетној способности микроорганизма да адсорбују органске материје. Многи огледи показују да бактерије адсорбују те материје са невероватном брзином и потпуношћу. Исто тако брзо тече и прерада, асимилација материја које су микроорганизми адсорбовали. Као што то показују срачунавања В. Вернадског [10], које величине 10^{-12} cm^3 могу под повољним условима да путем размножавања награде за мање од 36 часова плочу која би покрила целу земљину, лопту. Ова величина „енергије растења“ карактерише брзину са којом поменути најпростији организми асимилију органску супстанцу. Несумњиво да за такву делатност они морају располагати добро изграђеним унутрашњим физичко-хемијским апаратом, који се могао појавити само као резултат дугог „природног одабирања“ колоидних система најсавршенијих у томе погледу.

Није без интереса довести у везу схватање да способност асимиловања органских материја лежи у самој основи грађе данашњих живих бића, са подацима о образовању такозваних „секундарних“ бактеријелних култура. Већ је Д'Ерел [11] запазио да се под дејством бактериофага једна култура дизентеријских бацила може потпуно растворити (лизирати) тако да у њој уопште не буде видљивих бактерија. Али се каткада, после краћег или дужег времена, раствор почиње да мути и у њему се јављају нормални дизентеријски Шигови бацили. Сличну појаву је проучавао и Одируа [12]. Тај је аутор дошао до закључка да прили-

ком дејства бактериофага долази до распадања „дезагрегације“ тела бактерија на велики број „одломака“. Један део тих „одломака“ је способан да пролази кроз бактеријелни филтар и претставља такозване невидљиве форме бактерија. Доцније се их тих одломака могу поново образовати нормалне бактерије (секундарне културе). Веома је интересантно да ти засебни „комадићи“ бактерија очевидно имају способност да расту у различитим органским срединама, без обзира на то што многе биохемиске особине првобитних култура бивају битно измењене приликом дробљења бактерија. Према томе, и овај пример показује да способност асимиловања органских једињења лежи у самој основи грађе живе супстанце.

Разуме се да сам хемизам асимиловања разноликих органских материја може да варира, код различитих живих бића, у доста широким границама. У процесу еволуције организама, унутрашњи хемиски механизми који омогућују ту асимилацију, могли су и морали су, да се много пута мењају у односу како на спољашње тако и на унутрашње услове егзистенције. Они су се постепено компликовали све новијим и новијим надградњама. Али без обзира на то, упоредно проучавање размене материја код данашњих живих бића допушта да се без тешкоћа констатује да и ту у основи асимилације органских материја леже исте главне реакције које су се морале одиграти у првобитним организмима још од самог почетка њихове појаве.

Према тим схватањима која су већ била изложена, полазна тачка за стварање првобитних организама била су „спонтане“ хемиске међудејства у земљиној хидросфери између незасићених угљоводоника и њихових најпростијих деривата, и околних молекула воде. У процесу даље еволуције колоидних творевина измениле су се брзине појединих реакција и дошло је до извесне њихове повезаности у времену. Међудејство тих реакција јако се компликовало и усавршило. Али су реакције у принципу остајале саме по себи исте.

Отуда се и асимилација органских материја од стране првобитних живих бића могла вршити само на тој ранијој основи. Ако је исправно све оно о чему смо говорили у претходним главама, та се асимилација морала одликовати трима главним особеностима. Пре свега, главне реакције којима су се подвргавале органске материје асимилване од стране првобитних организама, морале су да носе егзотермни карактер. Оне су у том погледу морале бити сличне реакцијама које су се „спонтано“ одигравале у водама првобитног океана. Друго, пошто у тадашњој земљиној атмосфери није било нимало слободног кисеоника, промене органских мате-

рија мogle су се вршити само на основи њиховог међудејства са елементима воде. На тој се основи одигравао специјално процес оксидације органских материја, онај процес који претставља неопходну карику у ланцу реакција егзотермне синтезе. Најзад треће, као основни извор исхране угљеником за првобитне организме морала су служити једињења са угљениковим низовима само делимично хидроксилованим, релативно богатим групама — CH_3 и — CH_2 —, а који су често садржавали у своме молекулу двогубе везе међу угљениковим атомима. Једини извор органских материја у то време претстављали су незасићени угљоводоници који су се стварали благодарећи међудејствима између карбида и воде. При својој хидратацији ти су угљоводоници давали деривате типа ацеталдехида, алдола и других сличних производа кондензације. Првобитни организми морали су бити прилагођени на исхрану управо тим материјама.

Данас су се услови исхране савремених живих бића органским материјама корениито изменили. Од незасићених угљоводоника који су некада првобитно постали на земљиној површини, није остало ни трага. Ако се данас на Земљи и врши негде слично образовање органских једињења, оно не игра никакву улогу у размени материја највећег броја савремених организама. Та се размена у једном делу конструкције угљениковог скелета органских материја потпуно заснива данас на једињењима која се стварају при асимилацији угљене киселине у зеленим биљкама, при фотосинтези. Као што је познато, таква једињења су угљени хидрати који служе као главни извор исхране угљеником за већину савремених организама. Али је за угљене хидрате карактеристична околност да су, сви атоми њиховог угљениковог низа хидроксиловани. Тиме се они принципијелно разликују од раније поменутих једињења типа алдола.

Асимилација угљене киселине која се јавила у одређеној етапи еволуције живих бића, није само изменила карактер исхране угљеником, него је донела и корениту промену услова постојања савремених организама. Управо се благодарећи процесу фотосинтезе појавио слободни кисеоник у атмосфери Земље, што је створило предуслове за основно преуређење и рационализацију размене материја. На тој су основи многи савремени организми стекли способност за такве измене материје и енергије, које никако нису могла вршити првобитна жива бића.

Али без обзира на све те особености и одлике, брижљиво проучавање размене материја код различитих данашњих организама показује да у основи те размене леже исти унутрашњи „хемиски механизми“ којима су морала располагати и првобитна жива бића. Та се чињеница може објаснити

само са еволуционог становишта. Под данашњим условима, такви „механизми“ не би се могли изградити, али су они наслеђе прошлости и у низу случајева одражавају реакције које су се одигравале још у првобитним растворима органских материја.

Недавно је В. Таусон [13] вршио детаљна испитивања трансформације енергије, у процесу оксидације разноликих хранљивих материја, специјално различитих органских киселина (малонске, ћилибарне, глутарне, адипинске, суберинске, азелаинске, себацинске и винске), који процес врше плесни. Он је поредио енергетски еквивалент угљене киселине који се добија потпуним сагоревањем поменутих киселина, са коефицијентима искоришћавања енергије и угљеника тих киселина од стране плесни. Први од поменутих коефицијената претставља однос количине енергије, скупљене у телу организма приликом његовог развића, са њеном количином, садржаном у употребљеним хранљивим материјама. Други коефицијент карактерише однос количине угљеника садржаног у новоствореном мицелијуму, према количини тог елемента који се налазио у утрошеном супстрату.

Ако би ствар стајала тако да се синтеза органских материја употребљених за изградњу растућег мицелијума, врши на основу ендотермних реакција и ако би се за то потребна енергија добијала на рачун енергије што се ствара при сагоревању, поменутих киселина у процесу дисања, морао би постојати извештан паралелизам између величина енергетског еквивалента ослобођење угљене киселине при дисању, и поменутих коефицијената. Сасвим је разумљиво да у томе случају хемиска грађа киселине искоришћена за дисање не игра битну улогу, и све се своди само на то каква се количина енергије може створити при њеном сагоревању, тј. своди на њен енергетски еквивалент. Исто би тако и између поменутих коефицијената искоришћавања енергије и угљеника нужно морао постојати строги паралелизам, у случају ако би синтетички процеси носили ендотермни карактер.

Међутим, непосредни експериментални резултати показују потпуно одсуство ма какве зависности између поменутих величина. Таусон је на основу тога изразио сумњу у ендотермни карактер синтетичких процеса што се одигравају у живим ћелијама. Упоредо с тим он је конструисао схему ланца егзотермних реакција услед којих долази до претварања свих набројаних киселина у материје тела гљива. Те схеме допуштају да се изведу баланси енергије и угљеника и да се теориски израчунају „стварни“ коефицијенти искоришћавања енергије и угљеника тих киселина од стране хетеротрофних организама. Тако срачунати коефицијенти били су необично блиски експериментално утврђеним

одговарајућим коефицијентима. То чини вероватним схватање које заступа аутор, да у савременим живим бићима многе синтетичке реакције, ако не све, теку исто тако „спонтано“ као што је то био случај и у првобитном раствору органских материја. Према томе, у основи размене материја код савремених организама леже управо оне форме организације које су ти организми добили од првобитних живих бића.

Таусонове схеме егзотермних синтеза у принципу су сличне са раније поменутим ланцем реакција услед којих се млечна киселина претвара у гликозу. Један од основних момената је ту оксидација материја улотребљених за синтезу, помоћу кисеоника узетог при дисању. Оксидовани део молекула одваја се затим у виду угљене киселине у процесу декарбоксилације, и на тај начин долази до нагомилавања редуктованих угљеникових атома (метилних и метилених група). На тај се начин наине образује ацеталдехид и његови најближи деривати. Из тих материја, услед њихове алдолне кондензације, постају угљеникови скелети што леже у основи синтетизованих једињења у ћелици (масти, аминокиселина итд.).

Према томе, један од битних момената у поменутим схемама егзотермних реакција лежи у процесу оксидације органских материја путем кисеоника из ваздуха. Изгледа на први поглед да се овде сусрећемо са битном разликом између описане размене материја и размече код првобитних живих бића. Већ је раније напоменуто да се код тих бића такав процес није могао вршити услед отсуства слободног кисеоника у некадашњој атмосфери Земље. Али пажљиво испитивање показује да је ова противуречност само привидна и да се оксидациони процеси код савремених организама заснивају на истом хемиском механизму којим су морали располагати и првобитна жива бића.

Ствар је у томе да је у Таусоновим схемама оксидација органских материја путем молекуларног кисеоника дата ради упрошћавања. У живим организмима уствари никада не долази до такве оксидације угљених хидрата и другог респирационог материјала, него се оксидација врши једино помоћу везаног кисеоника воде, тј. управо на начин који је једино био доступан првобитним живим бићима

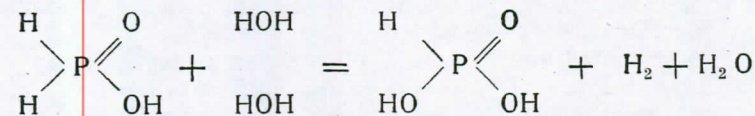
Већ давно је утврђено да је аналогија између дисања и сагоревања (на коју је указао још Лавуазје) сасвим блиског карактера. На обичној температури, органске материје не могу да сагоревају, да се непосредно оксидују до угљене киселине и воде путем кисеоника из ваздуха, како изван живих организама тако и у њиховој унутрашњости.

Ту се врши само такозвана хидролитичка оксидација на рачун везаног кисеоника воде.

Да би схватили ту појаву, треба да се упознамо са схватањем које је још крајем прошлог века био изнео М. Траубе [14]. Тај је аутор пошао од схватања заснованог на експерименту да се у отсуству воде уопште не може вршити никакав оксидациони процес на рачун слободног кисеоника из ваздуха. Тако на пример, метални натриум сачува свој сјај у потпуно сувом кисеонику, што значи да не долази до оксидације овог метала који се иначе веома лако оксидује. Пламен угљенмоноксида одмах се гаси ако се унесе у атмосферу кисеоника потпуно лишена водене паре. То је довело Траубеа до уверења да материје што се оксидују бивају оксидоване не путем слободног гасовитог кисеоника из ваздуха него пре свега путем везаног кисеоника воде.

Најпростији случај хидролитичке оксидације претставља разлагање воде помоћу алкалних метала, тј. њихова оксидација помоћу хидроксила воде, с издвајањем одговарајуће количине водоника: $\text{Na}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaOH} + \text{H}_2$.

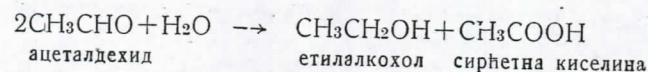
Разлози термодинамичког карактера показују да разлагање воде са издвајањем гасовитог водоника, могу вршити само тела која располажу сразмерно великом резервом слободне енергије која се изражава у снажном афинитету према хидроксила воде. Такви су случајеви сразмерно ретки. Далеко су чешћи случајеви разлагања воде заједничким дејством два тела, од којих се једно оксидује помоћу хидроксила воде а друго прима, акцептује водоник. То се може објаснити на примеру реакције коју је најпре описао Енгел [15] а затим детаљно проучио А. Бах [16]. Соли хипофосфорасте киселине саме по себи не разлажу воду мерљивом брзином. Али ако се у водени раствор тих соли унесе мала количина црног паладијума, одмах ће хипофосфораста киселина почети да се оксидује у фосфорасту, а у исти мах ће се слободни водоник издвајати на паладијуму:



Схематички се та реакција може овако објаснити. Као што је познато, вода се врло малим делом разлаже на хидроксијоне и јоне водоника. Хидроксила је веома моћно и универзално оксидујуће средство, он нарочито лако оксидује хипофосфорасту киселину. Али ако из раствора ишчезне само један хидроксила, неће се вршити даље разлагање воде. Реакција оксидације зауставиће се на самом почетку.

број атома водоника успева да се сједини у молекуле и да се издвоји из бактерија у гасовитом облику. То је необично неповољно са становишта енергетске економије ћелице. Услед тога је у превирању маслене киселине коефицијент искоришћавања од стране живих организама оне енергије што се ствара при томе процесу, необично низак.

Међутим, већ и код бактерија маслене киселине сусрећемо други облик акцептовања водоника. И овде се водоник делимично искоришћује за редуковање прелазних производа у Каницаровљевој реакцији. Као пример такве реакције која се врши између делова једног истог молекула („унутрашњи Каницаро“), може да послужи већ споменуто претварање ацеталдола у маслену киселину. Таквој оксидационо-редукционој промени подвргавају се у процесу превирања маслене киселине и извесне количине триозе, при чему се образује млечна киселина. Ацеталдехид такође трпи извесним делом Каницаровљеву реакцију. Али овде у оксидационо-редукционом процесу учествују два молекула, од којих се један оксидује помоћу хидроксила воде у сирћетну киселину, а други редукује помоћу водоника у обични алкохол, према једначини:



Ми видимо дакле да су бактеријама способним да врше превирање маслене киселине дате могућности за постанак доста великог броја различитих крајњих продуката. Овде се налазе, у још нерегулисаном стању, физичко-хемијски механизми свих ових врења која су се доцније изградиле у савршеније облике. Ми ту констатујемо специјалне реакције које леже у основи и алкохолног врења, и врења млечне и сирћетне киселине. Али су овде те реакције само бочни огранци главног процеса. У процесу еволуције долази до уређених односа између реакција и до учвршћивања одређених путева енергетске размене. На тај начин настају из хаоса превирања маслене киселине хармоничнији и савршенији процеси, као што су на пример алкохолно врење и врење млечне киселине.

Нећемо се подробније задржавати на хемизму тих врења; то је већ учињено раније. Треба само указати на то да је једно и друго врење анаеробно и да се оксидација органских материја која се у њима одиграва, врши на рачун хидроксила воде, док се водоник употребљава за редуковање прелазних продуката и искоришћује се за редукционе процесе синтезе протоплазматичних материја. Благодарећи великој сложености тих процеса коефицијент искоришћава-

ња енергије овде је знатно виши но у превирању маслене киселине.

Проучавање детаља хемизма свих описаних типова превирања омогућује нам да до извесне мере оцртамо слику поступне еволуције унутрашње хемиске организације код најпростијих живих бића. Први ступњеви преображаја приближно су једнаки у свима поменутим врењима. Свуда долази до образовања триоза и до оксидације помоћу хидроксила из воде. Али је судбина ослобођеног водоника различита. Она зависи од односа брзина реакција редукције и других реакција што се истовремено обављају. При превирању маслене киселине, редукциони процеси теку необично споро. Карбоксилне групе ацеталдехида које би могле да присаједине себи водоник, ишчезавају са далеко већом брзином у процесу алдолне кондензације приликом образовања маслене киселине. Атоми водоника сједињују се у молекул и издвајају у облику елементарног гаса. Код бактерија млечне киселине редукциони апарат се већ налази на знатној висини; отуда се ту водоник више не може издвојити у молекуларном облику и њега брзо акцептује пирогрођјана киселина која при том бива редукована до млечне киселине. У квасцу, редукционе реакције могу исто тако тећи врло великом брзином; али су оне ту строго координиране са дејством карбоксилазе, фермента који не постоји код бактерија млечне киселине. Тај фермент разлаже пирогрођјану киселину на угљену киселину и ацеталдехид, и само се овај последњи подвргава редукцији помоћу водоника воде.

На тај су начин процеси алкохолног врења и врења млечне киселине постали као резултат регулисања одређених делова врења маслене киселине. Они су у исто време били два типа превирања који су прешли и у сложеније организована жива бића; та превирања наиме леже у основи енергетске размене свих савремених виших животиња и биљака обдарених већ способношћу дисања.

Још је Пфлигер [20], који је први открио такозвано анаеробно дисање код виших животиња, изнео мисао да тај процес није патолошки и да он не претставља ситне биолошке прилагођености за преживљавање кратке периоде у којој је организам лишен кисеоника. По мишљењу Пфлигера, способност анаеробног разлагања угљених хидрата лежи у основи читавог нормалног респирационог процеса. Нешто доцније је В. Пфефер [21] утврдио аналози случај за више биљке. Он је показао да биљке, лишене атмосферског кисеоника, стичу способност такозваног интрамолекуларног дисања које је по своме хемизму, потпуно слично алкохолном врењу. Доцнија испитивања В. Паладина и

нарочито С. Костичева [22] показала су да у огромној већини случајева процес и при нормалном дисању почиње са анаеробним распадањем угљених хидрата. Али у доступу ваздуха, прелазни продукти алкохолног превирања, услед дејства специјалних оксидазних механизма, оксидују се до угљене киселине и воде. Ако се вештачки отстрани слободни кисеоник, процес ће нормално довести до образовања алкохола и угљене киселине. С. Костичев [23] даје следећу схему која илуструје однос поменутих процеса:



Исто је тако и детаљно испитивање хемизма дисања виших животиња које су поглавито вршили О. Мајерхоф [24], Г. Ембден [25] и И. Парнас [26], показало да у основи тога процеса лежи анаеробно, млечно превирање. Сви први ступњеви мишићног дисања одговарају првим ступњевима поменутих врсте превирања, и тек се доцније надовезује на њих оксидација помоћу слободног кисеоника из ваздуха.

И тако је дакле енергетска размена свих живих бића првобитно носила анаеробни карактер, била заснована само на међудејству органских материја са молекулима воде. Отуда је могуће, слично ономе како се у случају аутоτροφног начина исхране организам може повратити староме сапрофитном начину живота, да се и при дисању острани до извесне мере аеробни ступањ и да се виши организам нагна да се извесно време врати старијем, првобитном начину разлагања органских материја. Покрај тога, ми познајемо обсежне групе најпростијих организама које стоје на још нижем ступњу развића и зато још нису у процесу еволуције стекли способност за кисеоничко дисање. Услед тога оне данас и у присуству слободног кисеоника врше енергетску размену старијим, мање савршеним методама.

Као што је већ раније речено, жива бића која су се прва јавила на земљиној површини, могла су да искористе за угљеничну исхрану само деривате незасићених угљоводоника који су се створили међудејствима карбида са воде-

ном паром. Специјално су у том погледу морали бити од великог значаја ацеталдехид, алдол и други слични деривати, чији су молекули сразмерно богати групама — CH_2 —, — CH_3 итд. Знатну количину угљоводоничних група налазимо и у једињењима која играју основну водећу улогу у грађи савремене протоплазме, у беланчевинама и у липоидима. У томе погледу поменута једињења далеко више одговарају дериватима ацеталдехида него угљеним хидратима (из којих се она данас стварно образују), пошто су код њих других једињења сви угљеникови атоми хидроксилловани. Неволно се намеће мисао да се у тој грађи беланчевина и липоида одражава њихово првобитно порекло од првобитних деривата незасићених угљоводоника, да се хемиски састав живе супстанце морао изградити давно пре но што су се услед фотосинтезе почеле стварати на Земљиној површини огромне количине угљених хидрата.

Како било, данашња жива бића су у сваком случају принуђена да за изградњу материја своје протоплазме врше делимично редуковање угљених хидрата, реакцију која је за првобитна жива бића што су се хранила дериватима ацеталдехида била сасвим излишна. Та се реакција своди на редуковање једног од хидроксиллованих атома угљениковог низа, уз истовремену оксидацију другог његовог атома („унутрашњи Каницаро“).

Савремену периоду живота треба посматрати као епоху исхране угљеним хидратима. Данас фотосинтези припада готово искључиви монопол првобитног стварања органских материја. Али као резултат поменутог процеса постају пре свега угљени хидрати који су основни извор угљеничне исхране за огромну већину савремених организама. Отуда поменута реакција („унутрашњи Каницаро“) одликује готово сва данашња жива бића. Чак и најпримитивније бактерије превирања маслене киселине, као што смо видели, располажу том способношћу, пошто у противном случају оне не би могле искористити резерве угљених хидрата које данас служе као почетни материјал поменутог превирања.

Утолико је интересантнија чињеница да има организама који чак и данас, у епохи монопола исхране угљеним хидратима, никако нису способни да асимилују гликозу или каквав други шећер и искоришћују као једини извор угљеника цикличне и полицикличне угљоводонике као што су бензол, толуол, фенантрен, аценафтен и њихове најближе деривате (фенол, салицилну киселину, итд.). Те такозване „циклисте“ испитао је у последње време нарочито детаљно В. Таусон [27], који их је издвојио из терена нафтоносних области што садрже знатну множину различитих бактерија способних да разлажу како нафту, тако и њене поједине

фракције, керозин, мазут, мазива уља итд. Угљоводонике садржане у тим мешавинама искоришћују поменуте бактерије као једини извор угљеника и енергије.

На основу испитивања размене материја код тих бактерија Таусон [28] долази до закључка да је неспособност „циклиста“ да се хране гликозом, фруктозом, манитом, глицерином, винском киселином и другим сличним једињењима која претстављају изванредан хранљиви материјал за огромну већину савремених микроорганизама, везана за отсуство способности да врше преображаје првобитно алкохолне групе у метилну помоћу интрамолекуларне Каницаровљеве реакције. Према томе, те бактерије не могу да стварају ацеталдехид из угљених хидрата и других сличних једињења, што их лишавља могућности да синтетизују масне киселине и угљеников скелет аминокиселина. За ту сврху оне искоришћују други пут, пут раскидања бензолског језгра цикличких једињења, при чему се добијају само делимично хидроксиловани угљеникови низови који затим служе као материјал за изградњу протоплазматичних беланчевина и липоида. Тарсон износи мисао да су нитрифицирајуће бактерије лишене способности да се развијају на рачун угљених хидрата и сличних материја, због тога што још не располажу унутрашњим хемиским механизмима који су неопходни за Каницаровљеву интрамолекуларну реакцију.

И тако дакле Каницаровљева унутрашња молекуларна реакција, за чије се вршење способност, по нашој претпоставци, морала јавити тек у релативно доцнијим етапама еволуције, у вези с појавом исхране угљеним хидратима, није неутуђиво својство сваке живе супстанце. Она претставља само заобилазни пут за изградњу протоплазматичних беланчевина и липоида из угљених хидрата. Отуда она не постоји код „циклиста“ који се хране угљоводоникима и њиховим најближим дериватима и који су у вези с тим сачували у томе погледу, старији облик размене материја.

Али искоришћавање само делимично хидроксилованих једињења као извора угљеничне исхране, поставља у сасвим оштром облику питање уклањања водоника који се ствара приликом хидролитичке оксидације органских материја. Већина савремених „циклиста“ и других организама што искоришћују угљоводонике као извор хране, прилагодили су се на постојеће аеробне услове и изградиле у себи моћне оксидационе системе, који им омогућују да отстрањују ослобођени водоник у процесу дисања помоћу слободног кисеоника из ваздуха. Али су првобитна жива бића била лишена те могућности. Ту су још једна друга методе удаљавања водоника. Специјално се може претпоставити да је и образовање водоника у превирању маслене киселине,

веома нерационално у енергетском погледу, наслеђе из далеке прошлости када су организми морали да се по сваку цену ослобађају водоника воде који се стварао у процесу хидролитичке оксидације.

Као пример другог начина удаљавања водоника, доступног првобитним живим организмима, може да послужи размена материја код различитих врста *Microspira*, коју је испитивао Таусон [29] у вези са процесом редуковања сулфата и оксидације битуминозних материја што се налазе у дубоким слојевима земљине коре. Таусон је показао да се под дејством тих бактерија парафин полако разлаже под анаеробним условима уз истовремено редуковање сулфата и образовање сумпор-водоника. Ту се врши оксидација парафина помоћу хидроксила воде, а водоник који се при томе ослобађа, удаљује се у процесу редуције сулфата. Дали огледи [30] су показали да не само парафин него и извесни полициклички ароматични угљоводоници као нафталин или фенантрен могу послужити као једини извор угљеника и енергије за десулфурирајуће бактерије под анаеробним условима. При томе долази до постепеног разлагања поменутих материја и до паралелног образовања сумпорводоника. На тај начин, поменути микроорганизми искоришћују оксидовање неорганске материје, у овом случају сулфата, за отстрањивање ослобођеног водоника. Тај пут су могла искористити и првобитна жива бића, која су живела у отсуству слободног кисеоника и употребљавала за своје синтезе најпростије деривате угљоводоника.

Најзад, обиље двогубих веза у дериватима незасићених угљоводоника који су служили као извор хране за првобитна жива бића, претстављало је за њих још једну могућност за отстрањивање ослобођеног водоника путем непосредног хидрирања тих веза. У данашњој епохи постојања Земље очевидно се не врши биолошко хидрирање незасићених угљоводоника. То показује чињеница коју је утврдио Е. Ледерер [31], да у савременом и субфосилном језерском муљу, где су се несумњиво стварали и где се стварају врло редуковани услови, каротиноиди изумрлих биљака не бивају хидрирани. На то сасвим јасно указују њихови карактеристични апсорпциони спектри одређени присуством двогубе везе у молекулу тих једињења. Међутим је Таусон [32], на основу продубљеног испитивања стварања нафте изнео мишљење да су изумрли виши организми морали располагати способношћу хидрирања незасићених угљоводоника и да је та способност тек доцније изгубљена, у процесу еволуције, у вези са преласком на исхрану угљеним хидратима.

И тако дакле продубљено упоредно проучавање размене материја код савремених организама показује да иако су данас услови постајања друкчији но што су били у доба постанка првобитних живих бића, ипак и данас у основи грађе живе супстанце леже исти хемиски механизми којима су располагала та жива бића. Карактеристичне особености хемиске грађе основних материја што улазе у састав протоплазме, егзотермност процеса синтезе, анаеробна основа енергетске размене, — читаво то наслеђе прошлости које је прешло на савремене организме од удаљених предака, одражава у себи услове који су постојали на земљиној површини приликом првобитног постанка најпростијих живих бића. У процесу даље еволуције стварали су се нови допунски механизми, нове „надградње“, али је основа организације живе супстанце остајала иста, и њено проучавање допушта да се одмере путеви постанка тог облика постојања материје.

Основни, а можда и једини извор органске хране првобитних живих бића били су угљоводоници постали на Земљиној површини, и њихови најближи деривати. Ако се резерва тих материја и попуњавала, то је у сваком случају могло бити само у врло ограниченој мери. Међутим, растење и размножавање живих организама све је више повећавало трошење органских материја. Оне су делимично улазиле у састав протоплазме, али су се у још већој количини разлагале, трошиле у процесу различитих превирања. На тај начин количина органских материја погодних да послуже као материјал за исхрану првобитних организама, морала се непрекидно смањивати. То је необично јако заоштравало борбу за опстанак и претстављало моћан фактор за даљу еволуцију првобитних организама, за даље усавшавање и компликовање њихове унутрашње хемиске организације. Али да је еволуција живих бића непрестано ишла само путем хетеротрофне исхране, поменути процес би пре или после дошао до свог природног краја, до потпуног ишчезавања органског хранљивог материјала и до пропасти свих живих бића. То се није десило само зато што су неки микроорганизми, благодарећи боји коју су стекли, добили могућност да искоришћују светлосну енергију.

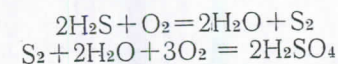
Интересантан пример организама способних да искоришћују светлосну енергију, претстављају пурпурне бактерије које је открио Х. Еренберг и зелене бактерије које је С. Виноградски нашао у водама богатим непотпуно оксидованим сумпорним једињењима. Међ многобројним микроорганизмима који стварају бојене материје као продукте животне радљивости, пурпурне и зелене бактерије имају ту карактеристичну особност да су њихови пигменти непосредно везани с протоплазмом и да по својим оптичким и

хемиским особинама стоје блиско каротиноидима и хлорофилима зелених биљака.

Тако су, према испитивањима В. Љубименка [33], црвени пигменти пурпурних бактерија, познати под скупним именом „бактериопурпурин“, материје блиске каротиноидима из групе ликопина. Сем тога, пурпурне бактерије увек садрже још и зелени пигмент означен као „бактериохлорин“. Иако се он оптички и хемиски разликује од хлорофила, даје при оксидацији модификацију оптички сличну са поменутиим пигментом виших биљака. Пигменти зелених бактерија стоје још ближе пигментном систему хлорофилних биљака.

Х. Молиш [34] је испитивао извесне врсте пурпурних бактерија у чистим културама и при томе нашао да оне нису способне да се развијају на минералним подлогама, да су уопште типични сапрофити. Светлост није апсолутно неопходна за њих, али она на изванредан, ближе неиспитан начин, слакшава тим бактеријама асимилацију органских материја. Очеvidно да при томе долази до извесног повећавања коефицијената искоришћавања тих материја за синтезу једињења што улазе у састав протоплазме.

Интересантна испитивања над пурпурним сумпорним бактеријама вршио је Ван-Нил [35]. Те бактерије могу да искоришћују сумпорводоник као енергетски материјал. Оне га помоћу кисеоника из ваздуха оксидују до сумпора и чак до сумпорне киселине по једначини:



Али су огледи Ван-Нила показали да те бактерије на светлости могу оксидовати сумпорводоник и у потпуном отсуству слободног кисеоника. Према томе ти организми у фотохемиским процесима могу искористити за своје оксидационе реакције и везани кисеоник воде, док водоник може бити употребљен за низ редукционих процеса.

Специјално на тај начин може доћи до процеса редукција угљене киселине чији угљеник искоришћују поменуте бактерије за грађу органских материја. Овде према томе постоји изванредан корак у правцу фотосинтезе. Процес фотохемиске асимилације угљене киселине код пурпурних сумпорних бактерија испитали су ближе Ј. Ејмерс и Е. Васинк [36]. Та се реакција сумарно може изразити формулом:

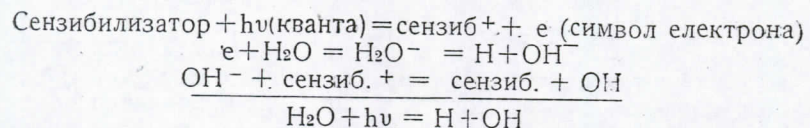


Уствари она претставља далеко сложенији процес. Очеvidно да је овде основна фотохемиска реакција фотолиза

воде, — разлагање молекула воде на хидроксил и водоник. Први одлази на оксидовање сумпорводоника, други се искоришћује за редукцију угљене киселине.

Мени изгледа врло вероватно, да је првобитно искоришћавање светлости од стране организама са пигментом лежало не у сфери саме фотосинтезе, него се управо сводило на фотолизу воде, што је у великој мери „рационализовало“ процесе хетеротрофне исхране органским материјама у потпуном отсуству слободног кисеоника.

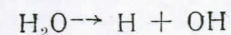
Већ је давно познато да се под дејством ултравиолетних зракова врши разлагање воде. Као што су показала последња испитивања многих фотохемикара, на пример Ф. Вајгерта [37], исто разлагање се може извести и помоћу зракова видљиве светлости ако се употребе одговарајући сензибилизатори. На тај се начин светлосна енергија ту може искористити за разлагање воде, исто онако као што се при електролизи искоришћује електрична енергија за ту сврху. Вајгерт даје ову схему фотохемиске реакције разлагања воде:



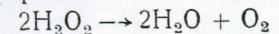
Микроорганизми који су са стварањем пигмента-сензибилизатора стекли способност за такве фотохемиске реакције разлагања воде, добили су огромна предности „рационалнијег“ искоришћавања органских материја које су им служиле као извор хране. Ми смо већ више пута рекли да се у процесима различитих врста превирања оксидовање органских материја врши помоћу хидроксила воде. Али за то је потребно ослобађање хидроксила, разлагање молекула воде. То се постиже заједничким дејством тела што се оксидује и акцептора водоника, слично ономе што смо видели у Баховој реакцији приликом оксидовања хипофосфорасте киселине у фосфорасту, у присуству црног паладијума (в. стр. 233). При томе знатна количина хемиске енергије која се ствара при оксидовању органских материја одлази управо на процес разлагања воде. Услед тога је коефицијент искоришћавања хранљивог материјала врло низак. При фотолизи воде то се разлагање постиже помоћу енергије сунчевог зрака која долази споља и отуда се ту коефицијент искоришћавања органских материја може повећати много пута. Управо се на то и своди значај светлости за Молишеве пурпурне бактерије, способне само за органски начин исхране.

Могуће је претпоставити да су и први организми обдари пигментом искоришћавали светлост као помоћно средство за боље искоришћавање органских материја, и тек се доцније на тој основи развила њихова способност за фотохемиску асимилацију угљене киселине. На то указује и околност да је према подацима многих истраживача, управо фотолиза воде првобитни процес фотосинтезе.

Поменути мисао изнео је први пут још крајем прошлог века А. Бах [38], који је покушао да је образложи својим огледима над фотохемиским редуковањем угљене киселине у присуству уранових соли. Знатно доцније је О. Варбург [39], применивши теорију кванта на процес фотосинтезе, дошао до закључка да се угљена киселина не може непосредно разлагати под дејством сунчевих зракова и да је према томе њено претварање у формалдехид секундарни, чисто хемиски процес. Ту је хипотезу затим развио Т. Тунберг [40] који је указао на то да је први акт асимилације угљене киселине разлагање воде под дејством светлости. Доцније је то схватање било више пута подвргнуто критици, али ипак и подаци последњих година говоре у прилог првобитне фотолизе воде у процесу фотосинтезе. Овде се могу поменути и подаци Р. Вирмзера [41] чијој теорији CO_2 никако не ступа у првобитну фотохемиску реакцију. Помоћу хлорофила као сензибилизатора, извесна материја А, са употребом светлосне енергије, повишава свој енергетски ниво до A^1 . Материја A^1 излази из хлорофилних зрна у строуму хлоропласта и ту се сусреће са угљеном киселином коју она редукује у везаној реакцији. Вирмзер претпоставља да та реакција претварања А у A^1 претставља првобитно фотохемиско разлагање воде. Растављање воде при апсорпцији светлосне енергије претпоставља и А. Штол [42], који је на основу својих обимних испитивања изградио нову теорију, фотосинтезе. По тој теорији, водоник потребан за редуковање угљене киселине добија се хидратацијом хлорофила и фотолизом те хидратне воде:



Тако активирани водоник дејствује даље на угљену киселину везану за молекулу хлорофила, а првобитно образовани хидроксил претвара се у водоник пероксид (H_2O_2). Из пероксида, помоћу фермента каталазе, образује се кисеоник:



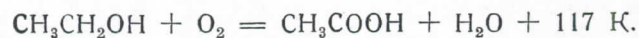
Доцније су К. Шибата и Е. Јакучи [43] развили Штолову мисао о фотолизи воде. Ти аутори допуштају могућност да молекулу хлорофила везује четири молекула H_2O . Сваки од четири кванта светлосне енергије која је апсорбована при фотосинтези, фотолизује један од молекула

воде. Водонични атоми који се при томе образују, одлазе на редуковање H_2CO_3 , а хидроксил даје водоник пероксид који се разлаже у реакцији без светлости уз образовање кисеоника.

Такво стварање слободног кисеоника морало се вршити и у фотохемиским реакцијама првих пигментираних организама који су се још хранили органским материјама и који нису били способни за асимилацију угљене киселине. Али је ослобађање молекуларног кисеоника играло видну биолошку улогу. Појава тога гаса одједном је нарушила хемиску равнотежу која се почела да ствара на земљиној површини.

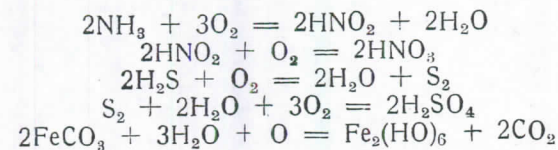
Замислимо прилике које су се створиле у то време. Органске материје погодне да послуже као материјал за анаеробну размену, биле су у знатној мери исцрпљене. У атмосфери су у изобилу постојали гасовита угљена киселина, водоник, метан и други гасовити производи превирања. Исти такви производи као етилалкохол, органске киселине, а исто тако и карбонати били су растворени у води мора и океана. Ту је био и низ редукованих неорганских једињења, специјално још сачувани првобитни амонијак у облику амонијачних соли, гвожђе у феро-стању, у облику карбоната, и најзад сумпорводоник.

Све те материје биле су, у отсуству кисеоника, потпуно неприступачне ондашњим живим бићима. Али је са појавом кисеоника створена могућност њиховог искоришћавања као енергетског материјала. На тој су основи пре свега морали у процесу еволуције постати организми обдарени способношћу да врше различита оксидациона превирања, на пример, сирћетно превирање. Основни физичкохемиски механизам, неопходан за вршење тих процеса, већ је постојао у упрошћеном облику код организама способних да врше превирање маслене киселине. Ми смо већ тамо констатовали стварање сирћетне киселине, и читаво питање се сводило на стварање извесне надградње која ће омогућити да се водоник који се образује, оксидује помоћу молекуларног кисеоника. Постао је таквог допунског механизма јако је повисио коефицијент искоришћавања органских материја за биохемиске синтезе. То је у исти мах омогућило да се у, знатној мери прошири круг материја које могу да послуже као материјал за енергетску размену. Тако на пример, у истом сирћетном превирању може бити искоришћен етилалкохол који је раније остајао сасвим неискоришћен исходом алкохолног превирања [44].



Али су такви исходи првобитног врења били на земљиној површини у ограниченом броју, и отуда је, с обзиром на

оштру оскудицу органске хране, сасвим разумљив делимични обрт еволуције живих организама у правцу искоришћавања неорганских једињења као енергетског материјала: амонијака, сумпорводоника и гвожђа у феро-стању. Постао је трифицирајућих бактерија, сумпорних бактерија, гвожђевићних бактерија треба временски поставити управо у тај период постојања Земље, пошто обављање свих тих процеса захтева молекуларни кисеоник, кога раније није било у атмосфери наше планете [45].



Исто се то може рећи, са извесном вероватноћом, и за настао бактерија које оксидују водоник, метан и угљенмоноксид.

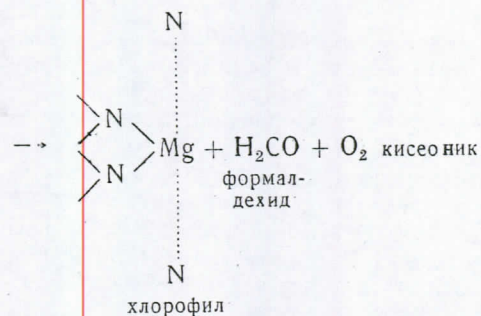
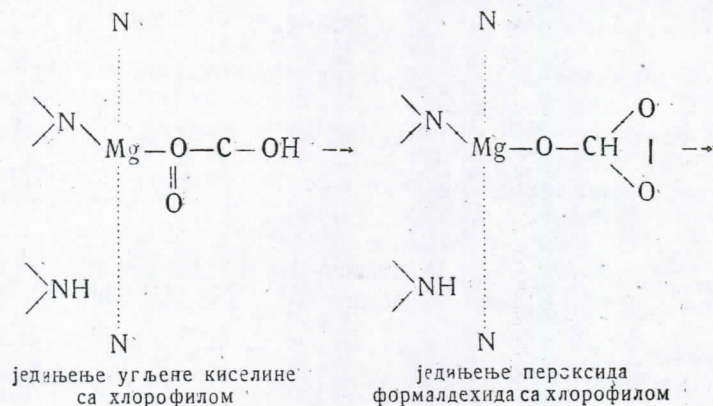
Бујном развоју свих тих организама, специјализованих по својој енергетској размени, допринели су специфични услови поменутог периода, пре свега оскудица органске хране и велика количина неорганских извора енергије. Тај период ипак није могао бити дуг. Пре свега, количина неорганских извора енергије није могла бити неограничена и отуда се она са развојем аутотрофних организама способних за хемосинтезу, постепено смањивала. Њено попуњавање из дубоких слојева земљиног омотача могло се вршити само сразмерно врло споро. Упоредо с тим, количина органских хранљивих материја морала се напротив постепено повећавати услед појаве и брзог развоја процеса асимилације угљене киселине.

Као што смо видели, појава пигментата код првобитних организама која је омогућила вршење фотолизе воде, у свом првобитном облику, није имала непосредне везе са асимилацијом угљене киселине у, смислу како је ми данас схватамо. Али способност искоришћавања светлосне енергије за рационалнију употребу органских материја створила је огромна преимућства за даље брже растење и развој организама са пигментом. Та способност их је издигла на прво место у односу на читаво остало насеље Земље.

При разлагању воде помоћу зрачне енергије ствара се, као што смо видели, активни водоник који може бити искоришћен не само за редуковане процесе везане за синтезу живих бића, него и за низ других редукованих реакција. Према томе, фотолиза је већ сама стварала извесне пред-

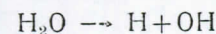
услове за могућност редукције угљене киселине. На примеру пурпуно-сумпорних бактерија видимо да је та могућност стварно била искоришћена и да је и данас искоришћавају ти организми. Исти је био случај и са првобитним пигментираним организмима код којих су пре или после моралитати допунски механизми који су им омогућавали да редукују угљену киселину и да на тој основи остварују првобитну синтезу нових органских материја.

Ми још врло мало знамо о хемизму асимилације CO_2 да би сада могли говорити о поступним етапама постанка тога процеса. Једно је несумњиво, да се асимилација угљене киселине у зеленим биљкама састоји из читавог низа светлосних реакција и реакција које се врше у мраку, строго међусобно координираних. Р. Вилштетер и А. Штола [46] разрадили су већ 1918 г. схему фотосинтезе. По тој схеми, процес асимилације угљене киселине обухвата две фазе. Угљена киселина се најпре једини са магнезијумом хлорофила градећи комплексну со. Затим наступа стварно прва фотохемијска реакција у којој, услед апсорпције великих количина светлосне енергије, долази до претварања угљене киселине сједињене са хлорофилом у пероксид формалдехида. Ово једињење богато енергијом, које се лако распада, трпи затим низ промена које се састоје у поступном одвајању кисеоника. Вилштетер и Штола су претпостављали да се у почетку ослобађа један, а затим други атом кисеоника услед дејства ензима сличног каталази. Ту се најпре добија со мравље киселине, а затим формалдехид који се одваја од хлорофила. При томе се хлорофил ослобађа и може поново да ступа у једињење са новим молекулом угљене киселине:



Према томе, по датој схеми, прва етапа реакције је фотохемијска, везана са апсорпцијом светлосне енергије. Друга етапа разлагања пероксида је ензимни процес који може да тече и у отсуству светлости. Таква подела реакција на светлосне и на оне које се врше у мраку, била је доцније потврђена опсежним испитивањима О. Варбурга [47].

Слабо место у цитираној схеми Вилштетера и Штола претставља одвајање кисеоника. Недавно је Штола у наведеном раду допунио схему претстављањем првобитне фотолитизе воде. Као што је већ речено, по Штоловој теорији фотосинтеза почиње са распадањем воде. Најпре се врши хидратација хлорофила, и хидратна вода под дејством светлосне енергије распада се по формули:

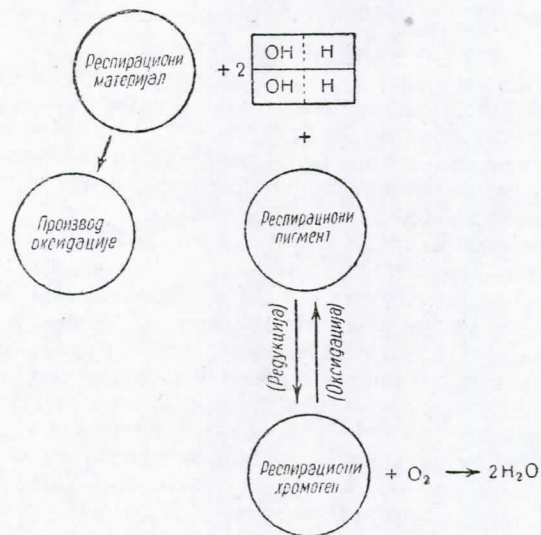


Хидроксиди који се при томе образују, претварају се у водоник пероксид, који се под утицајем каталазе распада на воду и кисеоник. Сав кисеоник који се ствара у фотосинтези стиче не из угљене киселине, него управо из воде што се приликом апсорпције енергије претвара у H_2O_2 . Водоник воде редукује угљену киселину, али ради тога и угљена киселина мора бити активирана, наиме, по старим схватањима Вилштетера и Штола, она се једини са хлорофилом и под утицајем сунчане енергије претвара у пероксидни облик на који управо и делује водоник из воде. Услед тога се угљена киселина редукује у формалдехид који служи као материјал за синтезу угљених хидрата.

По испитивањима Вирмзера, Кауцког [48], Оствалда [49] и других, ове поједине фотохемијске реакције и реакције у мраку морају се одигравати у разним фазама хлорофилног зрна, у липоидној и воденој. Оне према томе морају бити на одређени начин међусобно координиране не само у времену него и у простору. Тиме се објашњава чињеница да ни хлорофил као такав, ни растрвени листови, не



Из ове једначине излази да кисеоник који су ферменти активирали одузима водоник од полифенола, при чему се образују два молекула воде и два молекула хиноидног једињења, такозваног „респираторног пигмента“. Тај „респираторни пигмент“ претставља изврсни акцептор водоника. Он везује за себе два атома водоника из два молекула воде и поново се васпоставља у своје првобитно стање респираторног хромогена. Хидроксиди воде који се при томе ослобађају,



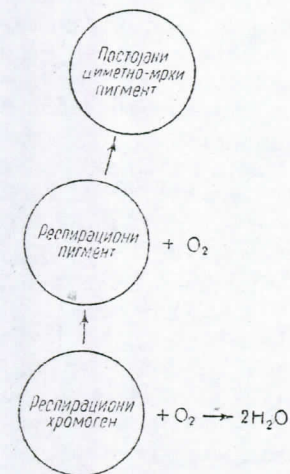
Сл. 15. Схема процеса аеробне оксидације

оксидују разнолике органске материје. На тај начин читав процес аеробне оксидације тече по схеми претстављеној на сл. 15.

Кисеоник из ваздуха који оксидазе активирају, оксидује респираторне хромогене, одузимајући при томе од њих водоник; они се претварају у респираторне пигменте. Ови последњи претстављају акцепторе водоника. При дејству оксидационо-редукционих фермената (о којима је већ говорено

кад год су анализирани процеси врења), врши се везана оксидационо-редукциона реакција, услед које се различите органске материје оксидују помоћу хидроксила воде, а водоник редукује респираторни пигмент у хромоген.

У случају дисања на рачун угљених хидрата, процес почиње најпре са распадањем шећера у процесу алкохолног врења. Али, као што смо видели, приликом обичног алкохолног превирања триозе се оксидују помоћу хидроксила воде у пирогрођану, киселину, док ацеталдехид узима водоник



Сл. 16. Схема заустављања дисања приликом разарања ћелице.

и бива при томе редукован у алкохол. При дисању, водоник прихвата „респираторни пигмент“, а ослобођени ацеталдехид или се једини с другим материјама и искоришћује за синтезу живе супстанце, или се даље оксидује помоћу хидроксила воде, док водоник опет акцептује „респираторни пигмент“.

Као што су показала моја испитивања, тај процес може нормално тећи само под условом строге координације појединих реакција. У живој ћелици специјално, реакција оксидовања полифенола (хромогена) у пигмент и супротна реакција редуковања врло су строго уравнотежене међ собом. Студа никада не долази до ма каквог приметног нагомилвања пигмента. Он се одмах редукује обратно у хромоген. Другојаче ће ствар стајати у случају, ако разоримо живу ћелицу, ако је повредимо. У том се случају нарушава регулација појединих реакција и у почетку оксидациони процеси

почињу да јако преовлађују над редукционим. Услед тога се нагомила извесна количина респираторног пигмента. Ипак, та се материја не може ни редуковати у хромоген, а ни даље оксидовати, тако да се из ње образује постојани циметно-мрки пигмент. Тај се пигмент већ више не може подврћи редукцији и претставља према томе крајњи производ реакције (в. схему на сл. 16).

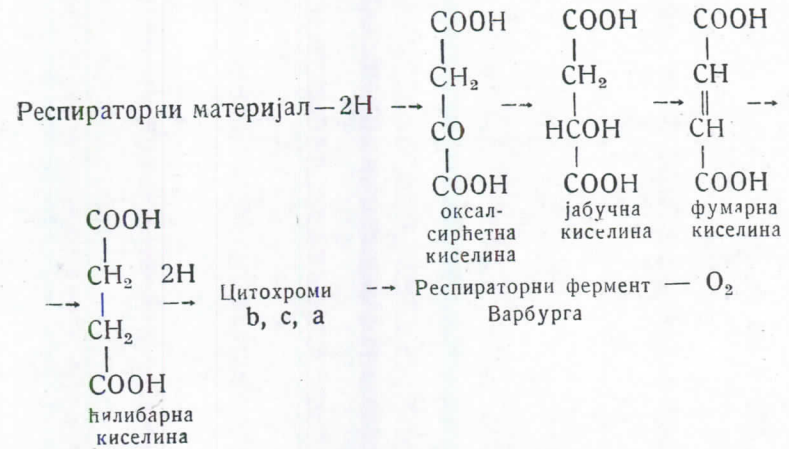
Хромоген се под дејством оксидазе оксидује помоћу кисеоника из ваздуха у респираторни пигмент, а овај се даље оксидује у постојано једињење обојено циметно-мрком бојом, које више није способно да акцептује водоник. Самим тим читав респираторни механизам на неки начин се ломити. Оксидација респираторног материјала помоћу хидроксила воде прекраћује се и читав процес дисања се зауставља.

Наведени пример показује какав се сразмерно сложени механизам морао створити у процесу еволуције у живој биљној ћелици, како би она стекла способност за дисање. При томе се може видети да је рад таквог сложеног физичко-хемиског апарата могућ само под условом веома тананог регулационог појединих процеса који чине карике описаног сложеног ланца преображаја материје.

Недавно је А. Сент-Берђи [54] показао да у биљној ћелици, покрај изложене схеме респираторног процеса, постоје и други механизми дисања код којих функцију полифенола узима на себе аскорбинска киселина (витамин С). Та материја може постојати у два формама, редукованој и оксидованој (дехидроформа). Ова последња може да послужи као акцептор водоника, при чему долази до њеног редуковања. Помоћу специјалних оксидаза редукована аскорбинска киселина може се оксидовати помоћу кисеоника из ваздуха у дехидроаскорбинску киселину и поново преузети на себе улогу акцептора водоника.

Сент-Берђи [55] је поред тога дао схему дисања животињских ткива која се битно разликује од раније поменутих. По тој схеми, водоник који се ослобађа при оксидацији респираторног материјала, постепено акцептује низ органских киселина међ којима је последња претстављена њилибарном киселином. Систем се даље компликује укључивањем низа хемина који су, по Д. Кејлину [56], добили назив цитохрома. Ти су цитохроми укључени између њилибарне киселине и кисеоника. По Сент-Берђу међутим, њихов положај у систему, као и њихове функције, још нису коначно разјашњени. Према схватањима О. Варбурга [57], молекуларни кисеоник најпре реагује са металопротеидом (респираторним ферментом, цитохром-оксидазом), а окси-

довани метал оксидише затим цитохром. Према томе, општа схема дисања се може претставити у следећем облику:



По О. Варбургу, по реду први акцептор водоника који се ослобађа, претстављен је пиридинпротеидом који присаједињује водоник на месту двогубе везе. Припојени водоник се даље може предавати различитим путевима: или се он преко цитохрома и респираторног фермента оксидује помоћу кисеоника ваздуха до воде, или се његово оксидовање врши посредством специјалног жутог респираторног Варбурговог фермента.

На тај начин ми видимо да унутрашњи физичко-хемишки механизми који условљавају процес дисања код различитих организама, могу бити веома различити. Респираторни механизми који су, тако видљиво изражени код виших биљака, у животињским ткивима или сасвим одсуствују или ступају у позадину. У животињској ћелици, специјално, нема оне изванредно активне пероксидазе која је тако карактеристична за биљне објекте. Исто тако нема овде ни специфичних биљних респираторних хромогена. На њихово место долазе други исто тако сложени системи материја и ферментата.

Ова разлика између респираторних механизма виших биљака и виших животиња не треба да нас чуди, јер се постанак процеса дисања јавио у релативно позним етапама постојања организама, када су се обе поменуте гране органског света већ издвојиле једна од друге.

Ми смо намерно сузили разматрање биохемиских процеса који се одигравају у савременим организмима, обративши главну пажњу само на извесна основна питања размене ма-

терија. Нажалост, ни та питања нису још ни издалека у потпуности разјашњена. Међутим и оно што се данас зна довољно је да би се оцртала више или мање одређена слика доступне еволуције унутрашње физичко-хемиске организације живе супстанце. Већ код најпростијих савремених живих бића сусрећемо довољно сложени апарат који тим организмима омогућује да могу брзо узимати и асимиловати готове органске материје. Ту већ постоје многобројни ферментски системи који омогућују вршење различитих егзотермних реакција што теку на рачун елемената воде. Међутим координација између тих појединих реакција није још довољно јасно изражена, и размена материја носи често још доста хаотичан карактер, што је везано за нерационално искоришћавање органских материја и енергије садржане у њима. У процесу еволуције, постепено се јављају све боље саглашени системи, успоставља се одређени поредак, одређени узастопни ред хемиских реакција које чине поједине карике општег ланца регулисаног процеса размене. Тако се на пример на бази превирања маслене киселине стварају алкохолно и млечно превирање.

Појава новог фактора у протоплазми, пигмента, и са њим везане фотолитизе воде, створила је предуслове за рационалније искоришћавање органских материја што служе као енергетски материјал. Али заједно с тим, под околностима оскудице тог материјала, дошло је до појаве нових облика постојања, до изградње нових унутрашњих механизма који су омогућавали асимилацију угљене киселине. Обиле органских материја које је настало као резултат фотосинтезе, условило је даљу еволуцију хетеротрофних организама. Она је пошла путем искоришћавања атмосферског кисеоника за рационалније и енергетски ефективније искоришћавање органских материја. Тако су се створили нови механизми, нове надградње енергетске размене, апарати унутрашњег ћеличног дисања.

И тако се дакле суштина еволуције унутрашњег физичко-хемиског апарата протоплазме своди, с једне стране на постанак нових материја (на пример пигмента итд) и нових ферментских система, с друге стране на регулисање појединих ферментативних реакција, на стварање строго саглашених процеса као што су превирање, дисање итд. Сасвим је јасно да се та еволуција ограничила само на период са којим се можемо упознати на основу испитивања данас постојећих органских облика. Из свега претходног излази да је она морала почети знатно раније.

Проучавајући поједине фазе поступног развитка садашњих организама, можемо са извесном вероватноћом да правимо аналоге закључке и у погледу тока еволуције која је претходила појави живих бића. С друге стране, нема ника-

кве сумње да се описани процес еволуције унутрашње физичко-хемиске организације врши и данас. И сада се, приликом постанка нових врста, раса и варијетета, може утврдити да они располажу новим биохемиским одликама, да преображају материје и енергије теку у њима нешто другојаче но код њихових прародитеља. А то показује да су у њиховој унутрашњој организацији наступиле неке промене, да су се створиле нове комбинације материја и фермената, други физички и хемиски системи и односи. Отуда са нашег гледишта савремени процес еволуције није ништа друго до низ даљих карика оног непрекидног низа преображаја материје чији почетак лежи у најранијим ступњевима постојања наше планете.

ЛИТЕРАТУРА

1. A. Pascher. Ber. d. Dtsch. bot. Ges., **33** 427. 1915; Charpentier. C. R. **134**, 627. 1902; O. Richter. Ber. d. Dtsch. bot. Ges. **21**, 493. 1903.
2. K. Harder. Zschr. f. Bot., **9**, 145. 1917.
3. P. Паллади. Rev. génér. d. Bot., **6**, 201. 1894; **8**, 225. 1896; **13**, 18. 1901; Ber. d. Dtsch. bot. Ges., **20**. 1902; Lindet. C. R., **152**, 775. 1911.
4. J. Boehm. Bot. Zschr., **41**, 54, 1883; I. Laurent. C. R., **125**, 887. 1897; **135**, 870. 1902; Molliard. C. R., **141**, 389. 1905; **142**, 49. 1906; В. Любименко. C. R., **143**, 130, 516. 1906; Г. Петров. Усвоение азота высшим растением на свету и в темноте 1917.
5. С. Винogradский. Ann. Inst. Past., **4**, 213, 257, 760. 1890; **5**, 92, 577. 1891; Cbl. f. Bakt., **11**, 2. 415. 1896.
6. H. Osborn. The origin and evolution of life. London. 1918.
7. В. Омелянский. Основы микробиологии, стр. 23. Петербург. 1922.
8. В. Комаров. Типы растений. Изд. Акад. Наук. стр. 143. 1939.
9. Л. Курсанов. БСЭ, **57**, 411. 1935.
10. В. Вернадский. Биосфера, стр. 36. Ленинград. 1926.
11. D'Herelle. The Bacteriophage and its Behavior. London. 1926.
12. P. Hauduroy. Les ultravirus et les formes filtrantes des microbes. Paris, 1929.
13. В. Таусон. Микробиология, **8**, 1043. 1939.
14. M. Traube. Ber. d. Dtsch. chem. Ges., **15**, 659, 2421, 2434; **16**, 123. 1883; **18**, 1877, 1890, 1885.
15. Engel. C. R. **110**, 786, 1890.
16. A. Vach. Ber. d. Dtsch. chem. Ges., **42**, 4463. 1909.
17. H. Euler. Chemie der Enzyme. München. 1934.
18. С. Костычев. Физиология растений, ч. I, стр. 469. Огиз. 1933.
19. A. Kluyver. Erg. d. Enzymforsch., Bd. 4, S. 230. 1935 (в. такође K. Bernhauer. Grundzüge der Chemie und Biochemie der Zuckerarten, S. 210. Berlin. 1933).
20. E. Pflüger. Pfl. Arch., **10**, 251, 1875.
21. W. Pfeffer. Landw. Jahrb., **7**, 805, 1878.
22. С. Костычев. Исследование над анаэробным дыханием растений, СПб. 1907.

23. С. Костичев. Физиология растений, ч. I, стр. 497, Огиз. 1933.
24. О. Мейергоф. Хемическая динамика жизненных явлений, Госиздат. 1926.
25. G. Embden u. Kraus. Bioch. Zschr. 45, 1. 1912.
26. И. Парнас. Успехи современной биологии, 12, 393. 1940.
27. В. Таусон. „Природа“, № 6, 43. 1934.
28. В. Таусон. Энергетика синтетических процессов в клетке. Доклад на общем собрании Акад. Наук СССР. 1940.
29. В. Таусон и В. Алешина. Микробиология, 1, 229. 1932.
30. В. Таусон и И. Веселов. Микробиология, 3. 1934.
31. E. Lederer. Bull. Société Chemie biolog., 20, 611. 1938.
32. В. Таусон. Сб., посв. К. А. Тимирязеву. Изд. Акад. Наук. 1940.
33. В. Любименко. Фотосинтез и хемосинтез. Сельхозгиз. 1935.
34. H. Molisch. Die Purpurbakterien. 1907.
35. C. van Niel. Contributions to Marine Biology (Stanford University), 161. 1930.
36. J. Eumers a. K. Wassink Enzymologia, 2, 258. 1938.
37. F. Weigert. Zeit. f. physik. Chem., 106, 313, 383. 1923.
38. A. Bach. Arch. d. sciences phys. et natur., 5. 1898.
39. O. Warburg. Katalyt. Wirk. d. leb. Substanz. Berlin. 1928.
40. T. Thunberg. Zeit. f. physik. Chem., 106, 305. 1923.
41. R. Wurmser. Bull. Soc. Chim. Biol., 5, 305, 1923; Arch. phys. biol., 1, 33.
42. A. Stoll. Naturwis., 20, 995. 1932.
43. K. Schibata. u. E. Yakushiji. Naturwiss., 21, 267. 1933.
44. О хемизму оксидационих врења в. A. Bertho. Die Essiggärung, Erg. d. Enzymforsch., Bd I, 231; K. Bernhauer. Biochemie der oxydativen Gärungen, ib., Bd. III, 185 1934.
45. Подробније о хемизму нитрификације (b. O. Meyerhof. Pfl. Arch., 164, 353. 1916; о сумпорним бактеријама — van Niel. Contributions to Marine Biology. 1930; о гвожђаним бактеријама — Н. Холодный, Die Eisenbakterien 1926).
46. R. Willstätter u. A. Stoll. Untersuchungen über die Assimilation der Kohlensäure. Berlin. 1918.
47. O. Warburg u. E. Negelein. Zeit. f. physiol. Chem., 106, 191. 1923.
48. H. Kautsky. Ber. d. Dtsch. Chem. Ges., 65, 1762. 1932.
49. W. Ostwald. Koll. Zschr., 33, 356. 1932.
50. В. такође резиме К. Ноаск. Photosynthese, Hdb. d. Naturwiss. 1932. и резиме Н. Некрасова. Успехи химии, 6, 334, 1937.
51. А. Бах. Химизм дыхательных процессов, Журн. Русск. физико-хим. общ. 1912.
52. W. Palladin. Ber. d. Dtsch. bot. Ges., 30, 104. 1912; Zeit. f. Gärungsphysiol., 1, 91. 1912.
53. A. Oparin. Biochem. Zeit., 182, 155. 1927.
54. A. Szent-Györgyi. Zeit. f. physiol. Chem., 254, 147. 1938.
55. А. Сцент-Гьорги. Успехи совр. биол., 5, 333. 1936.
56. D. Keilin. Erg. d. Enzymforsch., Bd. II, S. 239. 1933.
57. O. Warburg. Успехи совр. биол., 4, 46. 1935.
58. O. Warburg. Nobelvortrag, Angew. Chem., 1, 1932.

ЗАКЉУЧАК

Резимирајући све што је досада речено, морамо пре свега најодлучније да одбацимо све покушаје васкрсавања старих схватања о изненадном, спонтаном самозачећу. Треба једном заувек схватити да је један организам, ма како био мали, ма како елементарно изгледала на први поглед његова грађа, ипак бескрајно сложенији од простог раствора органских материја. Он располаже одређеном динамички постојаном организацијом заснованом на хармоничној комбинацији међусобно строго координираних хемиских реакција. Карактеристичну особеност те организације претставља њена висока прилагођеност за вршење одређених животних функција, за извођење низа животних појава. Бесмислено је очекивати изненадни постанак такве организације као резултат „срећног“ комбинавања атома или молекула, или благодарећи дејству некаквих непознатих спољашњих услова.

Али из тога никако не излази да ми одакле морамо извући закључак о апсолутној принципијелној разлици између живих организама и неорганске материје. На основу свакодневног искуства ми лако разликујемо жива бића од неживе природе која их окружује. Али сви многобројни покушаји да се открију ма какве специфичне „животне силе“ које постоје само у организмима, свршавали су се увек потпуним неуспехом. Томе нас учи читава историја биологије XIX и XX века. Ако је то тако, онда живот није могао постојати вечито. Проучавање таквих карактеристичних особина живих организама као што су на пример одређена грађа беланчевина, асиметрија протоплазме, изузетна брзина и саглашеност биохемиских реакција, способност за самообнављање итд., показује да је живот нови облик постојања материје који се нужно морао јавити као одређена етапа у историском развоју материје.

Ми смо се потрудили да остајући непрекидно на терену научно утврђених чињеница, оцртамо до извесне мере слику еволуције материје која је довела до постанка живота на Земљи. Гасовити млаз који се одвојио од Сунца, послужио је

као материјал за образовање нашег планетног система. У ту гасовиту згуснуту масу из које се доцније створила Земља, прешао је, покрај осталих елемената сунчеве атмосфере, и угљеник, елемент који се данас сусреће код свих живих бића без изузетка. Угљеник се међ свим осталим елементима издваја својом изузетном способношћу за асоцијацију атома. Већ на температурама блиским температури површине Сунца, његови су атоми били сједињени у паровима, да би при даљем хлађењу почели градити молекуле са још већим бројем атома (типа C_n). Услед тога су се, приликом образовања наше планете из усхијане гасовите масе, тешке паре угљеника морале доста брзо згуснути у капи или у чврсте честице и ући у облику угљеничне кише или снега у састав првобитног земљиног језгра. Ту је угљеник дошао у непосредан додир са другим елементима који су образовали језгро, са тешким металима, поглавито гвожђем, и који су играли изузетну улогу у грађи централног тела наше данашње Земље.

Помешан са тешким металима, угљеник је у току постепеног хлађења Земље ступао са њима у хемиска међудејства. При томе су се стварала угљеникова једињења карбиди, најпостојанија у односу на високе температуре. Омотач који се затим створио из првобитних стена, одвојио је карбиде од тадашње земљине атмосфере. Та се атмосфера битно разликовала од данашње; она није садржавала ни кисеоник ни азот, али је обиловала прегрејаном воденом паром. Омотач који је одвајао карбиде од атмосфере није био још довољно чврст да би могао одолети циновским приливима унутрашње ужарене житке масе, који су настајали услед привлачног дејства Сунца и Месеца. У моменту таквих прилива танка кора од стена раскидала се и кроз створене шукотине изливале су се на земљину површину дубинске ватрено-житке масе. У међудејству карбида са прегрејаном воденом паром атмосфере, постале су најпростије органске материје, угљоводоници. Подвргавајући се оксидацији помоћу везаног кисеоника воде, оне су давале разнолике деривате (алкохол, алдехиде, кетоне, органске киселине итд.). У исти мах, оне су ступале у једињења са амонијаком који се у то време створио на земљиној површини, дајући, амиде, аminer и друге азотове деривате.

На тај начин, када се наша планета толико охладилa, да се водена пара згуснула и образовала првобитни врели водени омотач Земље, у њему су се већ налазиле растворене органске материје, чији је молекул у своме саставу имао покрај угљеника још и водоник, кисеоник и азот. Поменуто органске материје располагале су огромним хемиским могућностима. Услед тога су оне ступале у разнолика хемиска међудеј-

ства, како једне с другима, тако и са елементима воде. Тај је процес довео до стварања сложених високомолекуларних органских једињења, сличних онима која данас улазе у састав тела животиња и биљака. Специјално су на тај начин могла постати и биолошки најважнија једињења, материје сличне беланчевинама.

Првобитно су се те материје налазиле у водама мора и океана у облику колоидних раствора. Њихови молекули су били растурени, равномерно распоређени у растварачу, потпуно сливени са околном средином. Али је приликом мешања колоидних раствора различитих материја дошло до постанка нарочитих творевина, коацервата, или полутечних колоидних пихтијастих творевина, гела. Органска материја се на тај начин сконцентрисала на одређеним тачкама простора, одвојила од околне средине више или мање оштром границом. У унутрашњости коацервата или гела колоидне честице су се распоредиле на одређен начин у односу једна према другој. Ту се, према томе, јавио зачетак извесне елементарне структуре. Свака капљица коацервата стекла је извесну индивидуалност, и њена даља судбина није била одређена само спољашњим условима него и њеном унутрашњом физичко-хемиском грађом. У вези с том грађом, капљица је могла са већом или мањом брзином да прима (адсорбује) и „асимилира“ органске материје растворене у околној води. Резултат тога било је повећавање масе капљице, њено растење. Али се то растење вршило утолико брже, уколико је унутрашња физичко-хемиска структура једне дате колоидне творевине била више прилагођена на адсорпцију и на унутрашњу хемиску прераду адсорбованих материја.

На тај начин је постао изврстан особени процес који би се условно могао означити као „такмичење“ гела у брзини растења. Али приликом растења њихова физичко-хемиска грађа није остајала иста. Услед припајања нових материја, услед хемиских преображаја итд., она се непрекидно мењала. Поменуто промене могле су водити ка усавршавању организације; али су се могле јављати и такве промене које су за собом повлачиле рушење, распадање структуре. Самим тим су оне доводиле до самоуништавања, до растварања капљице коацервата у којима су се јавиле. Приво на даљи опстанак и развитак стицале су само оне измене у грађи колоидних творевина, које су биле прогресивне, тј. доприносиле бржем примању растворених материја и растењу гела. На тај се начин створило особено природно одабирање које је у крајњој линији довело до постанка система са високом физичко-хемиском организацијом, до постанка најпростијих првобитних организама.

Овај кратки преглед показује како је текла поступна еволуција органских материја, како су се на првобитне про-

сте елементарне особине надовезивале нове, које су се потчињавале законитостима све вишег реда. У почетку су постали прости раствори јорганских материја и њихово понашање је било одређено особинама саставних атома и распоредом тих атома у молекулима. Али су се постепено услед растења тих молекула и њиховог компликовања јавиле нове особине, и на простим физичко-хемијским односима изградиле су се нове колоидно-хемијске законитости. Оне су биле одређене већ и узајамним распоредом молекула у простору. Међутим, и те су законитости биле недовољне за постанак првобитних живих бића. За то је било потребно да колоидне творевине стекну у току своје еволуције особине још вишег реда, које ће им омогућити да пређу на следећи ступањ организације материје. Ту су у процесу постајања дошле на прво место биолошке законитости. „Такмичење“ у брзини растења и природно одабирање створили су такав облик организације материје која одликује данашња жива бића.

Природно одабирање већ давно је уништило, уклонило са лица Земље све прелазне облике организације између првобитних колоидних творевина и најпростијих живих бића. Свуда где су спољашњи услови повољни за развитај живота, сусрећемо данас бескрајну множину већ сасвим изграђених, високо организованих живих бића. Ако би се данас под овим условима негде и појавила органска материја, њена еволуција не би могла бити дугога века. Врло брзо би она била уништена, поједена од стране микроорганизама што насељавају земљу, воду и ваздух. Отуда смо ми данас лишени могућности да непосредно посматрамо описани процес еволуције органских материја, процес зачећа живота. Огромни временски размаци, неопходни за поједине етапе тог процеса, лишавају нас могућности да га репродукујемо у лабораториским условима, у облику како се он вршио у природи.

Остаје нам још отворен само пут вештачке синтезе организама. Али је за решење тог задатка неспходно упознавање унутрашње интимне грађе живих бића у свима њеним детаљима. Чак и синтезу сразмерно простих органских једињења вршимо обично само на основу више или мање потпуног познавања распореда атома у молекулима тих честица. У још несравњено већој мери то важи за тако сложене системе као што су организми. Ми смо данас још врло далеко од потпуног познавања живих бића које би нам омогућило да приступимо њиховој синтези. Отуда истраживачки рад на питању порекла живота мора данас нужно да носи само аналитички карактер.

Пред нама стоји колосални задатак испитивања сваког појединог ступња оцртаног еволуционог процеса. Потребно

је темељно проучити особине беланчевинастих материја, испитати грађу колоидних органских творевина, ферментских система, протоплазматичних структура итд. То је напоран и дуг пут, али нас он поуздано води познавању живота. Вештачка изградња, синтеза живих бића је додуше удаљена, али сасвим достижна етапа на томе путу.

САДРЖАЈ

	Стр.
Увод	5
ГЛАВА I	8
Теорије самозачећа живота	
Идеје старих и средњеveковних научника о самозачећу живих бића. Редијеви огледи. Идеје о самозачећу микроорганизама. Спор између Нидхема и Спаланцинија. Огледи Геј-Лисака, Швана, Шулцеа, Шредера и Душа. Погледи Пушеа. Пастерови радови који оповргавају самозачеће живих бића. Најновије хипотезе о самозачећу ултрамикроба и филтрирајућих вируса. Погрешност тих схватања	
ГЛАВА II	36
Теорије вечности живота	
Теорије вечности живота код старих. Постанак идеје вечности живота у XIX в. Енгелсова критика тих идеја. Рихтерова теорија космозоа. Погледи Хелмхолца. Арениусова теорија панспермије. Савремено стање питања преноса клица живота с других небеских тела на Земљу. Дејство ултравioletних зракова које искључује могућност таквог преноса	
ГЛАВА III	49
Материјалистичке теорије порекла живота	
Механистички принцип самоформирања живих бића. Идеје Демокрита. Декарт. Хекелови погледи. Покушаји конструисања „модела живих организама“. Критика механистичких схватања питања порекла живота. Еволуционе теорије постанка живота. Енгелсови погледи. Пфлигерова теорија. Схватања Шефера, Комарова и других природњака. Данашње стање питања	
ГЛАВА IV	71
Првобитни облици угљеникових и азотових једињења	
Облици угљенових једињења који се сусрећу на различитим небеским телима: на површини звезда (специјално Сунца), планета, комета и метеорита. Историја постанка Земље. Место налажења угљеника. Судбина других органогених елемената (водоника, кисеоника, азота). Првобитни постанак карбида. Сусрет карбида са воденом паром на површини Земље. Стварање угљоводоника. Стварање амонијака	

Стр.

ГЛАВА V

102

Постанак органских материја. Првобитне беланчевине

Постанак незасићених угљоводоника. Њихова хидратација помоћу водене паре. Образовање тернерних једињења. Азотови деривати угљоводоника. Путеви постанка сложених органских материја. Међудејства органских материја са водом. Првобитни постанак асиметрије. Првобитни постанак беланчевинастих материја

ГЛАВА VI

133

Постанак првобитних колоидних творевина

Различити типови високомолекуларних органских једињења. Колоидни раствори и мешавине тих раствора. Постанак коацервата. Њихова грађа и особине.

ГЛАВА VII

158

Организација живе супстанце

Појам живе супстанце. Механистичка схватања грађе протоплазме. Савремени подаци о колоидној хемији протоплазме. Организација живе супстанце у простору и времену. Улога процеса у организацији живе супстанце. Ферменти као један од најпростијих облика организације живе супстанце. Хармонично координирање појединих хемиских процеса који се врше у живој протоплазми... Структура протоплазме и њен значај за правац биохемиских процеса. Биохемиска синтеза и способност живе супстанце за самообнављање

ГЛАВА VIII

199

Постанак првобитних организама

Растење коацервата. Њихова непостојаност. Зависност брзине растења од унутрашње структуре коацервата. Њихово такмичење у брзини растења. Природно сабирање. Постанак динамички постојаних система. Поступни постанак све сложенијих облика организације материје. Историја постанка ферментских система. Појава координације између појединих биохемиских процеса. Постанак способности за самообнављање. Образовање првобитних организама. Постанак ћелице

ГЛАВА IX

225

Даља еволуција првобитних организама

Исхрана првобитних организама на рачун готових органских материја. Неопходност енергетске размене. Постанак различитих физичко-хемиских система који условљавају превирање органских материја. Превирање маслене киселине. Поступни развитак алкохолног врења и врења млечне киселине. Фотохемиске реакције. Образовање слободног кисеоника. Постанак аутотрофне исхране. Хемосинтеза, фотосинтеза. Постанак респираторних система. Упоредна биохемија данашњих организама

Закључак

261

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ
NB Бр. 30.629
БИБЛИОТЕКА