

ПРОФ. А. СТАРКОВ
ЧЛЕН УКРАЇНСЬКОЇ АКАДЕМІЇ НАУК

ЗАГАЛЬНА БІОЛОГІЯ



УКРАЇНСЬКИЙ ГРОМАДСЬКИЙ ВИДАВНИЧИЙ ФОНД

П Р А Г А

М. М. Морозов
31/11/24

ЗАГАЛЬНА
БІОЛОГІЯ

ПРОФ. А. СТАРКОВ
ЧЛЕН УКРАЇНСЬКОЇ АКАДЕМІЇ НАУК

ЗАГАЛЬНА БІОЛОГІЯ

Елементи життя.
Хемічний та фізичний субстрат життя.
Загальні поняття про клітину.



П Р А Г А
УКРАЇНСЬКИЙ ГРОМАДСЬКИЙ ВИДАВНИЧИЙ ФОНД
1 9 2 5

ВІД АВТОРА.

Український Педагогічний Інститут імені М. Драгоманова, що його заснував Український Громадський Комітет, мені запропонував прочитати для студентів природничо-географічного відділу короткий курс загальної біології. Я поділив свій курс на дві частини: в першій частині я викладаю загальні засадничі тямки, що торкаються фізико-хімічних явищ життя; в другій — розглядаю морфологічні дані й питання загального характеру, як спадщина, еволюційна теорія і т. д. Зрозуміло, що такий поділ не можна перевести цілком строго через те, що й у першій частині доводиться розглядати де-які основні факти з морфології, наприклад, морфологію клітини, листка рослини та инше. Я вважаю за необхідне подати відомості з хімії живих субстанцій докладніше, ніж це роблять у підручниках біології, через те, що ми не мали досі підручника біологічної хімії українською мовою. Перша спроба дати підручник біології українською мовою, та до того ще яко-мога швидче, зрозуміло, мусить мати всі відзнаки поспішної праці, й я далеко не встиг використати весь матеріал, що був у моєму розпорядженні. З другого боку, де-які новіші теорії в науках — космології, фізиці, хімії, біології, може й не знайшли собі належного місця в моєму підручнику через те, що, перебуваючи на Україні, я був позбавлений змоги стежити за їх розвитком, а короткий час перебування в Чехословаччині не дав мені змоги як слід з ними ознайомитись. Це стосується, головним чином, до теорії Айнштайна, наскільки вона прикладається у фізиці, і почасти до електронної теорії. Наука про ектоплазму та зв'язані з нею надзвичайно дивні явища — наука, що повстала на наших очах, знайома мені з усіх великих праць, але я не міг ввести

її у підручник, заки нема ще дальших стверджень і більш систематичної обробки експериментальних даних. Я сподіваюсь, що у наступних виданнях мені пощастить виправити можливі хиби й більше прислужитись українській молоді, що стала на гарний шлях освіти й виховання нашого народу. При складанні цієї книжки невтомно допомагав мені мій асистент, лектор Інституту й асистент Празького Карлового Університету д-р. С. М. Літов, що під час цілого курсу з дивною працьовитістю й великою любов'ю до знання улегчував мені мою працю.

Прага 6. XII. 1924 р.

Передмова.

Біологія є наука, що виучує живі істоти, з'ясовуючи, які саме в них відбуваються явища й процеси, та які спільні закони цими явищами й процесами кермують. Нема й не може бути сутньої різниці в методах досліджування та в меті між фізико-хімією з одного боку, та біологією з другого. Відрізняються лише об'єкти виучування, але ця різниця не є ані принципова, ані непереступна, бо сучасна наука що-раз відкриває перехідні форми й перехідні явища, які зв'язують живе з мертвим. Найхарактеристичніша властивість чи атрибут — реакція на зовнішні стимули — властива також і т. зв. мертвим тілам. Так само й рухливість є безсумнівний атрибут обох категорій. Певна кількість електронів, починаючи від одного, угруповуючись і рухаючись навколо центрального ядра, змінюють якість чи атрибути тих тіл, що з них витворюються. З другого боку певна кількість атомів, що утворені електронами, сполучаючись закономірно між собою, дають нові тіла з новими атрибутами. Один з елементів — вугіль — подібний до ядра, навколо котрого групуються інші елементи, має властивість утворювати численні сполуки, в яких вугляні ядра зв'язані між собою.

Між вуглем та іншими елементами нема жадної якісної різниці, а є лише кількісна. Утворені за допомогою вугля злуки, що називаються органічними, можуть і собі сполучатися по-між собою. Це, мовляв, сполуки злук або другий ступінь — квадрат. Ці сполуки зі свого боку з'єднуються по-між собою, й ми маємо, таким чином, багатоступневі чи, вірніше, багаточленні злуки. До таких багаточленних злук належать і надзвичайно складні хімічні злуки, що їх об'єднують в одну групу білковинних злук.

Коли, як ми бачили, досить лише додати один електрон, щоб одержати замість одного елемента інший з зовсім іншим атрибутом, що є властивий лише йому, — то закономірна злука багатьох десятків тисяч електронів і центральних ядер утворює білковинне тіло з його дивними атрибутами. Засаднича хиба містиків і віталістів полягає в тому, що вони добачають у простих тілах, що з їх утворені складні тіла з певними атрибутами, наявність зародків (елементів) тих атрибутів.

Отже вода, що складається з двох атомів водня й одного атома кисня, має атрибут — розчиняти тіла. На думку містиків-віталістів, водень і кисень мають в собі цей атрибут у зародковій формі. Або індиго має атрибут — синю барву, значить елементи, з яких складається індиго, мусять мати в собі зародковий атрибут — синю барву. Або нітрогліцерин має виразний атрибут — вибухати; згідно з містико-віталістичними поглядами елементи, з яких складається нітрогліцерин, мусять мати в собі зародкові атрибути вибухливості і т. д.

Цей погляд зовсім не вважає на такий закон атрибутів. Кожне збільшення кількості електронів, а тим більш атомів, надає новому витвореному тілу нові, непередбачені атрибути; при цьому ми не знаходимо й слідів цих атрибутів у тих елементів, що з них складається тіло. Річ в тому, що не лише зміна кількості атомів змінює атрибути тіла або створює зовсім нові атрибути, але й інше розміщення атомів у просторі також змінює атрибути або створює зовсім нові. На це вказує наука про ізомери в сучасній хемії.

Отже тіло, що утворюється наслідком надзвичайного ускладнення хемічної структури — жива білковина має в собі нові атрибути, що ми їх не помічаємо, чи майже не помічаємо, в тих елементарних тілах, з яких складається це нове тіло. Таким основним атрибутом живої білковини є здатність почувати й реагувати на зокільні роздратування. Вища здатність білковинних субстанцій — не лише почувати, але й затримувати на де-який час ці почування, комбінувати їх, міркувати — не є щось принципово нове. Це є лише дальший розвиток атрибуту почування, що йде рівнобіжно з дальшим ускладненням структури білковинної молекули та ускладненням морфологічної будови, що ми його спостерігаємо в мозковій субстанції, де хемічна структура поруч з анатомічною досягає найвищого ступня ускладнення, який тільки нам відомий на земній кулі.

Для досконального вирішення таємниці життя біолог мусить іти тим самим шляхом, що йде й хемік. А саме, зробити повну якісну й кількісну аналізу живої білковини, а потім, вивчивши складові частини живої білковини, знов скласти їх — зсинтезувати їх так, щоби знов одержати живу білковину зі всіма її атрибутами.

Як що першу частину цього завдання майже виконано, то другу ледве почато, і можна визнати, що ми знаходимось ще дуже далеко від її вирішення — цеб-то далеко від повного вирішення таємниці життя. Одначе те, до чого дійшли в теперішній мент в цьому напрямку — синтеза поліпептидів — дає не лише надію, але й упевненість, що ми мети досягнемо; в кожному разі ясно, що напрям досліджування взято правильно, й нема жадних підстав його змінити.

Коли мандрівник прямує до північного бігуна, то, хоч би як поволі наближався він до нього, йому нема чого керуватись иншим приладом, ніж компасом, що вірно вказує напрям тяжкого шляху до повного знання.

Згідно з вищезазначеним поглядом на живі істоти, як на надзвичайно ускладнені хемічні злуки, що збудовані з десятків тисяч атомів, які зі свого боку збудовані з численних електронів і центральних ядер — біологія мусить спиратись на хемію й фізику або — як що це стосується живих істот — на біохемію й біофізику*). І фізика й хемія ґрунтуються, як це відомо, на математиці. Біохемія виучує хемічний склад живої протоплазми й виміну творива, що безперервно в ній відбувається. Біофізика, розглядаючи живий організм як трансформатор енергії, студіює його чисто фізичні властивості й досліджує разом з хемією джерела енергії та її трансформації в живих організмах. Біофізика складається з біостатики й біодинаміки.

Виучування живих істот, зрозуміло, починається з студіювання їх назверхніх форм і внутрішньої структури. Ця наука про форми живих істот має назву морфології. Студіюючи форми живих істот і їх органів та з'ясовуючи, що є в них спільного й різного — морфологія набірає характеру справжньої науки й стає порівнюючою морфологією. На основі різних відзнак поділу, морфологію поділяють ще на різні науки. За принципом об'єкта виучування її поділяють на флористику чи ботаніку й фауністику чи зоологію (вірніше частину їх — морфологію рослин

*) На цих науках ґрунтується фізіологія, що студіює функції живих організмів.

і морфологію тварин). З погляду часу існування об'єктів виучування морфологія поділяється ще на морфологію сучасних рослин і тварин та морфологію давно померлих організмів, на палеонтологію, що складається з палеозоології й палеофітології.

З погляду методи виучування морфологія поділяється на анатомію, цеб-то, макроскопічне досліджування живих істот, і гістологію, цеб-то, виучування їх за допомогою мікроскопа. Цей останній поділ не має засадничого значіння. Виучування форм живих істот, що ступнево міняються в часом, починаючи з зародкового стану аж до дорослого, має назву ембріології (зоо-ембріології й фіто-ембріології). Студіювання індивідуального розвитку певного організму має назву онтогенезу, а цілого роду організмів — філогенезу.

Біогеографія студіює розміщення живих істот на поверхні земної кулі; при цьому біогеографія означає не лише певні зони рослин і тварин, але й досліджує передусім причини того чи іншого розміщення.

Для студіювання біології — науки, з одного боку морфологічної, а з другого — динамічної, — насамперед треба мати відповідні лабораторії й музеї. Виучувати морфологічні науки, головним чином, допомагає зорова пам'ять і активні досліді. Студіювання динамічних наук ґрунтується, головним чином, на експерименті в широкому розумінні цього слова. Через те ми надаємо викладовій методі виучування лише другорядне значіння — хоч і визнаємо її кінцевість, — і центр ваги переносимо на методу лабораторних дослідів. Біологічна лабораторія з обов'язковими вправами студентів, з біологічним шкільним музеєм є наріжним каменем, на якому мусить будуватись усе виучування. Виклади ж мусять давати студентам загальні керівні ідеї і давати їх не догматично, а приводити до них шляхом індукції й наступної синтезу матеріалу, що його студенти раніш обробили та засвоїли. Лабораторну й викладову методи навчання не можна відірвати одну від одної так само, як у кожній науці аналізу не можна відірвати від синтезу.

ГЛАВА І.

Джерело життєвої енергії.

Великий грецький філософ Арістотель дав таке визначення розуміння науки: наука є виучування речей або явищ з погляду, що в них є спільного. Тому біологія є наука про живі істоти, коли їх виучувати з погляду, що вони мають спільного між собою або, висловлюючись инакше, якими законами кермуються ці живі істоти. Тут насамперед вирішує питання, що таке живі істоти, чим вони відрізняються від мертвої матерії. Серед численних формул, що визначають суть живої істоти, а тим самим і суть життя, я зупиняюся на формулі молодого вченого біолога Бауера з 1920 р. тому, що вона найбільш підходить до сучасних наукових поглядів та, на мою думку, найбільш задовольняє об'єктивне наукове думання. Формула ця така: всяка жива істота становить систему, що в данім зокіллі не перебуває в стані рівноваги, та сконструована так, що джерела та форми енергії свого оточення перетворює в самій собі в такі форми енергії, які діють у данім оточенні проти стану рівноваги. Звідціля випливає строго логічно: 1) що всяка живина потребує якогось джерела енергії, 2) що всяка живина перетворює одержану нею енергію в якісь інші форми енергії, цеб-то, що вона є трансформатором енергії, 3) що ні в якій живині ніколи не помітно стану абсолютного спокою в розумінні припинення перетворення енергії з одної форми в другу, тоб-то, живина становить *perpetuum mobile*. Далі ясно, що перетворення енергії в середині живої істоти може відбуватись з кількісного боку трьома способами: 1) жива істота витрачає з одержаної енергії лише де-яку більшу чи меншу частину так, що живина приназбірує в собі запас енергії; 2) жива істота витрачає стільки енергії, скільки одержує ві свого зокілля;

3) жива істота витрачає більше енергії, ніж її одержує зі свого зокілля. Ця остання істота, ясна річ, загине, цеб-то, перестане існувати як жива, тому що не може чи не вміє, як слід, регулювати витрачання одержаної енергії.

Перший випадок, коли в живій істоті накопичується більше чи менше енергії, стосується, головню, до рослин; вони здатні виворювати численні запаси складних органічних субстанцій, які перепалюються, чи кажучи по-хемічному, окиснюються, упрощуючи склад своєї хемічної молекули. Рослини здатні віддавати велику силу енергії. Другий випадок, а власне, рівновага прибутку та видатку енергії стосується до тварини, що, одержуючи значну кількість енергії в формі їжі, а саме складних органічних субстанцій тваринного чи рослинного походження, витрачає всю одержану нею енергію. Третій випадок належить до патології та стосується до хорої живої істоти, тварини чи рослини, що мусить коли-небудь загинути, цеб-то, перейти в стан неорганічних субстанцій, які кермуються вже своїми законами. Як що ми установимо, що життя в своїй суті є перетворювання у живинах одної форми енергії в другу, то ясно, що мусить бути десь постійне джерело енергії для всіх живих істот, постійне в такому розумінні, що в кількості енергії, постачуваної організмові, немає різких змін чи то в бік плюса чи то мінуса, та постійне ще в тім розумінні, що існує й існувало завжди, тоб-то, від самого початку життя. Ясно також, що спин цього джерела життя потягне за собою спин усякого життя. Логічно ясно також, що джерело енергії мусіло з'явитись раніш, ніж ті трансформатори енергії, які мають назву живин — живих істот.

Питання про джерело енергії життя на нашій планеті приведе нас неминуче до шукання цього джерела взагалі в цілому всесвіті, а саме, до одного з найтрудніших світових питань, до розшукування прапричини, першого великого джерела енергії, що порушує не тільки живі істоти, але й усі незчислимі світові тіла, які обертаються навколо своєї осі та рухаються по своїй орбіті в безмежних світових просторах. Світ наш, за сучасними космологічними поглядами, є єдиний, безмежно великий динамізм. Уже минуло 50 років, як матеріяльний атом — основа матерії зник чи, скорше, перетворився в гіпотетичний нестримний вихор. Матерія в дійсності є лише рід руху, лише вияв сили, енергії, не що инше, як форма енергії. Rutheford висловлюється так: «можливо, що матерія взагалі електричного походження та повстає з руху таких електронів, в яких збудовані

матеріальні молекули». Італійський фізик Righi каже: «Нема ніяких перешкод припустити, що матерія, а з нею й сукупність усіх відомих тіл, збудована з агрегатів або з систем електронів. Згідно з цим поглядом матеріальний атом є тільки сукупність відомого числа позитивних чи негативних електронів». Lenard каже: «Серед атомів виявляє силу електрична течія такої надзвичайної сили, що в порівнянні з нею ті сили, які виявляються при найстрашніших бурях, видаються нам зовсім малими». За новішим поглядом проф. Айнштайна, енергія в чистій формі вільна від властивостей матеріальних тіл, а в міру спаду прудкості руху, приймає вигляд матерії з всіма питомими їй ознаками та характеристичними особливостями.

Отже звідсіля ясно, що матерія та енергія — єдині; тільки що матерія є енергія, що повільно рухається, а енергія є матерія, що рухається дуже хутко. Айнштайн каже: «Електрони, що рухаються з прудкістю світла супроти нашого світа трьох вимірів, не існують, як реальність».

Шукання джерела енергії doprowadило нас до установлення єдиної світової суті, що може виявлятися то як енергія, то як матерія в залежності від прудкості руху. Підемо далі в наших шуканнях.

Найбільший філософ нового часу Кант так собі уявляє повстання всесвіту. На самому початку в світовому хаосі існує лише розріджена до кінцевих меж матерія — так розріджена, що на неї не впливають закони світового тяжіння. Вся надмірно розріджена матерія складається з різних елементів. Джерелом енергії, що дало початок сучасній світовій системі, є хемічні сили, викликані самою розрідженістю елементів, а саме, взаємним впливом надзвичайно розріджених елементів матерії. Порівняємо з цими натурфілософічними поглядами, висловленими по-над 150 років тому відомим кенігсберзьким відлюдком, наші сучасні погляди. Ці погляди складаються під впливом виучування радіоактивності та розкладу матерії на електрони з виділенням великої кількості енергії. Підставмо, замість розріджених елементів Канта, розклад матерії, що підлягає тяжінню, на електрони, які не підлягають тяжінню, пригадаймо ще раз цю надзвичайну кількість енергії, яка при цьому процесі виділюється, і ми одержимо велику аналогію з геніяльною інтуїцією Канта.

Чи існує в дійсності така розріджена матерія, така первісна матерія, що з неї не тільки вже витворився теперішній всесвіт, але з якої можуть ще в далекій будучині витворитися нові світи в безмежних просторах?

Коли ясної ночі ви схочете виучувати небесні простори за допомогою далековида, то зможете добре помітити по-між зорями нерізько одмежовані один од одного витвори блідо-зелені з домішкою блакитного, щось начеб-то хмарки, відривки вільно рухливої матерії, подібної до павутини. Спектральна аналіза доводить, що ці плями, чи «туманності» це є скупчення газів та розжареної пари з різних металів. Таких туманних плям на небі багато, наприклад, у сузір'ї Красеня Оріона чи Ліри, де туманна пляма має вигляд широкого осяйного перстня. Ці туманні плями і становлять найістарші частини нашої зоряної системи, це решта первісної матерії, що з неї крок за кроком поутворювались та далі витворюються зорі (сонця) з своїми планетами. Це є частини невитраченої ще матерії, що лежать у проміжжі зоряної сітки. Ми можемо в небесних просторах не тільки бачити цю первісну масу, але й спостерігати де-не-де, як із неї витворюються нові зорі, тоб-то, нові сонця; можемо спостерігати, як у цих надзвичайно розріджених масах туманностей перебігає процес отвердіння. Серед зеленоблакитного туману з рівномірним легким сяйвом починають виринати яскравіші точки, немов вузлики, фокуси міцнішого світла. Ці яскраві точки що-раз більше виступають на загальному тлі, відокремлюються одна від одної, кристалізуються, як це буває з кришталями в справжньому розчині, в дійсні нові зорі-сонця.

Те таємничо-миготливе первісне світло, яким сяють наші туманності — це є студене світло флюоресценції, та пояснюється тим, що всі дуже розріджені гази починають світитись. І що-їно тоді, коли туманності чи окремі частини в них згущуються та що-раз більше стягаються, твердіють, вони починають в середині розпикатись, в них починають світитися розпечені до білого свігла зорі-сонця. Одначе в проміжжі тягнеться ще довга боротьба між світлом та темрявою. Туманності перехрещувались, розривались, закручувались у вигадливі спіралі, сонця зливались по-між собою.

Минає безліч мільонів років, так звані еони, — і ось настав день світла й порядку, коли все стало на своєму місці. В відомій частині всесвіту, вся, чи майже вся, туманність викристалізувалася в певну кількість яскравих сонець-зір із білим осяйним світлом. Кожне новонароджене сонце має тепер огненно-рідку консистенцію та приймає, як усяка краплина, що вільно пливає, форму кулі. А як вже є форма кулі, то й рух робиться математично вірним. Із цих рухів нас цікавить тут лише оборот навколо своєї осі. Зрозу-

міло, що при цьому рухові бігуни залишаються непорушні, чи майже непорушні, та прудкість руху що-далі зростає і все більшає в напрямі до рівника. Рівник, що його площа приходить простопадно до осі обороту, рухається найпрудкіше, цеб-то, в рівниковий сфері відосередні сили досягають найвищої напруги; через те фігура кулі ростягається біля рівника; куля ніби робиться плисковата на обох бігунах та набухає, витягується по рівнику. Це набухання по рівнику може так дуже збільшитись, що рівникова сфера відривається від кулі та в вигляді поясу чи перстня починає обертатися самостійно окремо. Це ми спостерігаємо на планеті Сатурн, що оточена подібним потрійним кільцем. Одначе перстнева форма не залишається, а розривається на шматки, що зараз же приймають форму кулі. А тому ще може також трапитись, що від нашої кулі відірветься шматок матерії, але не з цілого кола (кружня), цеб-то, не в формі перстня, і цей шматок теж прийме форму кулі.

Ми маємо тепер величезне центральне тіло сонце, чи інакше зорю, та значно менші тіла, що обертаються довколо нього — трабанти. Коли від трабанта подібно відірветься шматок матерії, то він приймає форму кулі, обертається навколо трабанту та носить назву сателіта, чи співмандрівника, чи місяця. Споконвіку центральне тіло сонце і трабанти були огненно-рідкої консистенції. Хоч всі небесні тіла оточені надзвичайно холодним світовим простором, температура того простору виносить яких — 200°C , але вистигання відбувається далеко не однаково на всіх тілах, бо менші тіла мають відносно більшу поверхню вистигання, ніж тіла більші (відомо з геометрії, що поверхня кулі збільшується чи зменшується, як квадрат променя, а обсяг — як куб). Найперші підлягають вистиганню найменші тіла, тоб-то, сателіти трабантів, потім самі трабанти й, нарешті, вже центральне тіло сонце. Ми бачимо на прикладі нашої сонячної системи всі ці стани. Сонце перебуває в вогненно-рідкому стані, цеб-то, в стадії вже не білого жару, а жовтого. Наша земля й останні трабанти чи планети вже вистигли до твердої назверх консистенції, заховавши в середині вогненно-рідке ядро, що часами прориває тверду кору, викидаючи отвором вулканів вогненно-рідку масу-лаву*). Наш співмандрівник місяць, очевидячки, вже остаточно вистиг, і всяке життя на ньому припинилося. Через те, що різні

*) К о с м о л о г і я. Більшість вчених визнає, що центр земної кулі — щільної консистенції, а не вогненно-рідкої, що ґрунтується, між иншим, на переведенні згуку.

тіла твердіють при різних температурах, то зрозуміло, що на нашій землі, яку ми зовемо затверділою, в дійсності лише деякі тіла затверділи, інші ж залишилися рідкими та газованими. Такі умови температури, як побачимо далі, є конче потрібні для умов життя. Центральне тіло чи ядро нашої сонячної системи творить велику вогненно-рідку кулю 1.280.000 разів більшу за земну кулю та 324.000 разів важчу за неї. Сонце 1700 разів тяжче, ніж всі планети та їх сателіти взяті разом. В його атмосфері переважає титан, залізо, вапнець, магній, гелій та водень. Землі сонце віддає лише одну мільярдову частину всього тепла, яке воно посилає до світового студеного простору. Промір землі має 12 750 кілометрів. І в той час, як ми підлягаємо математично вірним законам природи, в нападі затьмарення нашого розуму називаємо себе царями природи, наша малюсенька планета, з прудкістю 107.000 кілометрів на годину, летить у світовому просторі, роблячи свої 14 різних рухів. Ми — тільки атоми, що думають; атоми на тому маленькому атомі, що мільон разів менший за сонце; зірки: Вега — 900 разів, Арктур — 3000, а Сіріус — 72 разів більший за сонце. А наше сонце мільон разів менше, ніж сонце Сапору, що становить лише атом нашої величезної зоряної туманности — нашого всесвіту. Але й наш всесвіт оточений ще іншими всесвітами — всесвітами до безмежності. Я не випадково і не даремно назвав світові тіла атомами всесвіту. Сонячна система й атоми матерії надзвичайно схожі між собою. Передусім атом збудований так само, як і кожна сонячна система. В центрі маємо ядро, що навколо нього обертаються з математичною точністю так звані електрони. Ядро й електрони — це лише електричний набій. Ядро позитивний набій, електрони — негативний. При цьому в протилежність до будови сонячної системи промінь ядра в 2000 разів менший, ніж промінь електрона. Промінь електрона визначається як 3.10^{-13} см. В неутральнім атомі набій ядра мусить як раз рівнятися сумі набіїв приналежних йому електронів, а тому що набій якого-небудь електрона є рівний одній і тій же величині E , то набій ядра рівняється $Z \cdot E$, де Z показує число електронів даної атомової системи. Відповідно до того, яке число електронів припадає на дане ядро, і визначається, який саме елемент (залізо, сірка, кисень, водень) ми маємо перед собою. Ми можемо уставити всі ядра згідно зі зростанням числа Z в ряд, і тоді виявиться, що цей ряд як раз сходиться з відомим рядом періодичної системи Менделєєва. Водень $Z = 1$, гелій $Z = 2$ і далі. Як пригадати собі великого філософа Пітагора,

якого далеко ще не всі зрозуміли, і який вчив, що все на світі є число, то стає дивним, що старовинна наука була така близька до правди.

Електрони, що мають промінь 2000 разів більший за промінь центрального ядра, на основі тих самих законів, на основі яких обертаються планети навколо сонця, — обертаються навколо свого центрального ядра, при чому центральне ядро, хоч у нього менший розмір, має масу 2000 разів більшу за масу електрона. Таким чином, подана вище різниця лише фіктивна, бо зв'язкові сили тяжіння, замінені в атомовій системі електричним тяжінням, а це не змінює подібності рухів через те, що Ньютонів закон тяжіння й Кулонів закон електростатики подібні один до одного.

Отже ми бачимо, що світ складається з великих сонячних систем — сонце з трабантами, та малих атомних систем — ядро з електронами, систем, що у всьому подібні між собою й різняться тільки що до розмірів.

Розміри великих тіл навели ми почасти, коли говорили про розміри землі й сонця та інших великих зір. Про розміри атома ви можете судити за такими даними числами та порівняннями: промінь атома є величиною на 10^{-8} см. й нижче; чи, інакше кажучи, в 1 см^3 діаманту міститься 180.000 триліонів атомів вугля, чи за вказівками Фламаріона один міліграм радія має два мільйони триліонів атомів. Можна уявити собі величину атома ще й із такого порівняння: уявимо собі скриньки на 1 куб. метр (цеб-то, метр здовж, метр завширшки й метр заввишки), покладені одна за одною без перерви від Берліна до Каїра, цеб-то, на просторі 3000 кілометрів, а тепер зменшимо цю велику віддаль до 1 міліметра! Зрозуміло, що для таких маленьких «сонячних систем» який-небудь кришталь звичайної солі це же цілий всесвіт.

В теперішній час переважно англійські фізики своїми працями експериментально доказали, що елементарні тіла, які раніш уважали за нероскладні, можуть розкладатись, перетворюючись в інші елементарні тіла. Вперше переведено цей доказ що до таких тіл, як уран, радій, полоній, тоб-то, що-до так званих радіоактивних тіл. Року 1920 Роттерфорд довів, що за допомогою промінів Рентгена ми можемо розкласти азот на гелій та водень. Таким чином, на теперішній погляд, елемент та хемічна злука сутно різняться між собою лише ступнем важкості розкладу, і та зміна енергії, що йде з розкладу елемента, приблизно мільйон разів більша, ніж та зміна, що є при розкладі якої-небудь хемічної злуки. Густав ле-Бон ви-

числив, що коли б нам поталанило розкласти шматок радія такий завбільшки, як шпилькова голівка, то звільненої енергії вистачило б на те, щоб потягнути потяг із сорок вагонами. Якщо придивлятимемось до того, які елементи розкладаються легко, а які тяжче, а які ще й досі не розкладені, то відразу помітимо, що розклад залежить од кількості електронів, які складають цей атом. Коли електронів дуже багато, то центральному ядру, так би сказати, тяжко утримати коло себе цю кількість негативних набоїв, що швидко обертаються навколо нього, й вони легко відриваються самі собою. Так Уран, що має найбільше електронів — 92, сам радіоактивно розкладається та дає радій. Цей останній теж ступнево розкладається, звільняючи величезну енергію, доки з нього не утвориться полоній. З полонія так само витворюється через розклад олово (Plumbum). Як же ставляться інші важкі первні до розкладу: олово, бісмут, ртуть, золото, платина та інші? Як що розглядати радіоактивні та нерадіоактивні елементи просто як хемічні первні, то по-між ними теж існує певна рівнобіжність, так що ми не можемо дивитись на радіоактивні елементи, як на виключні, що-до кількості внутрішньої енергії. Вони різняться по-між собою лише що-до швидкості, з якою виділюється енергія. Особливо радій своєю хемічною природою та характером свого спектру так подібний до нерадіоактивних елементів — барія, стронція та вапнеця, що хеміки зараз же помістили його в одну групу з останніми. Тай його атомова вага (226) стверджує справедливність такого приміщення його в періодичній системі елементів. Очевидячки, треба думати, що такий запас внутрішньої енергії мають у більшій чи меншій мірі всі первні взагалі, та що він є невідіймана особливість їх внутрішнього складу. Тепер, після того як Роттерфорд доказав розклад азота — можна вважати й це припущення за доведене. Матерія, яку до останнього часу вважали за вічну, незмінну, безсмертну, в якій, згідно з законом Мауер'а й Лавуазьє, ані один атом не зникає та не утворюється знову, — ця матерія, на наш погляд, змінюється, розкладається, вмирає. Тепер ми знаємо термін життя де-яких елементів; так, уран живе 750.000.000 років, радій — лише 2500 років, радій А — лише 4,3 хвилини, полоній — 203 дні і т. д. Руйнуючись чи вмираючи, матерія звільняє величезну енергію, що розпрошується по світовому просторі. Де-котрі вчені висловлюють думку, що це розпорошення, рідчання енергії протягом мільйонів років йде чим-раз далі, та що енергія, врешті, перейде в те таємниче, що одні

визнають, а другі ні, в щось нематеріальне, що називають етером. Розрідження етеру є настільки велике, що якби можна було згустити його в рідке тіло, то вся маса його помістилася б в одному кубічному сантиметрі (Б. Дюшен). Етер, що заповнює собою всі світові простори між усіма тілами всесвіту, є субстанція безважна, абсолютно пружна, яка просякає й атоми, де електрони обертаються також в етеровому морі. Айнштайн цілком не визнає етеру. Як що етер все ж таки існує і уявляє з себе найвищий ступінь розрідження світової суті, то ми могли б уявити собі еволюцію цієї світової суті ось так: матерія, яка є не що інше, як форма енергії, що поволі рухається й згущується, проіснувавши певний час, починає розкладатись та ступнево переходити в енергію. Енергія, роспорошуючись у безмежних просторах, що-раз більше розріджується, розсіюється, понижує «свою якість», як висловлюється Soddy, й переходить у ту нірвану, ту нематеріальну субстанцію, що зветься етером. Ця нірвана триває велику кількість еонів, цеб-то, мільонів років, а згодом починається тихе, ступневе згущування, яке досягає стану енергії.

Згущена протягом еонів енергія переходить у надзвичайно розріджену матерію, і вічне коло еволюції світової суті замикається.

Світлом сяюча матерія є та туманність, що ми помітили — це є світ, що допіру народжується. Оця матерія, згущена до вогненно-рідкої величезної кулі, буде мільон років джерелом енергії, джерелом життя на трабантах, що обертаються навколо неї. До цього величезного кола еволюції світової суті ми додамо лише небагато, але цей маленький додаток торкається живих тварин і нас самих — атомів, що мають здібність думати. Матерія в найпростішій формі є т. зв. мертва матерія, що складається з відомих нам атомів, здібних сполучатись в агрегати. Коли атоми сполучаються у великій кількості — при утворенні молекули, — то ми маємо органічну матерію, в склад якої входить звичайно певна кількість атомів вугля. Як що структура молекули ускладняється до вищої міри й вона стає великою, складною, а тому й крихкою, лабільною, то ми маємо організовану, живу матерію, живу субстанцію чи білковину. Та й справді, молекула білковини, що-до складності й важкості свого складу та будови — є надзвичайно дивоглядна. (Так, наприклад, молекула білковини еритроцитів собаки має такий склад: $C_{758} H_{1203} N_{195} O_{218} FeS_3$). Зі всіх білковинних молекул найскладнішу будову має молекула мозку, зокрема мозку людини. Тепер ми можемо остаточно повернутися до нашого великого кола еволюції.

Світовий егер, чи та нірвана, що про неї говорять філософи Індії, — згущується на протязі мільйонів років — еонів — до ступня енергії. Енергія згущується також протягом еонів до стану матерії. Мертва ж матерія комплікує свій склад і дає спочатку органічну, а потім організовану чи живу матерію. У живих істот найбільше ускладнення утворюється в молекулах мозку — завдяки чому досягається вища праця, вищі функції — творче думання людини. Така надзвичайно складна жива матерія не може бути довговічна, вона в істоті своїй має нахил до розкладу, до переходу в простіші й, розуміється, в сталіші хемічні злуки. Тимчасова, як все гарне, жива молекула, що думає та відчуває, засявши, як метеор вгорі, у великому колі еволюції світової суті, розкладається й переходить у постійну мертву матерію. Але-ж і постійність мертвої матерії є відносна, бо вона також не вічна й переходить, розкладаючись, в енергію. Енергія розріджується до ступня етеру, й знову настає нірвана, велике небуття, велике мовчання смерті. В старих легендах і мітах про матерію ми знаходимо давній мітичний символ, відомий під назвою «уробора», гадюки, що пожирає свій хвіст. По середині кола девіз «все є одно». Цей мітичний знак ми можемо прийняти та поставити його, як символ сучасного природознавства.

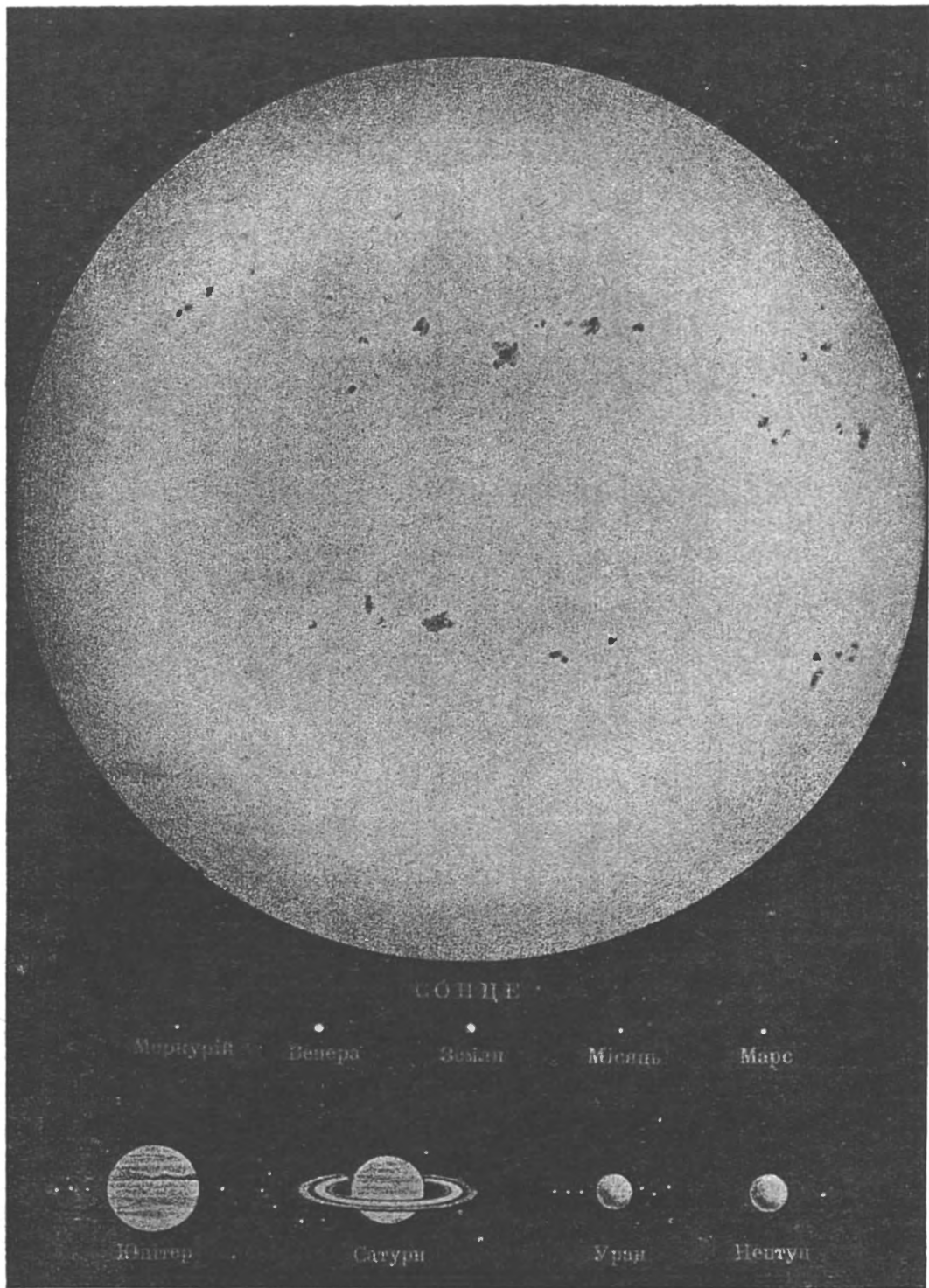
П р и м і т к и.

1. Мені відомі заперечення, зроблені Newcomb'ом, що-до відділення матерії від туманного ядра, яке первісно обертається, і повстання планет з маси, що відокремилася; відомо також, що кільце Сатурна складається з окремих частинок, що рухаються навколо Сатурна згідно законам Кеплера і не творять компактного цілого. З другого боку, труднощі механічного пояснення послідовного відділення кількох кілець; невідповідність суми площ прудкості всіх частинок газоватої кулі, центр якої — центр сонця, а периферія — Нептун, — до дійсної суми площ прудкості всіх тіл сонячної системи; а тимчасом засадничий закон механіки вчить, що сума площ прудкості всіх частинок системи, залишеної самій собі, зостається завжди без змін. Суперечать також теорії Лапласа де-які особливості руху «місяців» Урана й Нептуна, Юпітера й Сатурна. При цьому великий математик Poinscaré у своїй останній праці «Leçons sur les hypothèses cosmogoniques» виводить, що теорія Лапласа з де-якими змінами є найкраща усіх, а тому я вважаю, що в короткому підручнику біології можна прийняти її, як найкращу, тим більш, що вищезазначені суперечки почасти знайшли собі пояснення в працях Poinscaré й G. H. Darwin'a (Ebbe und Flut. Leipzig 1911).

2. Нові праці геолога Chamberlin'a й астронома Moulton'a прийшли до висновків, подібних до висновків Kant'a; лише вони мусіли приписати первісним хаотичним масам з самого початку коловоротний рух.

3. Не дивлячись на те, що автор цього підручника слідує з найвищим інтересом за наукою, що повсталася на наших очах, — т. зв. наукою про ектоплазму в зв'язку з науковою розробкою явищ медіумізма, спіритизма — він не вважає для себе, поки що, за можливе висловитись з цього приводу, доки наука про ектоплазму не вийшла з меж підготовчої експериментальної розробки.

4. Для студіювання структури атомів автор дуже рекомендує книжку М. М. Галагана — «Атомістично-молекулярна теорія». Прага, 1925.



Загальний вигляд світил⁷ сонячної системи. Цей малюнок показує в однаковому масштабі відносні розміри Сонця, Землі, Місяця та головних планет. Маленькі телескопічні планети, розположені між Марсом і Юпітером тут не показані з причини занадто малих розмірів їх.

(Encyklopédie par l'image).



Г у м а н н і с т ь А н д р о м е д и . Ця туманність чотирі рази більша за поверхню, яку на вигляд займає сонце, але, зважаючи на її віддаль, це відповідає величезним розмірам: її діаметр рівний 7516 мільярдів кілометрів, себ-то 800 разів більший, ніж діаметр сонячної системи. Світло потребує 300 днів, щоб його пробігти.

(Encyclopédie par l'image).



Один з типів спіральної туманності: туманність «Мисливих Собак». Нині знаємо понад 900.000 спіральних туманностей, з яких кожна, мабуть, представляє цілий світ, аналогічний до Чумацького Шляху. Ця туманність невидима голим оком. Її діаметр на небі видається рівним приблизно одній сьомій частині діаметру Місяця.

Ця фотографія знята в обсерваторії Мон-Вільсон.

(Encyklopédie par l'image).

ГЛАВА II.

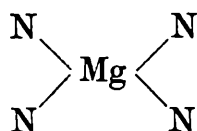
Захоплення соняшної енергії живими істотами.

Ми бачили раніш, що живі істоти є трансформатори енергії, що найбільшим джерелом енергії є ядро нашої соняшної системи — сонце; але ж нам треба тепер ще зв'язати джерело енергії з її трансформатором. Даремно посиляло б сонце свої проміні на нашу та інші планети, коли б на них не було приладів, що могли б накопичувати цю енергію в вигляді запасів і витрачати її в міру потреби. Рівний богу Прометей вкрав з неба вогонь та приніс його на землю. Тут не треба красти вогню з неба, тому що енергія сама золотим дощем соняшних промінів сиплеться на землю. Треба лише вміти брати цей небесний подарунок. Цим приладом, що схоплює небесну енергію, є зелений листок рослини, який при допомозі зеленої субстанції, що її просякає — хлорофіла — бере соняшну енергію й будує за її допомогою двоокису вугля (CO_2) й ґрунтової води (H_2O) органічну злуку вуглевод — крохмаль. Досліди показали, що вже надзвичайно тонка верства тканини, яка має хлорофіл, може цілком використати соняшні проміні, що на неї падають, для своєї хемічної творчої праці. Через те товста верства зеленої субстанції — хлорофіла була цілком зайвою при будівництві рослини. Тому ми бачимо всюди в рослин форми листків у вигляді тонких платівко^к на кілька десятих часток міліметра завтовшки. Навпаки, утворення можливо більшої зеленої поверхні має для рослини велике значіння через те, що кількість захопленої енергії просто пропорційна кількості квадратних метрів поверхні листків, що освітлюються проміннями,

які несуть енергію. Далі ми побачимо при розгляді еволюції ступеневого розвитку рослин, що суть цієї еволюції полягає в ступневому збільшенні корисної зеленої поверхні з переходом від нижчих рослинних форм до вищих. У нижчих водоростів збільшення поверхні досягається тим, що вони приймають форму довгих, тонких, як волосся, ниток, або форму надзвичайно тонких платівок — в обох випадках обсяг тіла зостається дуже малим у відношенні до поверхні, яка захоплює енергію. Однак, цього досягається значно краще, коли паросток рослини диференціюється на вісьову частину та листя, що вже часто спостерігаємо у водоростів, що є звичайним явищем у листових мохів та живих рослин. Через це рослина може розмішувати на цій осі, в корисному віддаленні одна від другої, велику кількість хлорофілових тонких платівок-листіків. Лише таким шляхом диференціації на стебло чи вісь і на листки — рослина досягає вищого ступня розвитку та розгортає величезні зелені вінці з незчисленним листям. Над всім зеленим рослинним світом панує принцип: на як-найтонших осях та їх розгалуженнях витворити як-найтоншу й як-найбільшу зелену листову поверхню. Вже молода береза (30 років), що число її листків доходить до 200.000, розгортає листову поверхню на 2 мільйони квадратних сантиметрів. Листовна поверхня конюшини 26 разів перевищує площу засіва, цеб-то, замість видимої одної десятиної енергію сонця схоплює площа 26 десятих; еспарцет витворює листову поверхню 38 разів більшу площі засіву, люцерна 85 разів, а змішані трави ще більше. Які великі поверхні розгортає рослина до неба й сонця, ви можете уявити з того, що десятина вівса за літо випарює своєю листовою поверхнею 100—200 пудів води, а десятина мішаної лугової трави 500 тисяч пудів води. Рослини своїми зеленими листками простягають до неба незчисленні руки за хлібом. Вони є посередниками між небом та землею. Вищезазначене перетворення простих неорганічних речовин — двоокису вугля й води — в органічну речовину — крохмаль, є єдиний на нашій планеті природний процес творення органічної субстанції. Вся органічна матерія, яка б вона не була різноманітна, де б ми її не зустрічали — у рослинах, тваринах, людині — вся вона пройшла через листок, витворилася з речовин, вироблених листком. Можна сказати — все життя, все живе на землі пройшло через листок, через зелену субстанцію його — хлорофіл. Ми повинні тому розглянути ту субстанцію, що єдина творить життя на землі — хлорофіл, і той орган рослини, що просякнений хлорофілом.

[Хлорofil знаходиться також у тварин в їх зовнішніх покривцях. Сюди належать зелені комахи, як коники, зелені жаби, де-котрі з плазунів. При цьому д-р П. П. Під'япільський робив спроби довести, що цей хлорофіл повстає в покривцях тварин незалежно від хлорофілу їжі].

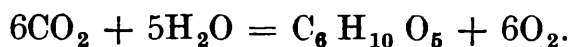
Збагнути природу, внутрішню суть, хемічну структуру молекули цього хлорофілу вже давно було змаганням хеміків. Розв'язання цього питання займало багатьох досліджувачів цілі десятки років і вдалося, хоч і не зовсім, лише за останні 20 років, головним чином, завдяки працям Richard'a Willstätter'a та його співробітників. Без глибокого знання вам не будуть зрозумілі надзвичайно складні думки цих вчених, але ж можна тут подати головні висновки праць Willstätter'a у вигляді таких положень: 1) існує лише один рід хлорофіла, тоді як раніш припускали їх кілька; 2) найліпше можна одержати хлорофіл витяжками з зелених листків спиртом (85%) чи ацетоном (85%), при цьому 1,6 кілограма сухого листя дає 6,7 грама хлорофіла; 3) з хлорофілом завжди сполучені дві жовті барвлячі субстанції: одна вуглеводень — carotin ($C_{40}H_{56}$) та ще одна субстанція, що має в собі кисень; 4) чистий хлорофіл завжди має в собі метал — магній; цього не помічали попередні досліджувачі. Магній у хлорофілі є зв'язаний з азотом. Це тим більше дивно, що магній в таких випадках дає лише безбарвні злуки. В молекулі хлорофіла магній становить до певної міри центр, ядро, навколо котрого групуються інші атоми. Отже магній є для хлорофіла найвидатнішим елементом, з яким сполучені чотири атоми азоту. З цих чотирьох атомів азоту — два злучені з вуглем і киснем у т. зв. карбонові кислоти. Тому видатна для хлорофіла група символічно виглядає так:



Як що до спиртового розчину хлорофіла додати бензину, то цей розчин розділиться на дві субстанції — на темну, що складається розчиною в спирті, xanthophyll ($C_{40}H_{56}O_2$) і блакитну, що розчиняється у бензині — cyanophyll. З природно філософського й практичного боку однаково цінне те, що нам вдалося з'ясувати до певної міри хемічну суть хлорофіла. Це дає надію в будучині навчитися добувати його штучно, що викликало б світовий переворот через те, що розв'язано було б питання про пере-

хоплення сонячної енергії по-за рослинами. Людина звільнилася б од залежності від рослин, що мало б великі соціальні й економічні наслідки. Придивімся тепер ближче — з чого ж саме складається праця хлорофіла. Зелений листок рослини бере за допомогою хлорофіла мертву субстанцію з повітря, двоокис вугля (CO_2), відщеплює від нього за допомогою сонячної енергії вугіль (C), при чому кисень виділюється у вигляді згущеного кисня чи озону (O_3). Розгляньмо це як-найпильніше. Відомо кожному, що тіла рослин, а також і їх витвори дають при паленні багато вугля; половина сухої ваги рослини є вугіль. Спробуємо з'ясувати, звідки походить у рослині вугіль і скупчується там у великій кількості. Для цього зробимо такий експеримент. Посадимо рослину у пісок, який ми перед тим пропекли, щоб-то, спалили увесь вугіль до двоокису вугля, що, як дим, відлітає. Хоча тепер наш пісок і не має ні одного міліграму вугля, рослина все таки буде мати багато його. Другий експеримент: посадимо рослину в дестильовану воду, щоб-то, хемічно чисту воду, й будемо додавати до цієї води звичайний попіль, в якому зовсім нема вугля — наша рослина буде рости й знову дасть багато вугля. Як що ми відміряємо точним хемічним способом кількості вугля в дорослій рослині, то його буде значно більше, ніж його було в маленькому насінні, з якого виросла наша рослина. Ми й без допомоги точної хемії можемо наперед сказати, що велика кількість вугля, що ми одержали від спалення старої величезної сосни, не може бути у маленькому її насінні. В природних умовах життя рослина не може одержувати вугіль за допомогою коріння з ґрунту, тому що вугіль не розчиняється в воді, й коріння не могло б його всмокстати з землі, коли б він там і був. Коли рослина не може одержати вугіль ні з ґрунту, ні з води, ні з насіння, то залишається тільки думати, що рослина одержала його з повітря. Не марно рослина розпростягла, як ми бачили, велику листвяну поверхню, що купається в повітряному морі — з цього моря вона захоплює вугіль в надзвичайній кількості. Але ж звідки саме повітря бере вугіль в такій кількості, що його не може втягнути незчисленне зелене листя, яке без перерви його всмоктує, доки на це листя падає соняшне світло. Ми бачимо, як з одного питання повстають другі, і як наші думки про джерела життя перетворюються в одне ціле, логічно звязане міркування. Справді, загальна кількість двоокису вугля в атмосфері цілої земної кулі виносить 3000 біліонів кілограмів, з числа яких на долю вугля припадає 800 біліонів кілограмів. Не дивлячись на цю надзвичайну

кількість вугля, він без решти був би вжитий ростинами земної кулі за час, що можна означити. Але ж цього нема; склад повітря залишається приблизно однаковий, а саме: азоту 78,1, кисня 20,9, двоокису вугля 0,03, решта припадає на інші гази. Ясно, що при такій великій витраті, що її потребує ростина — мусить бути постійний прибуток, щоби баланс зоставався приблизно на одному рівні. Цей прибуток вугля має ось які джерела. Кожна доросла людина видихає щоденно 900 гр. (цеб-то, майже кілограм) двоокису вугля, що має в собі 245,0 гр. чистого вугля, неб-то, чверть кілограма. На земній кулі рахується біля 2-х міліярдів людей, а тому лише одні люде своїм диханням дають приблизно 2 міліярди кілограмів двоокису вугля денно чи пів міліярда кілограмів чистого вугля. До цього треба додати вугіль від дихання решти наземних і водяних тварин. Крім того, до світової війни одні лише фабрики Круппа в Ессені викидали в повітря 2,5 міліона кілограмів вугля щоденно. Велику кількість двоокису вугля й вугля дають усі тіла тварин і ростин, що розкладаються та гніють. До цього регулярного й постійного прибутку вугля часами, і досить часто, приєднуються вибухи вулканів, що викидають одразу велику кількість двоокису вугля. Ми мусимо подивитись тепер, що ж діється з самим вуглем у зеленому листку, й які саме складні органічні злуки там витворюються. В зеленіх органах саме хлорофіл захоплює соняшну енергію, як показали це фізичні експерименти, й за допомогою цієї енергії з двоокису вугля (CO_2) та води (H_2O), що підіймається з ґрунту, витворює складне органічне тіло — крохмаль, що має таку хемічну формулу $\text{C}_6 \text{H}_{10} \text{O}_5$. Можна думати, що процес витворення крохмалю йде за такою формулою:



Одначе, більш певно, що процес йде не відразу, як вище зазначено. Спочатку витворюються, мабуть, рідкі, не помітні для ока й під мікроскопом злуки з вугля, кисня й водня і ці злуки знову комбінуються по-між собою й, нарешті, витворюють крохмаль у вигляді зерен, що ми можемо побачити під мікроскопом і довести його присутність хемічною реакцією. В останні часи думають, що спочатку витворюється формальдегід, формули CH_2O , а з нього шляхом полімеризації (складання молекули) його молекули легко витворюється крохмаль. Процес творення крохмалю в листку можна спостерігати при такому простому досліді: 1) кладемо у свіжу воду

ниточки водоросту або поставимо на вільному повітрі квітку чи кущик і ми зможемо через кілька хвилин спостерегти, що в зеленому листку починають утворюватись зерна крохмалю, які легко знайти під мікроскопом, тому що крохмаль барвиться від йоду в фіялковий колір. 2) Коли зараз же ми поставимо рослину в темне місце, то всі крохмальові зерна швидко зчезнуть з листка; крохмаль знову з'явиться, як тільки ми винесемо рослину на світло. 3) Вже без мікроскопу можна довести творення крохмалю в листках під впливом світла ось яким дослідом. Маленьку частину листка закриємо папером або коркою, так щоб світло не впливало на цю частину де-кілька годин; потім зірвемо цей листок, покладемо його у кип'ячу воду на де-кілька хвилин, а опісля здобудемо з листка хлорофіл і лишимо його 24 години в міцному розчині спірта. Тепер обезбарвлений ясно-жовтий листок покладемо в спіртовий розчин йоду чи йодистого калія. Тоді ми побачимо, що частини листка, які освітлювались сонцем, зробляться темно-фіялковими, бо в них є крохмаль — частина листка, що була покрита папером чи коркою, лишиться ясно-жовтою, бо в ній нема жадного зерна крохмалю. 4) Як що ми будемо держати рослину під скляним дзвоном на світлі й будемо пропускати до рослини під дзвін повітря, хемічно звільнене від двоокису вугля, то ми ніколи не помітимо в листках утворення зерен крохмалю. Позбавити повітря двоокису вугля ми можемо досить легко, перепускаючи його крізь розчин калієвого лугу (KOH). З цих дослідів ми можемо зробити ось які висновки: 1) Для утворення крохмалю є необхідний двоокис вугля. 2) Витворення крохмалю відбувається лише на світлі, цеб-то, при соняшному світлі, у зелених листках рослини, при чому, як що вказана нами формула витворення крохмалю вірна, то ми помітимо інтенсивне виділення кисня. Це доводиться таким дослідом. Склали лійку наповнюємо зеленими листками й ставимо її широким краєм до низу в скляний валець, наповнений водою, а до води будемо від часу до часу додавати двоокис вугля. На вузький, повернутий догори край лійки насунемо звичайну хемічну пробівку, наповнену водою. Ми незабаром помітимо, що у пробівці з'являються дрібні пухирці газу, що витискує воду з пробівки її збирається на дні пробівки. Коли газ витисне всю воду з пробівки, здіймемо її обережно і вставимо до неї тріску, що тліє. Тріска розжовриться яскравіше або навіть і загориться, що доводить, що кисень скупчився в нашій пробівці. Кисень, що виділюється зеленими листками, всмоктується зябрами й леге-

нями тварин для дихання. В тілах тварин кисень, окиснюючи численні хемічні злуки, окиснює й вугіль до стану двоокису вугля (CO_2), що виділюється диханням у повітря й знову всмоктується рослинами. Так закінчується це велике коло хемічних реакцій між ростиним і тваринним світом.

Будемо тепер спостерігати дальшу долю крохмалю в організмі рослини. Крохмаль, як субстанція, що не розчиняється в воді, не міг би рухатись в організмі рослини, і інші частини її загинули б з голоду, тому що єдиним апаратом, що будує крохмаль, є зелений листок. Крохмаль перетворюється, завдяки легкому змінінню своєї формули, в цукор, що легко розчиняється у воді: $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ — крохмаль; $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ і грозновий овочевий цукор — глюкоза та фруктоза; або витворюється тростиновий цукор — $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$; мальтоза — $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} + \text{H}_2\text{O}$ та іннулін — $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$. Перетворення крохмалю в цукор повстає під впливом особливої річовини — фермента — діастази, що має в своїм складі білковину. Перетворення крохмалю в цукор виникає, між иншим, у нашому роті, коли ми їмо, наприклад, хліб; крохмаль хліба в роті під впливом ферменту слини — птіаліна — перетворюється також у цукор. Цукор, що легко розчиняється у воді, розноситься судинами рослини по всіх її органах і частинах аж до найменших коріньових волосків. Також легкою зміною своєї хемічної формули цукор перетворюється у тверду масу, що називається клітчанкою, деревиною, целюлозою або просто деревом. Коли волокна бавовни, цеб-то, ту саму целюлозу розчинити в міцній сірчаній кислоті й цей розчин розбавити водою, а потім варити його довгий час, то целюлоза, приєднуючи до себе воду, перетворюється у цукор-глюкову. Таким чином, тирсу можна перетворити у цукор, а цукор — у спирт. В рослині, навпаки, цукор перетворюється в целюлозу шляхом відділення молекули води. Розчин цукру, що тече по найвужчих судинах рослин, зустрічається там з азотом, сіркою, фосфором і мінеральними солями калія та магнія, що підіймаються в ґрунті догори, — з'єднується з ними та з цих злук, ще невідомо як, формується білковина. Спочатку витворюються, мабуть, амідозлуки, що можна вивести з великої кількості аспарагіна ($\text{C}_4\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_3$), цеб-то, амідозлуки яблониової кислоти. Ще шляхом инших неведомих змін в білковини витворюється товщ. Таким чином, в рослині, цій дивній лабораторії життя, утворюються, ще далеко нерозгаданими й незрозумілими для хемії шляхами, три головніші групи хемічних злук, без яких неможливе жадне життя, цеб-то,

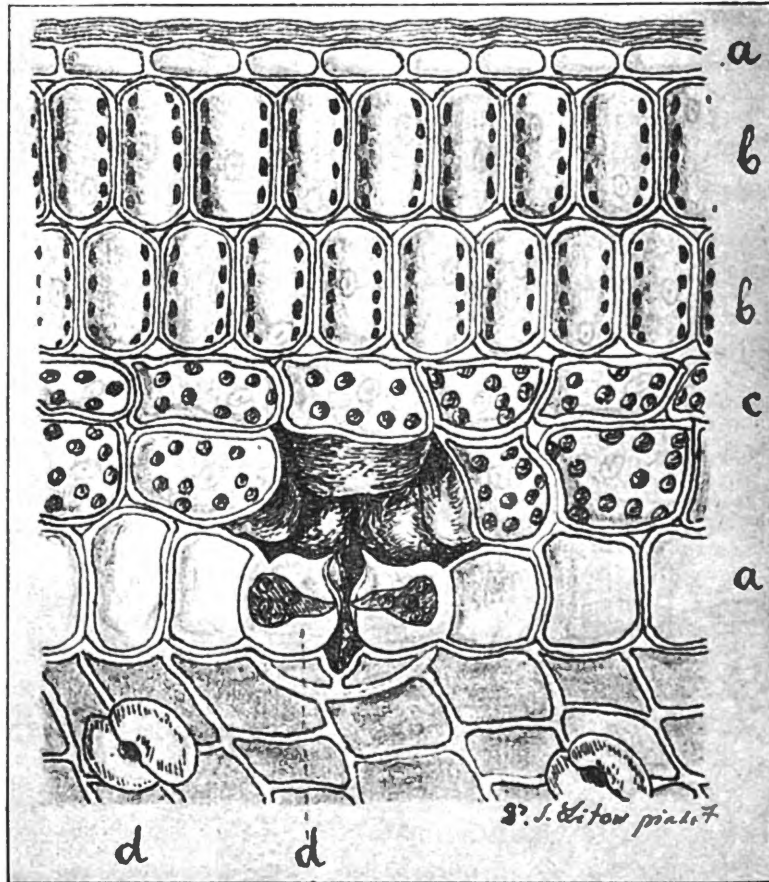
вуглеводи (крохмаль і цукор), білковина й товщі. Як ми бачили, в повітрі на 1000 літрів припадає лише 3—3,5 літра двоокису вугля, тому зрозуміло, що процес асиміляції вугля мусить іти в листках з великим напруженням, бо половина сухої ваги рослини складається лише з вугля. Як що ми приїмемо суху вагу даної рослини рівною 100 центнерам, то на долю вугля припадає 50 центнерів. Для одержання з повітря цієї кількості необхідно пропустити крізь листя рослини не менш як 12 мільйонів кубічних метрів повітря. Звідси ясно, що вже для невеликого дерева необхідна величезна асиміляційна поверхня, й що процес асиміляції мусить проходити з великим напруженням. Це напруження доводиться таким фактом: кожний квадратний метр листовної поверхні витворює щоденно 25,0 гр. крохмалю. Мимохіть виникає бажання ближче студіювати цю машину, те приладдя, що так інтенсивно працює для творення життя.

До цього часу ми розглядали питання майже виключно з боку хемічного, тепер розглянемо його з боку фізичного, щоб-то, вивчимо машину, що витворює на землі можливість життя. Анатомічно кожний листок є збудований так, що кожна його поверхня, щоб-то, горішня та долішня — покриті одною верствою плоских клітинок, що по краях листка переходить з одної поверхні на другу. Ця верства має назву наскірень (епідерма). По-між двома тоненькими платівками наскірення знаходиться основна тканина листка мезофіл.

Основна тканина складається з двох верств. Зараз же під горішньою платівкою наскірення містяться в дві верстви, одна за другою, т. зв., присадкові клітини, щоб-то, клітини, що нагадують по своєму розположенню — тин або присадок. Ці—високі, вальцеваті стовпчики-клітини розміщені так, що по-між ними залишаються лише вузькі простори або щілинки. Вісь вальцеватої клітини стоїть простопадно до поверхні листка*). Друга верства клітин — губковата і витворена клітинами неправильної круглої форми. Як що й зустрічаються довші клітини, то їх довший промір ніколи не стоїть простопадно

*) Особливий рід «присадкової» паренхіми повстає так, що від клітинної оболонки в середину клітини випинаються зморшки й перетинки, які поділяють клітинну дутину на де-кілька комор, що не зовсім відділені одна від другої. Через це внутрішня поверхня таких клітин значно збільшується й тому містить більшу кількість хлорофілових зерен. Подібні «присадки» зустрічаються у *Coniferae*, *Ranunculaceae* й багатьох інших родів, так само й у родів *Sambucus*, *Phyllanthus* і т. д.

до поверхні листка, а завжди більш чи менш навскіс. Простори по-між цими клітинами є великі, й через те ця верства має назву губковатої. На долішній поверхні листка в наскірні ми помічаємо ще особливі втвори т. зв. дихальця. Дихальця уявляють з себе маленькі щілинки по-між т. зв. замикальними клітинами. Великість

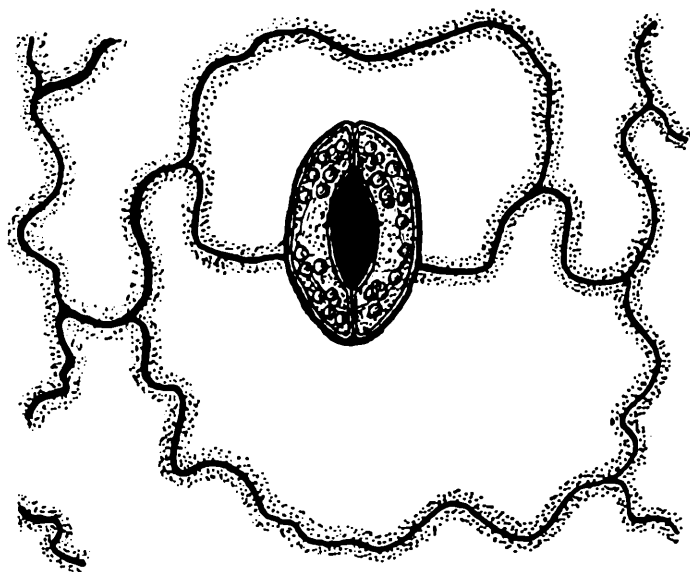


1. Навпоперечний розріз листа: а) шкірка (cuticula); б) присадкові клітини; в) дірчаво верства; д) дихальце (Smalian).

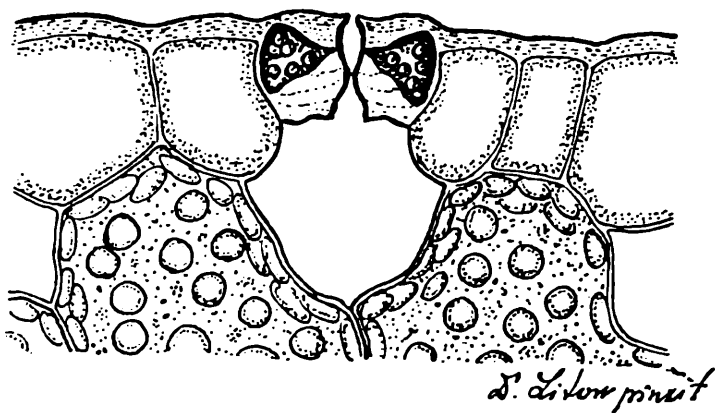
дихальця визначається, наприклад, у *adapanthus umbellatus* 0,000047 кв. міліметра, у *lea-mais* отвір досягає 0,006 кв. міліметра, а число їх на одному листку досягає багатьох мільйонів.

Дихальця клітинні збудовані надзвичайно цікаво. Їх стінки чи оболонки згрубшені, крім тих поверхень, якими вони повернені одна до одної і які утворюють немов двері чи краї дихальця. При збільшеній сухості повітря стінки клітин, що повернені одна до одної, випинаються назустріч та замикають дихальце; коли повітря

стає вохким, то отвори знову відмикаються через розходження замикальних клітин — таким способом регулюється випар води з тканини листка. З дихальної порожнини повітря проходить у менші міжклітинні простори губковатої верстви, а звідци вже в надзвичайно тонкі щілини — простори по-між присадковими кліти-



a

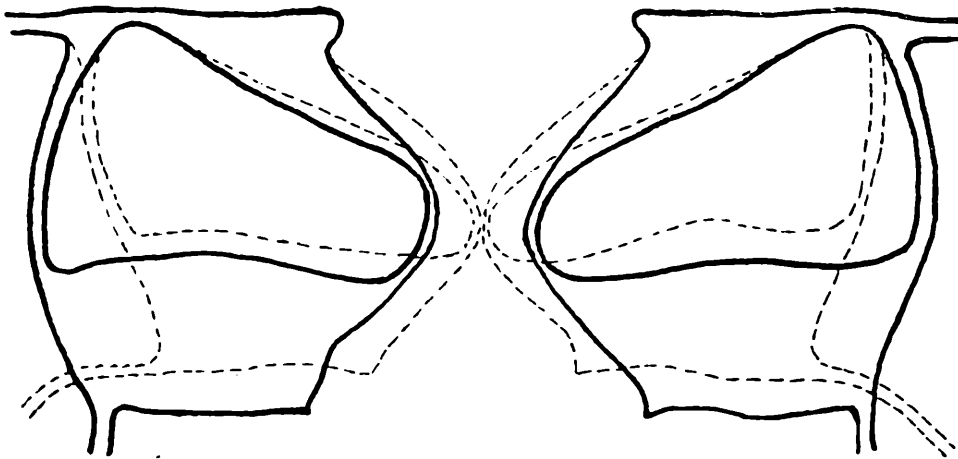


b

2. Дихальце рослини в поверхні (a), в розрізі (b) (Любименко).

нами. Через ті самі отвори повітря виходить назад. Зрозуміло, що м'якиш листка, увесь мезофіл, є, власне, дихальна порожнина чи, вірніше, відживна. Ясно також, що, завдяки дихальній порожнині й просторам по-між клітинами губковатої та присадкової верств, асиміляційна поверхня листка надзвичайно збільшується в порівнянні до видимої простим оком зовнішньої поверхні листка. Ця асиміляційна поверхня збільшується ще в кілька разів наслідком

того, що процес асиміляції проходить по-між повітрям й хлорофілом. А що хлорофіл є течиво, то він просякає нечисленну кількість зерен, що лежать в клітинах мезофілу. Хлорофіл просякає ці зерна, як вода губку. Самі ж зерна становлять маленькі круглі тільця плазматичні (цеб-то, білковинні). Ці зелені плазматичні тільця вільно пливають у безбарвній протоплазмі клітин листка. Найбільше цих тілець ми знаходимо в присадкових клітинах. Надзвичайно цікаво зазначити факт, що зерна хлорофілу дуже чутливі до світла і що наслідком цього вони розміщуються не як прийдеться в клітинах листка, а закономірно, в залежності від інтенсивності світла, що падає на них. Ці зерна досить точні регулятори витворення крохмалю, що не мусить бути ні надмірним ні невистарчаючим.



3. Схема дихальця рослини: у відчиненому вигляді —————, в зачиненому вигляді - - - - -

Придивімося ближче до них, щоб побачити, як це вдається маленьким зернам регулювати приплив сонячної енергії так, як це робиться яким-небудь точним фізичним приладом. 1) Коли ми виставимо зелені водорості або листя якої-небудь рослини а) на слабе світло, б) на сильне світло й в) на звичайне, т. зв. розпорошене світло, то бачимо в листках під мікроскопом різні образи. При занадто яскравому освітленні зерна хлорофілу пересуваються до бокових стінок присадкових клітин, цеб-то, до тих стінок, що стоять у цих клітин перпендикулярно до поверхні листка, що ми його освітлюємо. При цьому зерна розміщуються вздовж цих бокових стінок одно за одним. Крім того, при дуже яскравому світлі зерна як-найдалі відходять від світла та скупчуються у тверді грудочки, чим надзвичайно зменшують свою асиміляційну поверхню. При слабому (а) чи звичайному

(в) світлі зерна хлорофілу, навпаки, збираються, тягнуться до світла та стають рівнобіжно до поверхні листка, чим ясно збільшують свою асиміляційну поверхню. 2) Коли існує яка-небудь причина, що не дозволяє рослині будувати листки у формі широкої платівки й тим розпростягати велику поверхню, що захоплює світло, то листки рослини приймають форму голок, як це ми спостерігаємо у хвойових рослин. Причина, чому вони не можуть створити широких платівкових листків, полягає в тому, що вони ростуть, головним чином, на сухих місцях; це т. зв. ксерофіли. Одержуючи з ґрунту мало води, вони мусять як-найменш випарювати її у повітря і цього вони досягають формою листка в виді голки. Щоби при тому збільшити по можливості поверхню, що приймає світло, зелені клітини листка в самих собі будують ці збільшення, створюючи серед клітини ростки, опуклини, перечки. На цих опуклинах і перечках групується найбільша кількість зерен. 3) На листках одної й тої самої рослини, що росте почасти на яскравому світлі, почасти в тіні — на т. зв. світлових і тіневих листках можна помітити досить велику різницю. Зрозуміло, що світлові листки можуть бути й бувають товстіші, ніж тіневі, тому що яскраве світло глибше проходить до них. Тіневі листки мусять бути тонші, щоб сонячна енергія проходила до хлорофілових зерен. Тому ми можемо простим обміром товщини відрізнити світловий листок від тіневого, визначивши наперед середню арифметичну. Під мікроскопом ця різниця між світловими та тіневими листками виступає досить ясно, а саме: а) присадкові клітини світлового листка довші, ніж у тіневого, вони стоять тісно одна коло одної без помітних міжклітинних просторів; зелені зерна розміщуються вздовж їх поздовжніх стінок, одно за одним. Таким чином, вони уникають занадто сильного світла, а з другого боку, пропускають по-за собою, між двома своїми рядами, багато світла до глибини листка. Світло, до певної міри зменшене присадковими клітинами в інтенсивності, проходить тепер до губоватої верстви клітини. Хлорофілові зерна цієї верстви клітин лежать, рівномірно розміщені по всьому тілі клітини, захищені від сильного світла й намагаються використати ту решту світла, що доходить до них. б) Тонкий тіневий листок має лише одну верству присадкових клітин; тут ці клітини низькі, відокремлені одна від другої широкими міжклітинними просторами. Також є зле розвинена і губовата верства клітин. Зерна розміщені рівномірно по тілі клітини. При середньому освітленні й образ будови листка

буде проміжний. Таким чином, ви бачите на цих прикладах, як анатомічна структура листка відповідає світловому подразненню, що дістає рослина з зокілля; іншими словами, ви бачите, як зокільні фізичні сили пластично обробляють живу, надзвичайно чутливу й ніжну матерію, витворюючи з неї різні форми, як-найліпше пристосовані до життя. [Ви знаєте, що соняшний промінь є мішанина промінів різного коліру, на які він може розкладатись. Ці, різних колірів проміні, ми бачимо на веселці або теж одержуємо, як що перепустимо промінь світла крізь скляну призму. Ці, т. зв., спектральні проміні різних колірів мають різне значіння для асиміляції листків. Доводять це ось яким дослідом. Яку-небудь рослину поставимо в склянку з водою, покриємо її скляним дзвоном з подвійними стінками й будемо наливати по-між стінками дзвону різнобарвні течива, напр., жовте, червоне, блакитне і т. д. — та будемо спостерігати, яку кількість пухирців кїсня буде виділяти рослина в одиницю часу. Ми одержимо при жовтому, червоному, оранжевому освітленні майже стільки пухирців кїсня, як і при звичайному освітленні. При блакитному й фіялковому освітленні ми помітимо надзвичайне зменшення, а то й повне припинення асиміляції. Тому ті проміні, що найбільш впливають хемічно, наприклад, на фотографічну платівку, на асиміляцію впливають шкідливо, параліжуючи її. В зеленому листкові ці проміні втягуються й стають нешкідливими]. Рослина регулює асиміляцію не лише за допомогою тонких, помітних під мікроскопом приладів, вона робить це й більш помітно. Так численні рослини мають здібність ставити своє листя під, яким хочете, кутом до промінів, що на них падають, цеб-то, відповідно до потреби або збільшувати або зменшувати вплив промінів. Наприклад, листя евкаліпту, бобів, ставлять так, щоби при сильному освітленні одержати як-найменшу кількість промінів; наш дикий салат (*lactuca scariola*) разом з американським складноквітним (*silphium perfoliatum*) ставить свої сторчові листки в напрямі в півночі на південь, чому вони й мають назву рослини-компаси.

До яких же висновків ми прийшли на підставі наших дослідів? Життя, чи краще, джерело енергії життя повстало в ті незмірно давні часи, коли почала твердіти розріджена матерія туманностей, з яких виникла наша соняшна система. З ядра нашої системи — сонця, ця енергія крізь великі надзвичайно холодні світові простори перенеслась у вигляді промінів світла на землю. Тут цю енергію схопили зелені зерна хлорофілу й витворили за допомогою

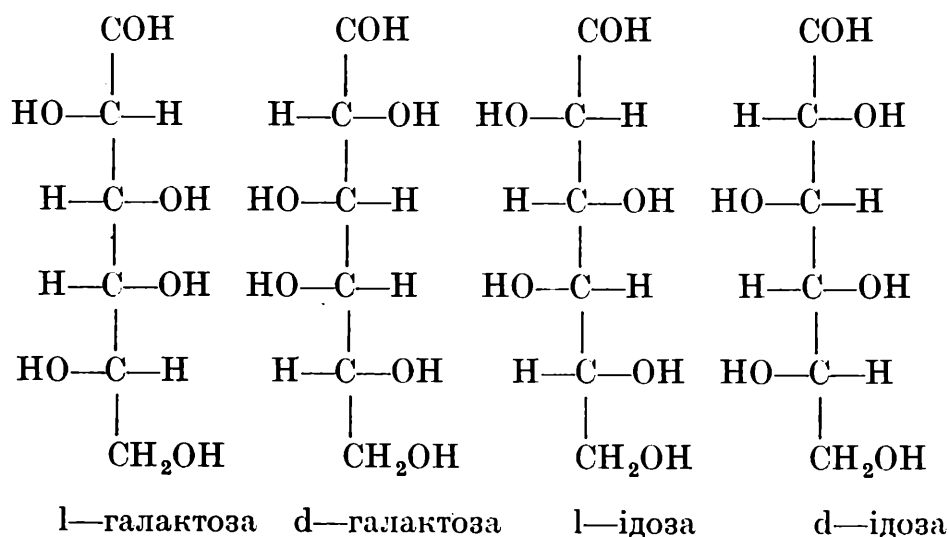
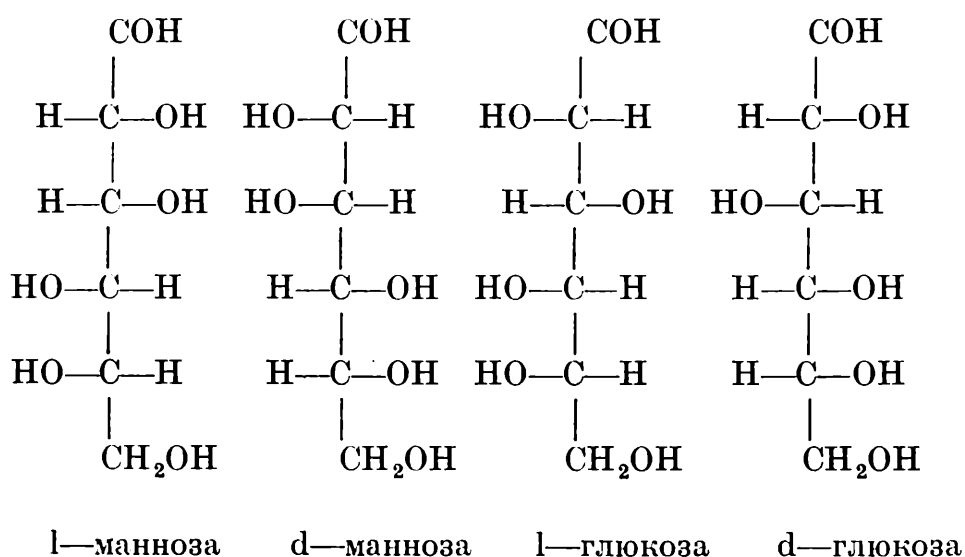
цієї енергії тіло-крохмаль. Крохмаль сам по собі, чи перетворений в інші хемічні злуки — годує все живе на землі. Воли, що пасуться на зеленому лузі, вбирають концентровану енергію сонця у вигляді зеленої трави в її крохмалем, клітчаткою і т. д. Людина чи інша тварина, коли їсть м'ясо вола, споживає соняшну енергію, що вібрана в його тілі й що одержана від рослини. Таким чином, кожний раз, коли ми їмо шматок хліба або картоплю, ми споживаємо «шматки соняшної енергії». З цього погляду все життя на землі, починаючи від життя найменших водоростів та кінчаючи життями великих ссавців, є лише виявлення соняшної енергії, що колись впала на землю й була захоплена зеленими зернами хлорофілу. Все наше життя, від менту народження аж до смерті, з цілою його працею, стражданнями, насолодами й думками є лише виявлення енергії сонця. Захоплений хлорофілом, як сказав Тімірязєв, соняшний промінь є в трісочці, що тліє, і в лямпі, що яскраво сяє, — він рухає велетенським колом парової машини, пензлем маляра й пером поета. Перейміться цим космічним світоглядом, і сама смерть буде лише згасаючим промінем енергії сонця. Нема ніякої смерті — атоми, на які розкладається тіло людини, його мозок, що думає, — є цілі соняшні системи. Вони розкладаються — ці соняшні системи, але ж в тим, щоби знову зібратись і засяяти через еони — в нових світах з новою ще невідомою красою й силою. В старому Єгипті був у пустині великий храм з вівтарем, направленим на схід. Перші золоті проміні бога, що сходив, Амона-Ра, заливали сяйвом білий мармор жертовника, й жерці в білих одягах зустрічали співами гімну й урочистою музикою — бога, що вставав до життя, — джерело життя. Він підіймався все вище й вище, та все краще й краще лунала пісня жерців.

ГЛАВА III.

Розуміння клітини й повстання життя на землі.

Досі ми розглянули два питання: про джерело світової енергії й про джерело енергії на землі; джерело енергії на землі розглядали як хемічно-фізичне приладдя, пристосоване, щоб захоплювати та використовувати світову енергію. Студіюючи це приладдя, ми мусимо розглядати його констуркцію не лише з боку фізичного й хемічного, але й з морфологічного. Форма взагалі тісно звязана з хемічними й фізичними властивостями тіл, що ви побачите під час наших лекцій. Вона ніколи не буває випадковою, незакономірною, а завжди є виявою фізично-хемічних сил, що діють в данім тілі. Форма визначає працю та й сама визначається працею. Тут не можна сказати, що первісне, що другоразне, так неподільно, глибоко одне з одним звязане. Отже наука, що студіює форму — морфологія — цілком не є «опис форм», однаково чи живих чи мертвих матерій, як про це думали старі вчені. З'ясовуючи собі форму, ви пізнаєте одночасно й внутрішню суть тіла, бо форма є результат певних сил і сама в свою чергу впливає, змінює працю цих сил. Для мертвої матерії це особливо вияснилося, відколи почали студіювати структуру кристалів за допомогою промінів Рентгена, які дозволили побачити й зрозуміти пластичне розміщення атомів в кристалах. Тоді *ad oculum* побачили, що тільки переміщення атомів у просторі, що його займає кристаль, вже так змінює властивості тіла, наче-б ми одержали зовсім инший витвір. Так само органічна хемія доводить з математичною докладністю, що повсталі пе-

реміщення атомів навколо центрального ядра так змінюють властивості тіла, що ми одержуємо друге тіло зовсім неподібне до першого. Наприклад, ми маємо тіла, які відповідають емпіричній формулі $C_6H_{12}O_6$. Усі вони мають однаковий хемічний склад, цеб-то, однакову кількість та якість атомів. Лише просте переміщення цих атомів в просторі, що займає дане тіло, дає нам велику кількість нових тіл з зовсім новими властивостями: іншими точками кипіння, здібністю обертати площі поляризації праворуч чи ліворуч та інше...



Окрім цих восьми тіл з формулою $C_6H_{12}O_6$, існують ще вісім, але ми гадаємо, що наведений приклад досить добре свідчить про вищезазначене. Мені хотілось би прищепити вам глибоку любов до

розуміння форм живої й мертвої матерії і зацікавити вас ними та відкинути старий науковий пережиток, мовляв, що морфологія є «опис» форм і не торкається внутрішньої суті. Тонка структура мертвої матерії кристалю й живої матерії при досить глибокому студіюванні дає нам змогу заглянути у саму глибину світа й довести, що вона єдина. Отже ми мусимо запитати себе, в якій саме формі з'явилося життя на землі в найпростішому вигляді. Складний мікроскоп почали вживати приблизно коло 1650 року й відтоді дістали змогу спостерігати клітинну структуру рослинних організмів. Ще 1665 року англійський фізик Robert Hooke помітив на тонких верствах звичайного корка маленькі порожнини, яким потім дав назву— «чарунка», чи клітина — *cellula*, через їх подібність до чарунок бджоляного соту. Цей вислів увійшов у загальне вживання вже коло 1800 року в анатомії рослин. Такі чарунки знайдено при дослідях багатьох інших частин рослини. В 1831 році англійський ботаник Robert Brown спостеріг при дослідях над клітинами наскірних *Asklepiadaceae* і *Orchidaceae* — ядро рослинної клітини. 1838 року німецький ботаник S. Mathias Schleiden міг вже висловити й довести тезу, що всі рослини збудовані в усіх своїх органах із клітин. Вже в слідуючому році анатом Theodor Schwann своєю відомою працею довів, що й організм тварин збудований із клітин. Італійський анатом Malpighi та англієць Gren 1672 р. описав чарункову структуру рослин і, крім того, ще дав малюнки цієї структури. Malpighi без сумніву бачив і описав клітини людського тіла, принаймні, клітини шкіри. Досліди Muhl'я 1846 р. довели, що клітина рослин уявляє з себе пухирець, оточений оболонкою й наповнений живою субстанцією, яку назвав протоплазмою. Пізніші дослідження над клітинами тварин показали, що їх тіло складається теж з протоплазми й може мати або й не мати оболонки. Французький вчений Dujardin дуже пильно досліджував живі істоти, що складались лише з одної клітини, т. з. *Rhizopoda* — кореніжки й помітив у протоплазмі численні зернятка, які були рівномірно в ній розміщені. Rudolf Virchow визначив клітину, як «масу протоплазми, що оточує зерно», й довів, що всі хвороби тварин та рослин залежать од анатомічних змін в клітинах (1840 р.), і цим дав основу до клітинної патології, на якій ґрунтується вся сучасна медицина. Останніми часами відкрито у клітині надзвичайно цікаві та важні складові частини, т. зв. центрозома (центральне тіло). Через праці Van Beneden'a та Boveri, крім того, знайдено надзвичайно важні відношення, — які

студіювали з надзвичайним захопленням, — між тілом клітини та її ядром — Kernplasma-Relation — що дозволяє нам глибше придивитись до процесів, які відбуваються в клітині (Hertwig). Коротка історія цього великого винаходу має не менше значіння для біології, ніж винахід Ньютоном закону всесвітнього тяжіння, для небесної та земної механіки.

Винайдено елементи життя — найпростішу форму, в якій виявляється це життя, неподільне життя, атом життя, як що так можна висловитись. Після того доведено, що досить багато рослин і тварин ніколи не розвиваються більше та не робляться складнішими за цей елемент життя, а лишаяються весь свій вік єдиною клітиною. Це т. з. протисти, що в рослинному царстві мають назву — протофіти, в тваринному — протозоа. Їх кількість та значіння в економіці всього життя на землі — величезні. Решта живин складається з де-кількох або багатьох, часто з безлічи клітин та має назву гістонів (hystones), метафітів — в рослинному, а метазоа — в тваринному царстві.

Постараймось з'ясувати собі, що таке клітина, з котрої складаються всі живі істоти, і рослинні і тваринні. Поки-що вистарчить одержати лише найзагальніше розуміння про клітину. Клітина є найменший живий індивідуум, жива істота мінімальної величини. З неї, як з цегли, будуються малі, середні й великі будівлі, хоч і одна клітина може жити в вигляді одноклітинного індивідуума. Вона є елемент життя, що може існувати як одиниця, але може також витворювати великі організми з великою кількістю цих елементів-клітин.

Не існує живих часток, цеб-то, частин клітини, здібних до життя. Клітина є те, чим в хемії до останнього часу був атом — мінімум мертвої матерії, неподільне, що й зазначує саме слово — атом — цеб-то, нероздільне та неподільне. Ми побачимо, що з клітиною робиться те саме, що і з атомом, а саме: на клітину починають дивитись як на надзвичайно складний витвір, що складається з численних ще більш дрібних елементів життя, з т. зв. біонтів. З морфологічного боку ми можемо дати клітині таке визначення: «більша чи менша кількість протоплазми, що оточує ядро» (Rudolf Virchow та Max Schultze). Хемічно ми можемо визначити клітину, як де-яку кількість живої, цеб-то, організованої білковини. Клітина становить тільки, звичайно дуже малих розмірів, досить різної форми.

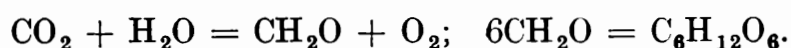
Величинь клітини хитається між кількома тисячними частинами міліметра (сперматозоїди $3\ \mu$ і більше, червоні кров'яні тільця $4\text{--}10\ \mu$; $1\ \mu = 0,001\ \text{mm.}$) та кількома сантиметрами (великі яйця струсеві, курячі, крокодилові).

Коли життя виявляється мінімально в клітині, то виринає питання: звідкіля та як саме виникла ця клітина на земній кулі?

Ми бачили в першого викладу, що спочатку земля становила вогненно-рідке тіло, де всі елементи були распечені. Ми знаємо, що метал — платина ростоплюється при температурі 1775 ступнів; отже на землі панувала така страшна температура, що при ній жадна жива істота не могла існувати ні одної хвилини. Земля була, висловлюючись мовою бактеріолога, абсолютно стерильна (відва-разна). Коли це так, то звідкіля виникло життя? Теоретично можливі тут такі здогади: 1) життя виникло на нашій планеті шляхом перетворення мертвої субстанції в живу, шляхом складних, численних хемічних змін, що привели до великого зросту й ускладнення молекули; наприклад, як ми вже вказали, молекула білко-вини відрізняється надзвичайною складністю, вона є велетень у порівнянні з усіма молекулами інших злук. З хемічного боку тут нема нічого неможливого. Всі хемічні реакції можна звести до двох основних груп: распаду, роскладу — аналізу та злуки, ускладнення — синтези. Отже ми могли би сказати, що жива істота — жива білковина утворилась шляхом синтези з елементів мертвої матерії. З хемічного боку це не тільки можливо, а це є щоденне, неминуче явище. Справді, ми бачимо, що рослина витворює з двох неорганічних субстанцій — CO_2 та H_2O — органічну субстанцію — крохмаль. Вона є органічна, але неорганізована — нежива. Та нема сумніву, що з цих органічних субстанцій рослиною витворюється організована субстанція — жива плазма всіх клітин рослини. Отже, рослина, мабуть, вміє з мертвого творити живе за допомогою органічного. А чи вміємо ми це робити? Ні, наші знання не дійшли ще до цього рівня; вони поки-що зупинились на певній височині — а саме, на умінні робити з мертвої матерії — органічну, надзвичайно близьку до білковини, але ще неживу матерію. Розглянемо це надзвичайно цікаве питання уважливіше. До першої четвертини дев'ятнадцятого століття багато осіб запевняло, що ми не тільки не можемо, але й ніколи не зможемо утворити з неорганічних субстанцій — органічну, а що всі живі істоти та витвори їх життєвої діяльності творять органічну субстанцію, і ми ніколи не зрозуміємо таємниць

життя, котрі є виявленням особливих таємничих сил, а між ними особливої сили життєвої...

Так учили та почували себе переможцями представники т. зв. «віталістичного» світогляду аж до 1828 року, коли німецький хемик Wöhler нагріванням амоніумізоціанату одержав сечевину $\text{CON}_2\text{H}_4 = \text{C}-\text{O} \begin{matrix} \text{NH}_2 \\ \text{NH}_2 \end{matrix}$, а сечевина є один з останніх витворів горіння білковини в організмі. З того часу пройшло майже сто років, і ось з'явилась велика кількість подібних синтез. Так, наприклад, ми можемо в лабораторії одержати з мертвої матерії грозновий цукор:



Шляхом подібної синтези вдалося підійти до складніших матерії, що мають вже дев'ять атомів вугля. Тут можна ще навести синтезу глікозаміну — субстанції, що має азот та яка досить близько стоїть до білковини, а саме до протеїнів. Але, не дивлячись на блискучі досліди відомого німецького хемика Еміля Фішера, точний хемічний склад білковини та структура її молекул ще остаточно не з'ясовані. Питання ставилося так: треба спочатку зуміти розкласти білковину на її складові частини та з'ясувати докладно їх хемічний склад, а потім вже зробити спробу в зворотнім напрямі — одержати білковину синтетично. Досі Емілеві Фішерові вдалося тільки одержати вказаним синтетичним шляхом — поліпептиди, субстанції, вже досить подібні до білковини, але ж не білковину, та в кожному разі неживу білковину. Не дивлячись на все, я не бачу причини, чому могли б радіти віталісти й після сто років такої славної праці і точного знання не визнати, що ми ще не дійшли, але ж доходимо до з'ясування таємниці білковини з хемічного боку. Ось чому з наведених для пояснення повстання життя на землі здогадів гіпотеза Pflüger'a є, на мій погляд, найправдоподібніша. Спочатку Pflüger зупинився на хемічній з'єднанні — ціані — CN. Ціан витворюється при надзвичайно високій температурі. Можна припустити, що ціан виник на землі тоді, коли вона була в вогненно-рідкому стані. Ціанові злуки через нахил до розкладу та перетвору мусіли б вступити в реакцію з найрізноманітнішими вугляними злуками, які також витворюються при температурі таяння вугля. Таким чином, за безмежно довший час, доки вистигала земля, ціан мав можливість виявити свій хемічний нахил до росту та перетворення, а потім

при з'єднанні з водою та розчиненими в ній солями міг перетворитись в ту складну матерію білковини, що легко розкладається та яка є живою матерією. Ціан, дійсно, входить в склад живої матерії, і витвори розкладу цієї матерії мають у собі ціан. Найголовніший витвір розкладу живої матерії — сечевину можна виготовити штучно — синтетично з ціанової злуки — амоніумізоціанату. Отже зі всіх хемічних теорій про повстання живої матерії — здогад Pflüger'a здається мені найбільш обґрунтованим.

Але-ж коли жива білковинна субстанція могла витворитись з мертвих елементів, то чи не діється воно так само й тепер? Ми бачили, що таке утворення діється в живій рослині, де для цього утворення потрібна теж праця живого ростинного організму. Але нам треба пояснити первісне походження живої субстанції на землі, коли на ній не було жадного ні ростинного ні тваринного організму. Вам може здаватись дивним, що багато тисячеліть і вчені і темні люде були певні, що нижчі організми походять із мертвої субстанції. До винаходу мікроскопа спостерігали на кожному шматку гнилого м'яса, як у ньому з'являються робаки, а саме, робачки де-яких комах, наприклад, мух. Святий Isidor († 636) писав у своїй енциклопедії, що бджоли походять із трупів овець; з мертвих коней походить шершень, з трупів мулів — трутень, з подохлих ослів — осі. Такий погляд не був дивний, бо ще в XVII ст. вчені писали в своїх книжках рецепти, як робити — мишей, жаб, гадюк. Таке примітивне розуміння вчені відкинули, але тільки що-до великих, помітних оком тварин. Зовсім инакше було що-до тих мікроскопічних істот, котрих можна було бачити в великій кількості мікроскопом в кожній краплі настоянки органічної субстанції, в кожній краплі субстанції, яка розкладається чи шумує, або просто в кожній краплі води. Ці мікроскопічні істоти, на погляд більшости вчених, зародилися самі з себе з мертвої субстанції під впливом повітря. Коли Lavoisier знайшов у повітрі кисень, то саме кисню почали приписувати всі процеси гниття, шумування, розкладу, а також процес ускладнення в ранах (гангрена, бешпах, гниття). Таку теорію гаряче підтримував відомий фізик Gay-Lussac. Лишень зовсім не так давно, в сімдесятих роках XIX ст., вдалося довести, що: 1) повітря не може саме з себе викликати процеси гниття, розкладу, шумування чи якихсь ускладнень у ранах; 2) всі ці процеси викликаються організмами простішого складу, які в численній кількості літають в повітрі; 3) всі нижчі організми походять виключно з таких самих

нижчих організмів і ніколи не походять з мертвої субстанції. Велику услугу доведення цих трьох тез, котрі нам тепер здаються такими простими, самозрозумілими, зробив для людства великий геній Louis Pasteur, який остаточно розв'язав 1862 р. тяжке питання «вільного зародження організмів».

Спочатку англійський фізик Tyndall звернув увагу на те, що кожний з нас бачив, та, мабуть, не звертав на це особливої уваги, а саме: коли в темну кімнату падає крізь маленьку щілину промінь світла, то ми можемо бачити безліч яскраво сяючих порошинок, що плавають в повітрі. Tyndall зібрав ці порошинки, спалив їх і довів, що при спаленні вони дають багато вугля — з цього видно, що зазначені порошинки органічного походження. Pasteur пропускав запорошене повітря крізь бавовняний порошок, потім розчиняв його в етері й робив дослід під мікроскопом. При досліді виявилось, що до розчину перейшла велика кількість різних бактерій. Отже на тих порошинках, що плавають в повітрі, є безліч колоній бактерій. З цього Pasteur зробив висновок, що не саме повітря викликає розклад, а ті бактерії, що літають разом з порошинками в повітрі.

Треба було довести це експериментально й разом з тим розв'язати питання про можливість довільного зородження нижчих організмів. Самий експеримент треба було перевести так: взяти розчин якої-небудь органічної матерії, що може розкладатись та шумувати; спочатку знищити нагріванням мікроорганізми, які є вже в цій розчині, потім допустити до нього повітря, яке не має бактерій, цеб-то, абсолютно чисте від порошу. Цього можна досягти, пропускаючи до даного розчину повітря, яке пройшло крізь досить сильно нагріті платинові рури. Через нагрівання спалюється весь порошок повітря й разом з ним і всі мікроорганізми, що знаходяться на порошинках. Як що ми будемо пропускати яку-небудь кількість перепаленого повітря до органічної матерії, то в ній ніколи не виникне жадного процесу: ні гниття ні шумування, і ніколи не повстануть жадні мікроорганізми. Pasteur'у зробили тоді ось такі зауваження: коли результат і є вірний, то це залежить від сильного перегрівання повітря, що змінює його властивості, і лише через те ми не маємо процесів гниття й шумування, або, інакше висловлюючись, Pasteur'а примусили змінити експеримент і замість нагрівання повітря, яке пропускалося до органічного розчину, почали просто фільтрувати повітря крізь тонку верству бавовни, в якій залипались всі порошинки, а разом з ними й мікроорганізми. Або

ще простіше. Як що розчин, який ми досліджуємо, переварити в колбі, що має довгу, перегнуту скільки разів в вигляді коліна тонку шийку, то в колбі ніколи не виникне жадного процесу, не з'явиться жадний мікроорганізм. Як що ж ми шийку колби зробимо знову широкою й простою, то, після кипіння органічного розчину та послідууючого охолодження, швидко виникає процес гниття й шумування, що свідчить про повстання великої кількості мікроорганізмів. Все це цілком зрозуміле через те, що повітря, входячи до колби крізь колінчасту рурку, залишає свій порошок по дорозі, особливо в самих колінах. Досить лише перемістити по рурці до її коліна наш розчин органічної матерії, що стояв скільки років чистим, а потім знову перелляти до колби, як в нім вже через скільки годин почнеться сильне шумування, й повстане безліч мікроорганізмів. Переливаючи розчин по рурці, ми заразили його через дотик до порошку, який знаходився в колінах рурки багато років без змін.

Отже надзвичайно простими та безсумнівно переконуючими експериментами Pasteur'a доведено, що тепер на землі не виникає довільне зародження. Все живе повстає лише з живого та все живе повстає лише з клітини (*omne vivum e vivo et omne vivum e cellula*). Це є ґрунтовний закон сучасної біології. Як бачимо, наші здогади про повстання життя на землі не можуть бути доведені ні хемічною синтезою, яку ми не можемо довести до бажаного кінця, ні безпосереднім спостереженням над зародженням живих істот у природних умовах.

Чи це значить, що нашу гіпотезу треба залишити? Мені здається, буде справедливіше признатись, що наша праця ще не доведена до кінця. Ми ще багато чого не знаємо... Ми ще не можемо зробити того, що потрібно для синтези життя. Ми ще не можемо цілком зрозуміти структури молекули білковини, а тим більше її збудувати. Але-ж ще сто років тому назад ми були безсилі перед синтезою органічної матерії.

Однак, через те, що не могли довести експериментально повстання життя на землі, виникла теорія, що життя повстало на інших планетах і звідтіля перенесено на землю. Цю гіпотезу «світової інфекції» пропонував, між иншим, відомий фізик Helmholtz, і її не можна відкидати, як неможливу. Для цього треба лише припустити, що життя можливе на інших планетах нашої соняшної системи чи на інших системах; що там раніш виникло життя не-

залежно, і що перенесення живих істот через міжпланетні простори є можливе. З-поміж безлічи сонць, чи постійних зір, яких сучасні астрономи нараховують (та фотографують на бромосрібножелятинових платівках) тисячі мільйонів (коло 4000 мільйонів), ми певно знаємо лише одно, оточене своїми планетами чи трабантами, — наше сонце. Що також оточені і інші сонця трабантами, ми можемо зробити висновок по аналогії, але довести це не можемо через величезну віддаль (найближче до нас сонце — окрім нашого — знаходиться на віддалі 30 біліонів кілометрів). Отже лишається шукати початок життя на якій-небудь з планет нашої системи. Хоч чисту логіку й обурює припущення, що життя зосереджено лише на нашій маленькій планеті, а решта планет незаселена, однак ми не маємо жадних доказів про життя на інших планетах.

Але-ж я хотів би саме тут підкреслити силу та значіння чистої думки, що не ґрунтується на експерименті всупереч багатьом авторам, які вважають за дійсне знання лише те, що ґрунтується на експерименті. Вони забувають досить багато — всю математику, яка є цілком не експериментальна, але обґрунтована на чистій логіці наука. Отже, логічно мені здається абсурдним припущення про зосередження життя лише на землі, лише на одній планеті. Прихильники визнання життя на інших планетах особливо звертають свою увагу на планету Марс. Марс — це четверта за порядком віддалі від сонця, маленька планета, з діаметром лише 6900 кілометрів, обертається навколо сонця в 687 днів, цеб-то, без 43 з половиною днів два земних роки. Для звичайного ока Марс представляється яскравою зіркою надзвичайно червоного кольору. Марс без жадного сумніву має атмосферу, хоч рідшу, ніж на землі, й сухішу. Червоний колір Марса одні пробували пояснити червоним кольором рослин, що покривають планету; другі тим, що уявляють собі поверхню Марса як пустиню, що вкрита червоним піском з окисом заліза (Arrhenius). Ті відомі ширшим колам громадянства канали на Марсі — одні відкидають зовсім і вважають за облуду зору. Дослідувачі Марсу, користуючись найсильнішими телескопами, цих каналів не бачили й не зфотографували. Другі пояснюють їх, як щілини, що витворились при вулканічних трусах; щілини, що засипаються піском і знову робляться; нарешті, треті нахиляються до того, щоб бачити в них працю розумних істот. Ви бачите з цього, що в самому студіюванні планети, з цього боку, ми не маємо жадних докладних вказівок.

Але припустім, що життя повстало на інших планетах раніш, ніж на нашій. Чи можливо, щоби живі істоти були перенесені на землю? Перший можливий для них спосіб перенесення — це метеори, що падають иноді на землю. Згідно з старими поглядами метеори суть відломки зруйнованих небесних тіл; згідно з новими — вони виникають, коли збирається до купи космічний порошок, що відділюється від постійних зорь тисненням промінів світла. В першому й в другому випадку метеори мусять підпадати під вплив надзвичайно високих температур. Потім вони мусять перейти через холодний світовий простір (-200°C) та знову, переносячись крізь земну атмосферу, метеор мусить нагрітись, аж розпектись, від тертя атмосфери. Чи можливо, щоб при таких надзвичайно високих и низьких температурах zostало щось живе на метеорі? Така можливість не є виключена через те, що: 1) каміння поганий провідник тепла, і вчені знаходять на метеорах неспалені шматочки кам'яного вугілля; 2) холод не легко вбиває життя, особливо життя нижчих організмів, що можуть переносити охолодження до -120°C і більше. Для нижчих організмів не лише такий засіб перелету одиноко можливий. Надзвичайно маленькі й легкі зародки життя, як спори грибів чи водоростів, окапшучених протозоа, бактерій можуть дуже високо здійматись вгору в атмосфері за допомогою атмосферних течій. Такі мікроорганізми знаходили й захоплювали спеціальними бактеріологічними приладами при літанні аеропланами на велику височину. Через свою легкість вони можуть, очевидно, підійматись до останніх меж атмосфери. Там вони легко підпадають під доведене експериментально й докладно тиснення світляних соняшних промінів і відносяться цим тисненням у світовий простір. Таким чином, вони можуть донестись до атмосфери другої планети й, попавши в сприятливі умови життя, розплоджуватись із тою надзвичайною швидкістю, на яку здатні нижчі організми. Щось подібне, мабуть, трапилось і на земній кулі, коли вона охолола.

Існує ще третя можливість. Ми можемо припустити, що земля, обертаючись навколо сонця і посуваючись разом із сонцем до сузір'я Геркулеса, проходить не лише через маси кометного та космічного порошку, а ще й через маси нижчих організмів, яких вона й пририває до своєї атмосфери.

Отже, не маючи можливості утворити штучно живу матерію та не знаходячи ніде у природі її виникання без допомоги живих істот (на землі) — де-які вчені, як Schwalbe та Arrhenius, думають, що оди-

нока можливість зрозуміти первісне повстання життя на землі — це припустити правильність теорії «світової інфекції». Життя, згідно з цією теорією, існувало завжди так само, як завжди існувала мертва матерія, й завдяки цьому, життя, літаючи у світовому просторі, перелітає з планети на планету, засіваючи, оплоджуючи світові тіла, як що тільки вони здатні прийняти це космічне життя.

Спитаємо себе, чи таке розв'язання питання є правдиве? Чи не є це лише відсунення розв'язання на одну ступінь далі, бо зрозуміло кожному, що при такому розв'язанні сама суть залишається не з'ясованою? Коли життя було перенесене з іншої планети, то як і чому воно повстало на цій іншій планеті? Коли воно було перенесене ще з іншої, то знов ми питаємо, як і чому життя повстало там, і так без кінця. Але-ж де-небудь і коли-небудь мусіла світова матерія перетворитись у живу субстанцію, бо ж ми знаємо, що все складне повстало з простішого. Астрономічна теорія повстання життя не може й не повинна припинити шукань розв'язання цієї світової проблеми. Ми можемо припустити, що досі наші невдачі залежали, мабуть, трохи від того, що ми не експериментували ні з первісними ні з найменшими елементами життя — а з надзвичайно складними та високо зорганізованими живими істотами, якими є живі клітини. Тільки зовсім недавно ми пізнали через винахід ультрамікроскопу надзвичайно малі організми, яких не можна було побачити звичайним мікроскопом; ще більше — саме в останні часи було доведено існування зовсім непомітних мікробів, які однаке існують та викликають страшні хвороби. Перед війною ми пізнали до 70 хороб серед рослин, нижчих та вищих тварин, а також і людей, хороб, що викликаються мікроорганізмами, яких не видно через найсильніші мікроскопи при найрізноманітніших методах бактеріологічної диференціації.

Щоб хоч натякнути на величезне значіння цих невидимих оку наших ворогів, наведу де-кілька прикладів: чорна віспа, плямистий тиф, жовта пропасниця, трахома й інші хвороби у людей; віспа у овець, чума рогатої худоби, зараза у свиней і інші. Французи називали ці заразливі зародки «недоглядними мікробами» (*les microbes invisibles*). Український професор Петро Андрієвський опублікував дуже цікаву працю про ці мікроби («Нова Україна». Січень 1923 р.). Подивімося, що він пише: «Та звичайна клітинка, що для біологів являється первісним об'єктом студій, не може бути своїми розмірами безмежно мала. Вже досить давно ми добре знаємо, що всі відомі нам клітинки, рослинні чи тваринні, складаються хемічно з дуже ском-

плікованих злук молекул, середньої атомової ваги від 5 до 15 тисяч (приймаючи Н, цеб-то, водень за одиницю). Такі молекули мають уже остільки значні розміри, що в колоїдному розчині їх можна виміряти досить докладно в т. зв. мікромікронах (один мікромікрон рівняється $1 : 1000\mu$ мікрона, цеб-то, $1\mu\mu = 1 : 1000000$ міліметра; міжнародне означення грецькими буквами $\mu\mu$). На основі докладних дослідів Zsigmondy, Nädéli, Béchhold'a та інших білковинна молекула, напр., казеїна з молока є розміром в $20\text{—}30\mu\mu$; молекула гемоглобіна нашої крові $2,3\text{—}2,5\mu\mu$, порівнюючи проста молекула серум-альбуміна — $1,5\mu\mu$, і т. д. Найменші доглядні мікроби мають розмір $200\text{—}300$ мікромікронів, і цілком зрозуміло, що що-найпримітивніша клітинка не може бути значно менша від цього розміру: не може вона мати, напр., один або два мікромікрони в діаметрі, т. б., бути менша від одної білковинної молекули. Кожна клітинка то ж є ціла дуже скомплікована система таких молекул, складається вона з багатьох із них і не може бути, значить, як ціле, менша розмірами від одної своєї частини».

Надзвичайно докладними дослідями перепускання отрути — віруса вищезначених хороб крізь спеціальні фільтри т. зв. ультрафільтри Béchhold'a, проф. Андрієвському вдалося довести, що жизий, без сумніву, вірус цих хороб проходить крізь спеціальні фільтри, а молекули гемоглобіну чи серум-альбуміну не проходять.

Отже цілком виявилось, що такий вірус, що викликає страшну для птиць заразливую хоробу, складається з частинок певно менших розмірами, ніж одна окрема молекула гемоглобіна, а саме, має розмір коло двох $\mu\mu$ у промірі. До дослідів проф. Андрієвського треба додати досліди паризького лікаря d'Herelle над де-якими субстанціями, що розчиняють небезпечні мікроби кривавиці та тифу. Така субстанція здібна надзвичайно швидко розплоджуватись та сама складається з частинок коло півтора рази менших, ніж одна молекула казеїну й 6 разів більших, ніж молекула гемоглобіна. Отже, заразливий початок чуми птиць, що спостерігав проф. Андрієвський, не може бути ніколи клітинкою через те, що його розміри менші, ніж одна білковинна молекула, а тимчасом він є щось живе, якась жива субстанція, здібна швидко розплоджуватись і хемічно збудована простійше, ніж одна молекула живої білковини. Тут відкривається для нас можливість ближче підійти до розв'язання питання про повстання життя. Такі прості живі субстанції є неначе переходом, як би мостом, що перекинутий між живим і мертвим. З другого боку,

існують ще в величезній кількості досліди з обсягу імітації проявів життя клітинки як-найпростішими фізично-хімічними констеляціями. При тих дослідах зуміли вчені казати краплі течивного масла або хлороформу лазити по дні склянки так самісінько, як це роблять амеби, та ще й підніматись угору, проти сили ваги, та тягати за собою важку порівнюючи вантагу, як це роблять де-які первотвори; зуміли витворити умови, при яких ці краплі будують собі такі самісінькі дуже гарні хатки, як це роблять де-які *Rhizopoda*; також мандрувати серед різних ниточок, як робила наша амеба; також вибрати собі відповідну «їжу», вбрати відповідну нитку в себе, скручувати її спірально, висмоктувати з неї потрібне, викидати виміти її, нарешті, ділитись на дві дочки з такими самими достоменісінько перипетіями й внутрішніми фігурами, як це робиться в живих клітинках; регенерувати відрізані свої частини, як це роблять первотвори.

Отже, коли розмістити в логічному порядку всі ці досліди, то стає все більше ясно, що *Natura Magna* справді немов «не знає перескоків». Між тим, що ми називали живим, і тим, що називали мертвим, існує цілий ряд перехідних форм, що позбавляють змоги науково відділити різкою межею ці «два світи». Це наближення двох світів, що ще до недавнього часу здавалися поділені прірвою, стане для вас яснішим, коли ви звернете увагу на т. зв. кристалі Лемана, що під мікроскопом добре виявляють ознаки життя, а з другого боку, ближче познайомитесь з чудовою будовою твердих кристалів із таким розміщенням атомів, з котрих кожний становить цілу соняшну систему в ядром і трабантами.

Як зорі в безмежних світових просторах рухаються в етеровому океані за точними законами механіки, так само плавають частинки кристалю, також в етері, з чудовою докладністю взаємного розміщення, що можна вистудіювати до одної десятиміліонової частини міліметра.

Чим більше ви будете заглиблюватись у студіювання космосу, тим далі від вас буде відсовуватись страшна смерть, і тим виразніше почувєте ви биття неугасимого життя, що змінює без перерви свої форми; життя, що робить своє велике замкнуте коло: «все в одно».

ГЛАВА IV.

Загальна студія клітини.

Перед цим ми вазначили, що все живе складається з одної клітини або з громади клітин. Отже, таким чином, все життя на світі (наскільки воно нам відоме) є сума життя клітинок. Звідсі ясно, що студіювання клітини є, в суті, студіювання всього життя, а також стає ясно велике значіння клітини. Як і все живе, так і ми, люде, складаємось із певної кількості звязаних між собою клітинок, цеб-то, становимо багатоклітинний організм-гістон. Скажу ще більше! Безмежно великий час кожний із нас існував як одноклітинний організм — як протист — у вигляді одної клітини в яєчнику матері, бабки, прабабки й далі. Ми бачили раніш, що світова суть виявляється нам у різних ступнях ускладнення, в зовсім, на перший погляд, різних виглядах, і що це ускладнення, яке йде ступнево, веде нас від етеру до енергії, від енергії до мертвої матерії, від неї до живої, цеб-то, організованої матерії. Таким чином, клітина є найвище ускладнення світової сути, або через те, що клітина є шматочок живої білковини, можна висловитись, що світова суть досягає найвищого ускладнення в живій білковині. Така думка не обґрунтована на абстрактних метафізичних посилках і не є висновок з безмежно складних явищ життя. Вона ґрунтується на докладному хемічному студіюванні білковини. Ми не знаємо у всій хемії нічого більш складного, ніж молекула білковини, бо вона — колос, що не має собі рівного. Коли якості, властивості й феномени цього колосу — надзвичайно різноманітні й почасти невідомі, то в цьому нема нічого дивного. Тілу хемічно-простой структури властиві не-

багато атрибутів, та до того атрибуту «зрозумілі», цеб-то, такі, що можуть бути зведені до основних законів механіки. В міру ускладнення хемічного складу молекули, атрибути тіла числом збільшуються, але стають все менше і менше зрозумілі, цеб-то, такі, що їх тяжко застосувати до законів механіки. Як що в тілах простого складу атрибути можна наперед передбачити на основі атрибутів елементів, що складають це просте тіло, то в ускладненні будови тіла це передбачення стає все труднішим і труднішим і, нарешті, зовсім неможливим. Ця теорія про атрибути світової суті, в міру ускладнення її будови, може лягти в основу філософської системи сучасного наукового світогляду *й дозволяє дивитись на життя, як на атрибут максимального ускладнення світової суті*. Подібно тому, як електрон є морфологічний вияв енергії, атом — морфологічний вияв матерії, клітина є морфологічний вияв максимального ускладнення світової суті. Це не дає права думати, що атрибути складного тіла творять лише суму атрибутів простих тіл, що вони його витворюють. Вже таке нескладне тіло, як вода — H_2O , що складається з двох атомів водня й одного атома кисня, має атрибути, що їх зовсім нема ні у водня ні у кисня зокрема; наприклад, такий атрибут, як рідкий стан при температурі від 0° до 100° C, або здібність розчиняти, наприклад, ріжні солі. Не тільки кисень та водень не мають зокрема цих атрибутів, але й проста механічна злука цих двох газів, і тільки хемічна злука їх одержує свої атрибути чи властивості. Одначе не завжди сучасна хемія передбачає властивості простіших що-до складу тіл, а тим більше живої білковини. Через це ми не бачимо жадних наукових підстав припускати існування якоїсь особливої «життєвої сили», що виявляється в тих хемічно складніших витворах, які мають назву клітин, цеб-то, шматочків живої білковини.

Отже спочатку розглянемо клітину з чисто морфологічного боку в усіх подробицях. Ми вазначували, що клітинки, звичайно, мікроскопічно малі, при чому найменші виносять лише $1\ \mu$; дуже малі також насінні клітини ссавців ($3\text{—}4\ \mu$). Червоні кров'яні тільця де-яких тварин мають дуже малі розміри, наприклад, у лами $4\ \mu$, у слона $9\ \mu$, у людини $7,5\ \mu$, у моржа $10\ \mu$. (В зв'язку з розмірами червоних кров'яних тілець, я хочу подати вам відомості про кількість їх в якому-небудь організмі. Вся кількість крові у дорослої людини виносить 10 фунтів, а в одному кубічному міліметрі крові є приблизно 5 мільйонів червоних тілець, так що в судинах

дорослого ціркулює коло 25 біліонів цих червоних тілець — еритроцитів). Великість білих кров'яних тілець — лейкоцитів людини має межі 4—13 μ . Навпаки, великість де-яких нервових клітин, наприклад, клітин передніх рогів стрижа є вже значна — коло 150 μ , так що їх можна бачити неозброєним оком. Так само яйцеві клітини людини, видимі простим оком, мають великість 200 μ . Яйцеві клітини комах, а особливо птахів і рептилій надзвичайно великі, як ми це зазначували, наприклад, у яєць курей, струсів, крокодилів. Ця значна великість яйцевих клітин залежить від скупчування в них великого запасу поживного матеріалу в вигляді білка й жовтка, яким відживлюється зародок в яйці. Великі клітини ми зустрічаємо також серед морських водоростів, де одноклітинні групи *Siphonea* досягають метра довжини (види *Caulerpa*).

Так само м'язові клітини мають дуже велику довжину. Великість клітини не залежить від великості тіла тварини, так що клітини слона зовсім не більші від клітин якоїсь трав'яної тлі.

Форма ж клітини підлягає надзвичайно великим коливанням. Тут можна розрізняти: 1) клітини вільні, як всі одноклітинні організми й клітини багатоклітинного організму, що плавають у течиві (червоні та білі кров'яні тільца); 2) клітини невольні, цеб-то, ті, що підлягають тисненню сусідніх клітин з усіх або з де-яких боків. Можна сказати, що вільні клітини мають нахил набирати по можливості округлої чи заокругленої форми. Цим обмеженням я хочу сказати, що існують одноклітинні організми, які виробляють собі міцну оболонку, дуже різноманітних форм. Однак, кругла, сферична чи еліпсоїдна форма є основною формою вільної клітини, і це зрозуміло, бо клітина є не що інше, як крапля тягуче-рідкої матерії — протоплазми, та підлягає фізичним законам форм течива. Вже самий рух у течиві, якому округла форма ставить великий опір, — примушує клітину витягуватись у довжину. Через те червоні кров'яні тільца лами й верблюда мають форму довгокруглих кружал; у птахів, рептилій і риб — еліпсоїдну, двоопуклу форму. Далі при рухах ми спостерігаємо випускання клітиною виростків — фальшивих ніжок — псевдоподій, що ми бачили у білих кров'яних тілець чи у протистів-амеб. Коли клітина пересовується по твердому ґрунті, то тіло її значно сплющується. Численні бактерії, крім тих, що мають округлу форму, набирають еліпсоїдної форми або значно

втягнені, в вигляді дуже тонких довгих паличків, — т. зв. бацили, або скручуються в формі однокорувача — т. зв. спірохети.

Також яйцеві клітини тварин, що розвиваються по за організмом матері чи в ньому, мають круглу форму, іноді математично правильну. Яйцеві й чоловічі полові клітини рослин, а також спори мають круглу форму. Коли клітини групуються в більші чи менші агрегати в тілах багатоклітинних рослин чи тварин для витворення тканин, то форма стає надзвичайно різноманітною. Ми бачимо тут клітини: гранчасті, призматичні, вальцеві, кубічні, веретенуваті, зіркуваті, лопаткуваті, ниткуваті, пласкаті, лускуваті. Тут можна відрізняти клітини точної, майже геометричної форми, й клітини неправильної форми, що визначаються, як зіркуваті, виросткові, крилаті — визначення, що не мають нічого спільного з геометрією.

Дуже цікава форма клітин центральної нервової системи вищих тварин, де виростки клітин досягають великого розвитку, так що вся клітина подібна до дуже розгалуженого дерева. Це величезне ускладнення форми вповні відповідає величезній спеціалізації і складності роботи клітини.

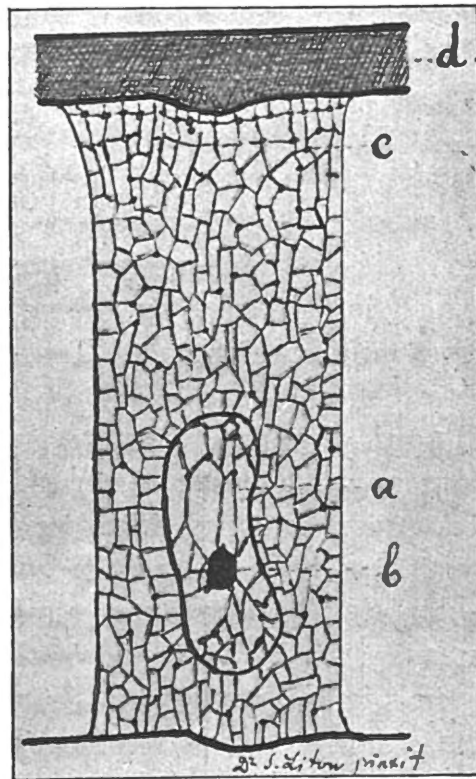
Морфологічний склад клітини. Ми вже зазначили, що головними складовими частинами клітини є ядро, протоплазма та центрозома. Окрім того, де-які клітини, переважно рослинні, мають оболонку. Розглянемо ці складові частини по порядку; найкраще почати розгляд з протоплазми, що витворює значно більшу частину клітини.

Протоплазма клітини чи cytoplasm, про яку ви можете мати поняття, розглядаючи білок курячого яйця, є тягуча, рідка, слизняста, найчастіше без коліру, маса, що не змішується з водою, не розчиняється в воді та сильніше переломлює світло, ніж вода. Вона здібна бучавіти в тих течивах, що можуть віддавати їй воду, та зморщуватись, стягуватись в течивах, що відбирають від неї воду. Питома вага визначається в де-яких протистів (рагамесія), як рівна 1,25. Хемічний склад живої протоплазми докладно невідомий; в кожному разі, протоплазма є білковинне тіло надзвичайно складної структури. Мертва протоплазма є хемічна мішанина, що складається, головним чином, із різних, так званих, протеїнових матерії. Наприклад, насінньові клітини риб мають 48,7% нуклеїнової кислоти, 27% протаміну, 10% білковинної субстанції, 10% лецитину, 2% холестерину та 4,5% товщу. Особливо цікаво підкреслити той факт, що по-між цитоплазмою й складом ядра, т. зв. каріоплазмою, існують різкі хемічні різниці. Цитоплазма має переважно білковинні

субстанції, особливо пластин і в меншій кількості глобулін та альбумін, тоді як каріоплазма має, головним чином, нуклеїн. Ці хемічні речовини (по-між цитоплазмою та ядром) важно підкреслити для зрозуміння взаємовідносин по-між цитоплазмою та ядром, чи теорії Hertwig'a «Kernplasmarelation». Білковинні субстанції, що витворюють протоплазму, знаходяться в т. зв. колоїдному стані — вони всі є колоїди, відрізняючись цим від тіл, здібних кристалізуватись, та які називаються кришталідами, наприклад, сіль. Колоїдний стан білковини клітинної протоплазми має велике значіння в житті клітини. За останні роки повстала й виросла ціла особлива наука, так звана колоїдна хемія. Покладаються великі надії, що ця наука допоможе з'ясувати суть життєвих явищ. Ми повернемося до цього питання при студіюванні життя клітини.

Що до цитоплазми, а саме, її структури, то думки вчених значно розходяться. Більшість вчених думають, що цитоплазма має завжди визначену структуру, але-ж яку саме, то тут існує три теорії.

Згідно з першою теорією вся протоплазма пронизана великою кількістю ниточок або надзвичайно тонких ніжних тяжів, що перехрещуються по-між собою в різних напрямках та витворюють немов шкелет-сіть; це — *fillarmasse* — нитяна маса. Всі перемешки, всі вічка цієї ніжної сіточки заповнені гомогенною масою — *interfillarmasse* — міжнитяною масою. В цій гомогенній масі лежать, одначе, в більшій або меншій кількості дрібнісінькі зернятка — *microsoma* або *granula*.



4. Піняста структура протоплазми наскірневої (epidermis) клітини земляного робака — *lumbricus terrestris* (Bütschli). В протоплазмі а також і в ядрі видно підпорний апарат: а) ядро б) ядерце с) вернятка на місцях перехресту перетинок d) шкірка (cuticula).

Друга теорія — Bütschli — вважає, що протоплазма збудована як піна чи, як це висловлюють инакше, має пінисто-коміркову структуру. Подібну піну можна одержати, коли змішувати масло з поташем або грозновий цукор з сіллю. Тут ми маємо також шкелет, але його становлять тут дуже тонкі платівки, що перехрещуються по-між собою. По-між платівками витворюються тоді комірки, заповнені рідкою, однорідною (гомогенною) протоплазмою. У вузлуватих точках цієї сіточки лежать зернятка — *granula* або *microsoma*.

Третя теорія — Altman'a — розглядає клітину не як простий, але надзвичайно складний витвір, що складається з численної кількості зерняток, які плавають у однорідному основному течиві. Згідно з цією теорією кожне зернятко становить організм, а клітина творить співмешкання чи громаду — симбіоз великого числа таких елементарних організмів. Такий елементарний організм зветься **біонтом**.

Де-які автори думають, що витвори, про які ми тільки що згадували, а саме: ниточки, перетинки та зернятка є наслідок діяльності хемікалів, котрими ми діємо на клітину. В живій цитоплазмі й при дуже сильних збільшеннях не видно жадної структури; лише тоді, як ми для одержання добрих тривких препаратів фіксуємо плазму хемікаліями та обарвлюємо її різними фарбами, виявляються різні структури. Згідно з цією четвертою теорією цитоплазма є лише мішанина різних рідких субстанцій, т. зв. емульсія; тоді, значить, всі життєві явища цитоплазми рівнозначні з фізичними явищами в течиві, точніше, в колоїдах.

Питання залишається нерозв'язане й досі, хоч воно далеко не байдуже, бо докладне розуміння структури цитоплазми дозволило би нам глибше подивитись на саму суть життєвих явищ. Цілком можливо, що одної загальної форми для структури цитоплазми не існує. Цитоплазма змінюється в міру розвитку клітини, пристосовуючись до різних функцій. Таким чином, її структура то ниткувата, то комірково-піниста, то зерниста, то гомогенна. В зовсім дорослих клітинах найбільш ймовірно припустити все-ж зазначену сіткувату структуру, що допомогло б нам з'ясувати нагале з'явлення безсумнівних особливих структур у клітини. Це ми спостерігаємо в тілі клітини, при розділенні ядра в вигляді веретеноватих фігур, про що буде мова далі.

Ядро (nucleus). В середині клітинного тіла, звичайно

в його центрі чи недалеко від центра, лежить найголовніша частина всього витвору — ядро. Часто, але не завжди, форма ядра приладжується до загальної форми клітини. У клітинах сферичної форми зерно має вигляд довгокруглого чи круглого пухирця, форму боба, нирки, підкови, як це буває в яйцевих клітинах. В інших клітинах, наприклад, у одноклітинних тварин — *infusoria* — форма ядра наближається до форми вальця. Ядро в вигляді кільця часто трапляється в паскових тільцях хребовців. В яйцевих клітинах де-яких комах ядро має виростки, в вигляді так званих фальшивих ніжок. Серед *heterotricha ciliata* — *Stentor* має клітинне ядро довге, подібне на чотки. Серед *peritricha ciliata* — *Vorticelle* має ядро схоже на підкову. В залозуватих клітинах, що виробляють павутину, в гусениці шовкопряда і в малпігійових судинах де-яких гусениць — ядро має форму гилочки дерева. Іноді зустрічається ядро в вигляді лямпових щіточок, наприклад, в яйці тритона. Ядра білих кров'яних тілець виразно лопаткуватої форми.

[Ядро-Nucleus. Ріжні спостереження показують, що ядро рослинної клітини, яке перебуває в стані розвитку, наближається до того місця, де відбувається рост клітини, однаково чи цей процес йде з великим напруженням, чи тягнеться довший час. Після поранення клітинне ядро й плазма наближаються і майже щільно підходять до оболонки клітини в тому місці, де вона була пошкоджена. Правдоподібно, що цей рух повстає під впливом подразнення].

Число ядер. Звичайно клітина має одно ядро, але спостерігаються її часті винятки. Так бувають клітини-велетні, у яких може бути 100, а то й більше ядер; до таких належать клітини кісткового мозку й молочні рурочки вищих рослин. Де-які нижчі рослини, наприклад, водорості *Cladophora*, *Vaucheria*, *Caulerpa* та інші, створені багатоядерними клітинами. Пересмужисті м'язові клітини тварин найчастіше мають скільки ядер. Часто клітини печінки мають два ядра, що ми спостерігаємо також в клітинах товщу, а також у де-котрих протозоа. Скільки ядер мають також «білковинні клітини» залоз, що виробляють отруту у амфібій. Так само клітини з'їдлового наросту — саркоми мають іноді багато ядер, т. зв. гіганто-клітинної саркоми. Такі ж клітини ми спостерігаємо в туберкульозових горбках. Коли в клітині спостерігаємо два ядра, то одно з них може бути значно більше, ніж друге — це головне ядро — *macronucleus*, друге менше першого — *micronucleus*. Великість

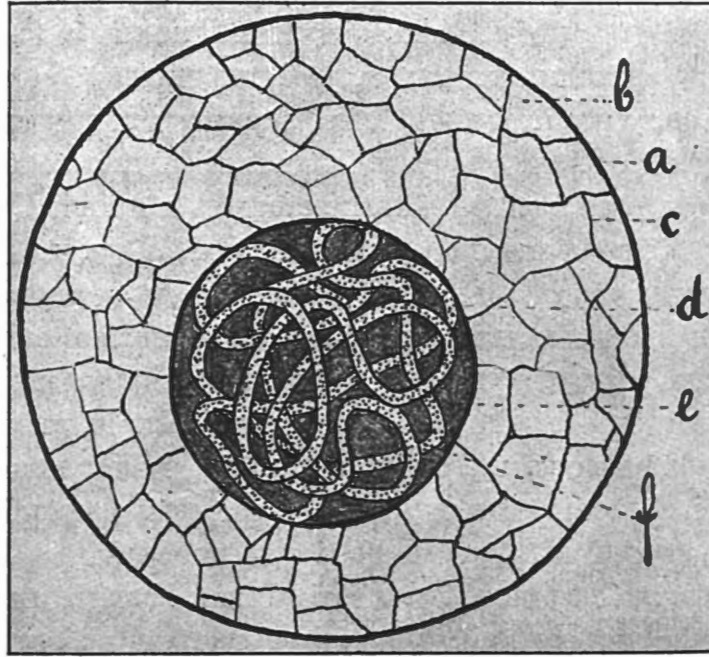
ядра супроти клітини також дуже різноманітна. Де-котрі клітини, мають таке велике ядро, що воно майже зовсім заповнює клітину, і тільки вузька смужка цитоплазми оточує його (наприклад, у пасоківців крові). Інші клітини, навпаки, мають таке мале ядро, що його лише з великою увагою можна знайти під мікроскопом.

Видимість ядра. В живих клітинах досить часто ядро оптично не відрізняється нічим від протоплазми й через те його не видно. В інших же випадках воно добре помітне, як блискуче тільце, бо воно сильніше переломлює світло, ніж цитоплазма, що його оточує. Як що додати до препарату дистильованої води, або розчину кислоти, то субстанція ядра стягується, й тоді воно ясно окреслюється в плазмі клітини. Ядро часто відокремлене від цитоплазми тонкою оболонкою, що складається з особливої субстанції т. зв. *amphyrigenin*'а. Ядро де-яких клітин іноді зовсім не має такої оболонки. Досить значною особливістю ядра є його відношення до де-яких барв, якими воно здібне різко барвитись, надзвичайно добре вбираючи в себе ці барвлячі субстанції. До цього відносимо ми передусім анілінові барви, потім, гематоксилін, кармін, сафранін та інші, через те що цими барвами цитоплазма або зовсім не обарвлюється або дуже мало. Обарвлене ядро різко визначається на безбарвному тлі тіла клітини. Цим відношенням ядра до барв, очевидно, доводять різницю між його хемічним складом і складом цитоплазми. Як що ми будемо добре студіювати обарвлене одною зі згаданих фарб ядро, то ми швидко помітимо, що ядро обарвилось не рівномірно, а що лише де-які його частини обарвилися, а інші ні. Отже, инакше висловлюючись, ядро негомогенне, а має певну структуру.

Будова ядра. Щоби ясно уявити собі будову ядра клітини, уявім собі нитку, котра змотана в клубок і майже цілком наповнює собою простір, оточений оболонкою ядра. Те, що не заповнює ця нитка, заповнює сік ядра (паралінін). Нитка складається з пружистої субстанції, що здібна довшати й коротчати; це є *ахроматин* або *лінін*. Майже вся грубінь нитки просякнена дрібнесенькими зернятками *хроматину*, котрі звуться *хроміолами* і плавають в субстанції нитки, цеб-то, в *лініні*. *Хроміоли* здібні ділитися. По їх відношенні до анілінових барвників їх поділяють на дві групи *ацидофільні*, що барвляться кислими барвами, і *базофільні*, котрі барвляться основними барвами. Таким чином відрізняють *оксихроматин* і *базохроматин*. *Хроматин* з точки погляду хемічної є *нуклеїн*.

Як що в його складі знаходиться багато фосфору, то він є базофільним, як що мало — то ацідофільним. Коли клітина є готова ділитися на дві дочерні клітини, то базохроматин майже зникає, а оксихроматину, навпаки, стає значно більше, цеб-то, іншими словами, базохроматин перетворюється в оксихроматин.

Вся матерія в цілому, яка витворює ядро, зветься *кагуоплазм*'а, цеб-то, плазма ядра.



5. Схема клітини. На схемі простори, що зайняті соком ядра, зроблені великими лише для ясности. В дійсності усе ядро заповнено ниткою лініна.

а) оболонка клітини; б) клітинний сік; с) субстанція шкелету (пластин);
d) оболонка ядра (амфіпіренін); е) сік ядра (паралінін); f) лінін.

Для наочности ми можемо пропонувати вам ось таку схему:

Протоплазма	{ цітоплазма тіло клітини	{ основна субстанція або клітинний сік субстанція шкелету пластин
	{ каріоплазма тіло ядра	{ основна субстанція, сік ядра-паралінін субстанція шкелету { хроматин (нуклеїн ахроматин (лінін).

Ми побачимо пізніше в частині, призначеній розглядові життєвих функцій клітини, що ядро грає головну роль в житті клітини; особливо це відноситься до хроматину ядра, в котрому тепер бачуть

переносника спадкових особливостей організму. От чому питання про клітини, що зовсім не мають ядра, має значіння.

З другого боку, через те, що без'ядерні клітини збудовані, звичайно, простіше ніж ядерні, то в них думали знайти первісні організми, з яких почалось життя й що з ними тісно зв'язане питання про довільне зародження організмів. Такі найпростіші без'ядерні одноклітинні організми спочатку описав гарячий прихильник Дарвіна Наескел і назвав — монерами. Одначе, початкова велика кількість монер швидко зменшилась з розвитком мікроскопічної техніки і в сучасній мент майже досягає нуля. Тільки у де-яких монер, які поки-що ще залишилися, ядра, мабуть, чи не добачають чи його заміняють т. зв. хромії, цеб-то, малі зернятка хроматину, що розсіяні у цитоплазмі. Тільки червоні кров'яні тільця ссавців, видимо, зовсім не мають ядра тоді, як вони плавають в крові. Одначе й вони розвиваються з клітин, які мають ядро. У всіх нижчих тварин вони завжди мають ядро. Hertwig вважає червоні кров'яні тільця ссавців вже не за клітини, а лише за витвори життя бувших клітин. Життєздатність еритроцитів дуже мала; вони що 3—4 тижні гинуть і замінюються новими. Але-ж визнати червоні кров'яні тільця за зовсім без'ядерні майже неможливо; їх хемічні реакції зовсім відповідають хемічним реакціям бактерій, у котрих ядро підпало дисоціації, як ми це зараз побачимо.

Hertwig вважає червоні кров'яні тільця ссавців не за клітини, за витвори змінених клітин. Не відомо ще, чи це так, бо червоні кров'яні тільця всіх інших тварин є справжні клітини, що мають ядра. Що торкається до тільки-що згаданих бактерій, цеб-то, водоростів, позбавлених хлорофілу (ахлорофілових), то їх ядро є дисоційоване, цеб-то, розпорошене по цілому їх тілу; через це вони: 1) зовсім добре, як і ядерна (хроматинова) субстанція, обарвлюються аніліновими барвами; 2) як вічна ядерна субстанція, противляться травленню її пепсином (особливий сік, що виділяється шлунком) і 3) з них можна дістати нуклеїн. За дослідями проф. Růžick'i (Прага) численні бактерії мають лише нуклеїн; вони цілком противляться травленню пепсином. З цього виходить, що бактерії мають в своєму складі і хроматинові ядра в великій кількості, але в розпорошеному вигляді, і пластин, характеристичний для цитоплазми. У всякому разі в бактеріях швидче можна визнати відсутність протоплазми тіла, ніж протоплазми ядра; — це, певніше, ядро без тіла клітини, ніж навпаки. Між иншим, один дослідувач Artur Mayer думав і мор-

фологічно довів наявність ядра в бактеріях у вигляді малого зернятка, що сильно переломлює світло, та яке було знайдено ним 1897 р. в спорах бактерій. Він ґрунтує свої припущення на реакціях обарвлення, постійній великості, кількості та положенні знайдених ним ядер.

Таким чином, на запитання, чи існують взагалі без'ядерні клітини й організми, слід відповісти майже негативно. Стремління знайти без'ядерні організми виникає в теоретичних припущень, а саме, що мусять існувати без'ядерні організми, цеб-то, простіші, ніж клітина, й що життя мусіло б початись з цих найпростіших ще без'ядерних істот.

Але, поки ми не знаємо нічого позитивного про початок життя на землі, ми не можемо дозволяти собі захоплюватись теоретичними припущеннями, які різникують перетворитись у необґрунтовані міркування.

Центровома чи бігунове тільце. Окрім ядра, у більшості клітин можна знайти ще маленький витвір великого значіння, та який зветься центровома чи центральне тільце; де-хто називає його також бігуновим тільцем. В клітині, що не знаходиться в стадії поділу, центровома становить подвійне, маленьке, кругле тільце, котре можна ясно бачити тільки через те, що воно сильно переломлює світло й блищить під мікроскопом. Це тільце або лежить недалеко від ядра або може бути притиснуте до нього, а іноді воно знаходиться в середині самого ядра, так що де-які вчені вважають його за витвір ядра. Ми побачимо, коли будемо студіювати поділ клітини, що центровома в цьому важному процесі відіграє величезну роль. Центровома знаходиться в цитоплазмі всіх клітин metazoa, а також у де-яких protozoa. Через те, що вони дуже малі й не дуже окреслюються при барвленні, то їх тяжко знайти, особливо у хребовців. Більш докладні відомості про структуру центровоми отримано при студіюванні безхребовців. Цитоплазма становить навколо центровоми більш менш світле промінясте саяво, і тоді центровома подібна до маленької зірочки з промінням. Слід помітити, що центровома у рослинних клітин доведена тільки у де-котрих водоростів (*fucus*), грибів і т. зв. печінкових мохів.

Оболонка клітини. Значіння й склад оболонки клітини у рослин і у тварин настільки різні, що ми примушені розглядати їх окремо. Загально можна сказати, що у тваринних клітин оболонка може не бути зовсім, або клітини бувають «голі», цеб-то, цитоплазма

просто оточена зокільним осередком (напр. амеби), або оболонка буває надзвичайно ніжна, тонка й не відіграє значної ролі.

Оболонка рослинних клітин. Структура оболонки рослинної клітини надзвичайно різноманітна і докладно відповідає її функціям.

Ми не можемо безпосереднє під мікроскопом спостерігати, як плазма рослинної клітини виділяє з себе оболонку, що її оточує. Видимо справа стоїть так, що розчинений в клітинному соці вуглеводень — грозновий цукор односиться течіями протоплазми на периферію клітини й там ступнево перетворюється в целюлозу. Тоді витворюється на всій поверхні клітини рівномірна, тоненька оболонка, яка під час росту клітини легко ростягується й не перешкаджає досягненню повного зросту. Слідом за тим починається процес грубшання клітинної оболонки. Така згрубіла оболонка, звичайно, верстована. Сильний мікроскоп дозволяє бачити три верстви, з котрих найгрубша середня; нутрішня дуже тонка й блискуча, бо сильно переломляє світло. Нерідко грубшання клітинної оболонки досягає такого великого ступня, що від самої клітини залишається дуже мало; це буває у так званих клітин склеренхіми й луба. Грубшання оболонки може відбуватися відосередньо — від центру клітини чи доосередньо до центру клітини. Відосереднє грубшання спостерігаємо у клітин, що безпосередньо стикаються з повітрям або розвиваються вільно (як спори, квітаний порошок «перга»). У клітин порошку при грубшанні оболонки на ній з'являються горбки, вузлики, остюки чи сіточки. Через ці нерівності клітинки порошку легко чіпляються одна за одну й витворюють грудочки, які переносяться комахами з квітки на квітку. Ці самі нерівності дозволяють порошокам держатись на комах. Доосереднє грубшання трапляється частіше. Так, клітини «коленхіми» (напр., в стеблі губоквітних) сильно згрубілі на ребрах, там саме, де стикаються між собою три чи більше клітин, а решта поверхні клітини лишається непогрубшеною. В других випадках погрубшуються межі, що прилягають одна до одної, а ребра лишаються тонкими. Коли погрубшання стінок клітини дуже обмежене в довжині, але інтенсивне, то в порожнині клітини ми помічаємо круглі або вальцеві великі горбки, що сполучаються тонкою ніжкою зі стінкою клітини. Це так звані *cislolit*'и. Вони бувають в коріневих волосках чи в різьодах де-яких печінкових мохів (*Morchantia*). *Cistolit*'и просякають вуглекислим валпом або кремінною кислотою, за що і мають назву камнів. Коли погрубшання клітинної стінки виникає всюди, крім дуже обмежених районів,

часто круглої форми, от ми маємо неначе круглі іконця в грубій кам'яній стінці; це так звані продушинки.

Коли стінка буде дуже груба, то зрозуміло, що продушинки будуть довгі; тоді вони мають назву проводів. Через те, що продушинки сусідніх клітин відповідають одні одним, то зрозуміло, що через них легко відбувається виміна творив. Вона відбувається шляхом осмоси крізь тонкі перетинки, що зтягають ці продушинки. Одначе, тепер розуміння взаємовідносин ростинних клітин пішло далі.

До цього часу думали, що протоплазма ріжних клітин зовсім відокремлена, через те що і грубі стінки, і продушинки уявляли собі цільними, замкнутими. Одначе ботаник Tangl довів, що це не так. На де-яких об'єктах можна бачити, що цитоплазми сусідніх клітин сполучені між собою надзвичайно тонкими протоплазмовими ниточками т. зв. *plasmodesma*.

Плазмодезми проходять через тонкі оболонки, що замикають продушинки, але-ж можуть проходити й через другі місця клітинної оболонки. Через це многоклітинна ростина становить щось ціле, що складається з безлічи протопластів, сполучених між собою найтоншими ниточками цитоплазми. Ці найтонші ниточки плазмодезми не тільки є шляхом, по котрому переходять ріжні субстанції одної клітини в другу (виміна творива), але ж вони служать і для передачі подразнення, яке одержує ростина, цеб-то, заміняють собою нервову систему тварин.

Оболонка ростинної клітини може здеревеніти, а тоді вся целюлоза перетворюється в т. зв. лігнін. Із отаких здеревенілих клітин і складається вся деревина; або клітина перетворюється в корок — звичайні пляшкові корки походять з корки коркового дерева, що росте на берегах Середземного моря (*quercus suber*). Целюлоза, лігнін, корок дають зовсім певні хемічні реакції й обарвлюються ріжними барвами надзвичайно типово. Так, целюлоза від йоду й сірчаної кислоти дає темноблакитне обарвлення, з хлорціанійодом дає — фіялкове. Деревина (лігнін) обарвлюється від *phloroglutin*'у й сільної кислоти в червоно-фіялковий колір, з анілінесульфатом — в жовтий.

Одначе в ростинному царстві, хоч і рідко, але існують клітини, що не мають оболонки. Сюди відносять рухливі спори водоростів, міксамеби слизнястих грибів, чоловічі полові клітини мохів і папоротів та яйцеві клітини вищих ростин, т. зв. «голі клітини».

Оболонка тваринних клітин. Як вже було вище вказано, оболонка клітин тваринного світу зустрічається значно рідше взагалі не відіграє великої ролі. Там, де вона існує, вона тонка, ніжна, й її важко помітити під мікроскопом. Хімічно оболонка є білковинний витвір. Серед одноклітинних тварин амеби зовсім позбавлені оболонки й через це надзвичайно легко можуть змінити форму свого тіла, випустити різної довжини виростки—фальшиві ніжки — псевдоподії й таким чином пересуватись з місця на місце, через що їх і назвали корненожками — *rhizopoda*. У деяких інших корненожок, наприклад у *difflugia*, цитоплазма виділює тоненьку оболонку, яка згодом «приймає» різні дрібні сторонні тіла, а саме, піщинки з оточуючого її мула; таким чином будується міцний капшучок, в котрому й міститься тварина й висовує свої ніжки тепер лише з одного отвору. Такі тварини мають назву однокомірчастих, через те що все їх тіло знаходиться в одній порожнині. Як-що протоплазмове тіло тварини переділене на декілька частин круглої форми, сполучених поміж собою, й кожна частина витворює свою окрему тверду оболонку, то утвориться вже багатокомірчаста тварина — *polythalamia*. Ми вже говорили про те, що такі хатки будують чисто фізичним шляхом з дрібно ростертого скла, краплі оливи, як що їх перенести до крапель алкоголю. Ясно виразну оболонку мають настояні (*infusoria*) й рясі тварини (*ciliata*). У *ciliata* оболонка має велику кількість маленьких отворів, крізь які проходять тоненькі виростки протоплазми, що витворюють т. зв. впускни, за допомогою яких тварина може швидко пересуватись, подібно до човника з численими веслами. Також жмутові тварини — *Flagellata* мають добре видиму оболонку, що має лише один отвір, крізь який висовується довгий тонкий виросток протоплазми — жмутик. За допомогою цього жмутика тварина може легко рухатись. Такі жмутові організми існують і в рослинному світі (напр., зелений водоріс, що має хлорофіл — *euglena viridis*, який живе в ставках і в багні) і в тваринному, як всім відомі тварини, що спричиняють свічення моря — *noctiluca miliaris*. Клітини комах можуть виділяти на своїй поверхні особливу субстанцію — хітин, що витворює для них иноді дуже міцний шкелет. Виростки цієї хітинової оболонки в вигляді т. зв. хітинових волосків характеристичні для комах й відіграють в їх житті велику роллю. Часто до такого хітинового волоска підходить з середини чутливий нерв, і тоді з волосків і нервів витворюється орган чуття. Хітиновим волоскам відповідають у метеликів лусочки їх крил, від яких залежить блиск і краса барв

на крилах. Де-які лусочки сполучені з маленькими залозами, що виділюють пахучі субстанції, так що такий метелик може не лише блищати своїми барвами, а й чарувати пахощами, що мало приступні грубому людському нюхові. Ці пахощі приваблюють крилатих лицарів здалека, аж за десятки кілометрів, як показали це досліди Fabr'a.

Потовщення з хітину в вигляді хітинових зубів для здрібнення їжі знаходяться в де-яких відділах передньої кишки у багатьох комах, напр., в жувальному шлуночку тарганів, цвіркунів, раків і других членистоногих, у багатьох морських круглих робаків і т. д. Іноді хітинові виростки особливо сильно розвиваються, як у цікад і рогача в формі великих рогів. У протилежність цим грубим потовщенням хітин витворює також надзвичайно тонкі й надзвичайно ніжні органи, що пропускають світло,— хітинові сочки фасетчатих очей комах. Іноді у хітині відкладається багато вапна, як у звичайного річного рака. У mollusca клітини можуть виділювати дуже тривку субстанцію, т. зв. конхіолін, що витворює усім відомі скойки. Аналогічно хітину, конхіоліну, й відкладанню вапна у хребовців твориться зроговлення шкірних клітин, що ми можемо спостерігати на нашій власній шкірі, де найбільш зроговілі зверхні клітини відпадають у вигляді лусочок. Сильне місцеве обмежене зроговлення — становить т. зв. нагніток. Через це зроговлення витворюється волосаний покрів у ссавців, пір'я у птиць, рогові панцирі черепах і крокодилів, линовище змій і ящірок. Наведений короткий перегляд показує, що в твариннім світі, хоч і має перевагу ніжна оболонка у клітин, але вона підлягає різноманітним зміцненням

Цікаво зазначити, що оболонка клітин де-яких тварин витворена, очевидно, тією самою целюлозою, з якої завжди будується оболонка рослинної клітини. Так присутність целюлози доведена в панцирі різних arthropoda. Крім того, зверхня оболонка морських тварин, т. зв. tunicata, складається у більшій часті з целюлози.

Тепер цікаво зазначити, що тіло вищих тварин складається не лише з живих клітин, але й з таких, що загубили властивості живих клітин, які втратили свою живу протоплазму. Так ми вже згадували, що в цілої поверхні людського тіла злущуються зовсім зроговілі пласкі клітинки наскірня. Але навряд чи можна назвати живими клітинки наскірня, що залишаються на поверхні шкіри. Так само волосся й шерсть тварин, нігті й кігті, роги й емаль зубів не є жива субстанція. Усі ці витвори були колись живими клітинами, що згубили всі властивості живої клітини. Те саме ми помічаємо у ниж-

чих тварин: згадаймо вапняні скойки м'якунів, кістяки коралів і губок і т. д. Як-що у тварин і небагато витворів, що вже віджили, в порівнянні до кількості живих клітин, то у рослин цілком навпаки. Так у дерева — вся деревина, луб, кора є неживі оболонки бувших клітин, що підпали тим чи иным перетворенням.

Клітинні долучення. Долучення чи одкладки в клітинах можуть бути двоякого походження: або вони занесені чи відкладені у клітину з зокілля, або вони є наслідок діяльності самої клітинної протоплазми. Прикладом походження долучень з зокілля може бути т. зв. вакуоль, цеб-то, звичайна кругла просторінь у цитоплазмі, наповнена водою, яка має в собі різні солі в розчині або й кислоти. Особливо великі порожнявки спостерігають в рослинних клітинах, де в них так багато клітинного соку, що сама цитоплазма відходить на другий план. Розрізняють два роди порожнявок — відживні (що служать для травлення) й екскреторні, що ритмічно стягуються й викидають з клітини непотрібні їй субстанції. Деякотрі порожнявки служать для відкладення в них крапель товщу, запасів крохмалю, кристалів білковини й інших субстанцій, що мають назву *metaplasma*. Цікаво зазначити, що порожнявки, які виробляють кислоти, з'являються особливо тоді, коли «їжа» заражена бактеріями. Як що їжа відзаразна, то травлення йде без витворення подібних субстанцій. Таким чином, витворення кислот у порожнявках служить для дезинфекції. Особливої уваги заслуговують ті маленькі білковинні тільця, що в великій кількості знаходяться у клітинах і, просякаючи обарвлюючою субстанцією, відіграють дуже велику фізіологічну роль. Ми вже знаємо про ці тільця з студіювання хлорофілових зерен рослинної клітини. Тут ми розглянемо їх докладніше. Усі ці тільця є живі протоплазмові витвори, що здатні просякати обарвлюючою субстанцією, мають загальну назву — хроматофори (цеб-то, носії, барв). Як що вони просякнуті зеленою обарвлюючою річовиною хлорофілом, то їх називають *chloroplast*'ами чи хлорофіловими зернами. Коли-ж вони обарвлені в жовту, жовтогарячо-червону чи червону, то їх називають — *chromoplast*'ами, а як що вони безбарвні, то левкопластами. Майже всі хроматофори почали своє життя в вигляді безбарвних зерняток, цеб-то, левкопластів, що ми спостерігаємо в дуже молодих клітинок. Потім при ступневому просяканні барвами, вони стають або хлоропластами або одним з родів хромопластів. Але ж і безбарвні зернятка можуть назавжди залишитись без змін, як це спостерігають, наприклад, на горішній шкурці орхідеї. Такі

левкопласти краще називати правдивими. Всі хроматофори повстають лише шляхом поділу собі подібних хроматофорів, що знаходяться вже в зародкових клітинках, яйцевих, спорах і т. зв. точках росту. Дуже важним долученням у тілах рослинних клітин є крохмаль. Він повстає в хлоропластах, що освітлюються соняшним світлом, в вигляді дрібних зерняток чи патишків. Частіше крохмаль витворює круглі тільця, але можуть бути й інші форми — еліпсоїдні (картоплі), полігональні (риж, маїс), в формі пісового годинника і т. д. В багатьох крохмальних зернах ми спостерігаємо центр і навколо нього велику кількість крохмалю, що оточує цей центр шарами. Ця верстована структура залежить від різної кількості води у різних шарах. Великість крохмального зерна різна, наприклад, у рижа 3—10 μ , маїса 10—30 μ , у фасолі 24—57 μ , картоплі 50—100 μ . За структурою на крохмальні зерна вважають як на сферокристалі, збудовані з тонких, як волоски, кристалів, що мають промінчастий розпорядок. Хроматофори можуть бути прикладом клітинних долучень, витворених живою матерією, крохмальні зерна — прикладом долучень з мертвої субстанції. Досить часто в рослинних клітинах трапляються справжні мінеральні кристалі: це передусім — кристалі щавелекислого вапна. Вони відносяться до тетрагональної системи залежно від того, скільки еквівалентів кристалізаційної води вони мають в собі. Особливої уваги заслуговують голкуваті форми чи т. зв. *raphid*'и, що часто трапляються у вигляді пучків оточених слиззю. Крім того, зіркуваті зростки й купки дрібненьких кристалів, у вигляді кристалевого піску, наповнюють собою всю клітину, наприклад, в листках тютюну й інших *Solanaceae*. Кристалі щавелекислого вапна звичайно повстають у порожняках в середині клітин. Рідко вони трапляються в оболонці клітини, як наприклад, в горішній шкірці драцени. Як правило, щавелекисле вапно є кінцевий витвір виміни творива та усувається з організму. Чрез те, ці кристалі найчастіше зустрічаються в тих тканинах і органах, що від часу до часу відпадають: в листках, корі. Але іноді щавелекисле вапно може бути безпосереднє корисним для рослини, наприклад, у вигляді вищезазначених рафід, маленьких кинджалів, що перешкаджають з'їданню рослин дрібними тваринами (напр., слимаками). Який вчинок роблять рафіди на слизнясту оболонку людини — може довідатись кожний, хто спробує жувати листки *segetum maculatum*; велика кількість дрібнесеньких кристалів в'їдаються до слизнястої оболонки рота, від чого в роті й починає сильно пекти. Серед інших

долучень ми зазначимо товщі. В рослинних клітинах товщі зустрічаються у великій кількості в насіннях і овочах, звідкіля й здобувають всі рослинні товщі. В інших рослинних клітинах товщ зустрічається в невеликій кількості в вигляді маленьких, розпорошених у протоплазмі крапель. В тваринних організмах існує особливий рід тканини — товщева тканина, клітини якої хоч і мають ядро й маленький обідець протоплазми, але вони майже цілком наповнені товщем. Він є ще в багатьох інших клітинах тваринного організму, й при нормальних умовах і при певних породах клітин — це останнє явище має назву товщового переродження. Етерові олії й смоли надзвичайно розповсюджені в рослинному світі, через що саме й відрізняються між собою цілі родини рослин, наприклад, *labiata*, *myrtaceae*, *umbelliferae*, *rutaceae*, *conifera* і т. д. Згадаємо, що в клітинах, які старіються, з часом скупчуються непотрібні й шкідливі для них субстанції, від яких вони не встигають вже звільнитись — ці субстанції називаються «шлаками». Таким шляхом повстає той рудий пігмент, що починає дуже рано витворюватись у клітинах центральної нервової системи й який ослаблює їх життєву діяльність. Де-які вчені бачать в цьому пігменті власне вияви старости й причину т. зв. фізіологічної смерті в старечому віці.

Загальні висновки.

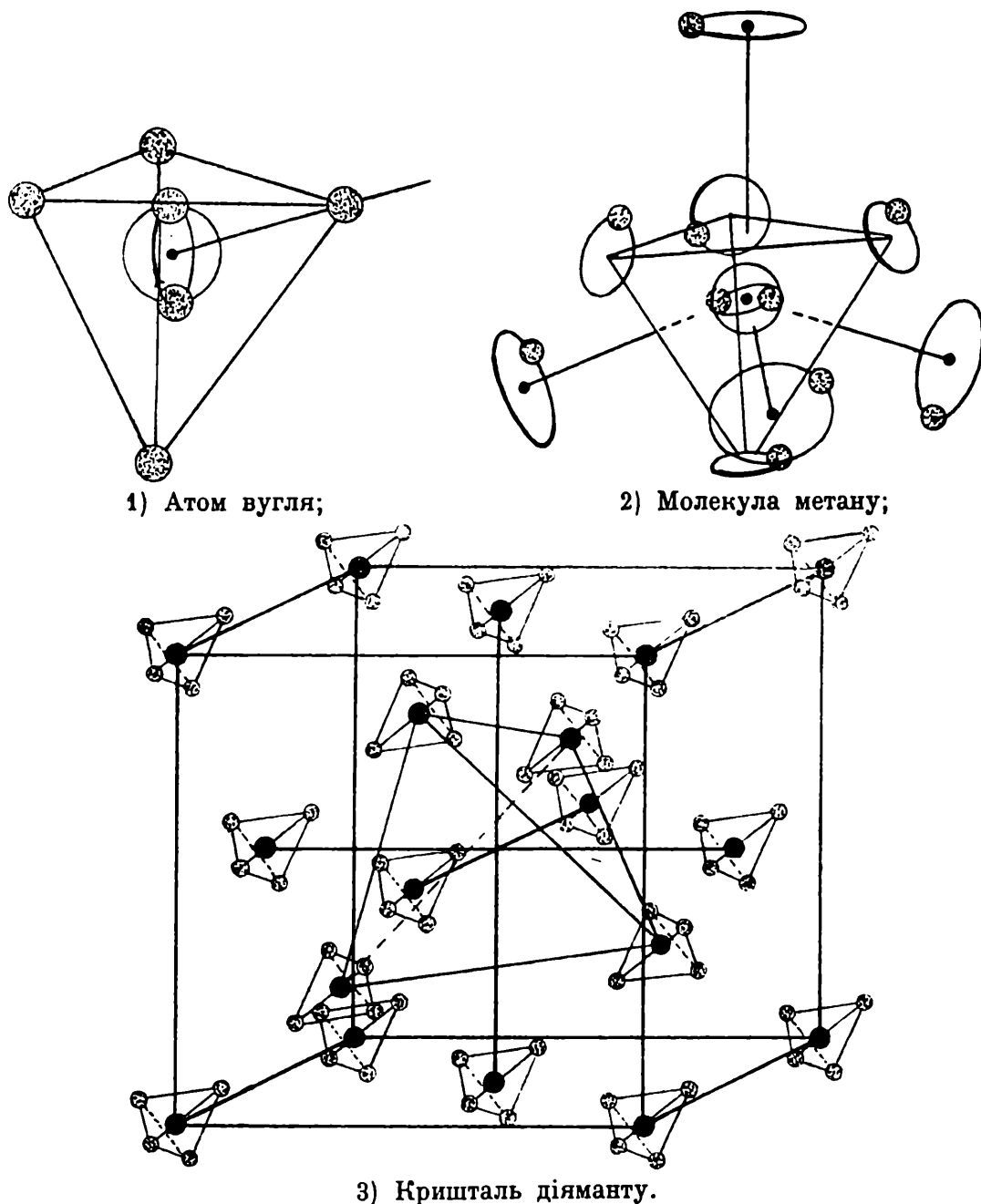
1. Матерія й енергія єдині. Матерія є повільно рухлива енергія, а енергія є дуже рухлива матерія.

2. Можливо припустити, що матерія, енергія й етер, становлячи єдину суть, проходять такий цикл еволюції: матерія, стаючи розрідженою, переходить у енергію, а ця остання, розпорошуючись, переходить в етер. Етер, згущуючись, переходить в енергію, а енергія, що стримується в своєму русі й сконцентровується, переходить у матерію.

3. Органічна матерія є не що інше, як неорганічна — ускладнена в своєму молекулярному складі. Організована чи жива матерія є лише надзвичайно ускладнена в молекулярній структурі мертва матерія. В центральній нервовій системі тварини матерія досягає найвищого відомого у світі структурно-хімічного ускладнення. Надзвичайне ускладнення приводить до несталості, нахилу до розкладу й переходу у сталіші, простіші хімічні злуки.

4. Відповідно до вищезазначеного, людина є носієм частини світової суті, що досягла найвищого ступня ускладнення (мовок).

5. Ядрова структура світу. Світ, у живих і неживих витворах, збудований за принципом витворення ядер. Ядрова структура будови



6. 7. 8. Схема угруповання електронів в атомах, молекулах та кристалах. (Rinne) Ядро ●— Електрон. ○

світу виявляється у витворенні: а) соняшних систем, цеб-то, сонець із трабантами; б) атомів — ядро з електронами; в) складних хемічних злук, що мають ядра; г) клітин, що складаються з ядер й цитоплазми. Ядра всюди є носіями вищої кількості енергії.

ГЛАВА V.

Життєві функції клітини.

Перед тим-як перейти до розгляду життєвих функції клітини, я вважаю за необхідне дати можливо наукове визначення де-яких тямок, що часто вживаються в досить широких і надзвичайно невизначених межах, як в звичайному житті, так і в науці. Через те й самі тямки ці стають невизначеними, і користування ними може викликати великі непорозуміння.

Ці тямки слідує: причина, умова, подражнення. Наскільки в житті тямка причини вживається надто широко, стане вам зрозумілим, коли спитати про причину світової війни. Можна сказати, що причиною було вбивство австрійського принца, але це можна визнати лише за привід до війни чи за, так звану, найближчу причину, а дійсну причину бачити в конкуренції на світових ринках двох промислових держав Англії та Німеччини. Але далі можна бачити ще глибшу причину в біологічних властивостях живих істот, що підлягають законові боротьби за існування і т. д.

Візьмемо простіший приклад: камінь лежить на даху в дуже несталій рівновазі; під впливом найменшого товчка, наприклад, від того, що на нього впала крапля дощу, він падає на землю. Що треба вважати за причину його спаду: механічну працю краплі, надто несталу рівновагу чи, нарешті, закон світового тяжіння. Для того, щоби все це з'ясувати собі, звернемося спочатку до простіших, а тому й більш докладних наук, як хемія та фізика.

Більшість сучасних фізіологів та біологів визнають, що живу істоту чи «живу систему», згідно з тим визначенням, що ми дали в

попереднім відділі, — можна та слід студіювати, як і всяку матеріальну систему, в якій повстають фізико-хімічні явища, цеб-то, жива система є лише надто складана «фізико-хімічна система». При студіюванні такої системи, фізико-хімік установлює, з одного боку, реагуючі складові частини системи, а з другого боку, ті умови, при котрих повстають ці процеси в даній системі. Коли відомі всі складові частини системи й усі умови, то всяке явище, що повстає в системі, можна провістити, з'ясувати і простудіювати. Через те, студіюючи яке-небудь явище в «живій системі», ми мусимо знати складові частини цієї системи та умови, при яких мусить повставати це явище.

Але зрозуміло, що все життя складається з безперервного ряду явищ, через що ми їй визначили живе, як систему, що ніколи не буває в рівновазі та має сама в собі умови для того, щоби такої рівноваги не було. Всі ті конечні умови, при котрих відбувається життя, ми називаємо засадничими умовами. Ці умови підлягають більшим чи меншим коливанням, наприклад, умова температури, яка оточує систему та може підвищуватись чи спадати. Коли одна з засадничих умов швидко міняється в той чи інший бік, то ми маємо подразнення, на яке жива система так або інакше реагує. Ясно, що в даному випадку подразнення є також умова, що швидко змінюється кількотно, їй зрозуміло, що таке подразнення може цілком непомітно й ступнево переходити в умову, наприклад, спад чи підвищення температури до середнього рівня. Ясно також, що таке подразнення якісно не відрізняється від умови. Уявім собі тепер, що в атмосфері, що оточує рослину, нагло з'являється новий газ, якого не було в звичайних умовах; він, з нашого погляду, є нова умова для складної «фізико-хімічної» системи, є дратівником, що викликає подразнення в системі. Але ця нова умова життя якісно відрізняється від засадничих умов життя і не може ступнево переходити ні в одну з них.

Отже ми бачимо, що подразнення є також умови життя, але їх треба поділити на дві категорії: 1) подразнення кількісні, що становлять не що інше, як збільшення або зменшення однієї чи де-кількох засадничих умов, 2) подразнення якісні, які становлять нові умови життя і принципово відрізняються від засадничих умов життя.

Подивімось тепер, що саме треба називати умовою в якій-небудь системі. Справді, всяка фізико-математична величина, від якої залежать одно чи де-кілька величин, є умова для цих величин. Або, коли одна величина стоїть супроти другої в функціонально-законо-

мірній залежності чи в функціонально-закономірному відношенні, то друга величина й є умовою для першої. На простому прикладі з геометрії видно функціональну залежність між величиною кружння й радіуса; радіус — умова, що визначає величину кружння.

Явища й властивості якої-небудь живої чи матеріальної системи визначаються сумою всіх умов даного менту, але при цьому не слід забувати ось чого: лише в надзвичайно простих, елементарних випадках властивості даної системи визначаються умовами даного менту, тоді як у складніших системах ці властивості визначаються, крім того, й усіма попередніми умовами, що діяли коли-небудь на систему, та які залишають сліди не менш реальні й не менш значні, ніж умови даного менту. Простий приклад з'ясує висловлене. Форма краплі води, що лежить на скляній платівці, цілком визначається умовами даного менту. Навпаки, кругла форма морського каменя не може бути визначена сучасними умовами, але визначається великим числом минулих умов, що впливали на камінь механічно. Живі системи визначаються, з одного боку, умовами даного менту, а з другого боку, умовами всього попереднього часу. Коли умови даного менту для живої системи підлягають рахункові й обрахуванню, то легко зрозуміти, що умови попереднього часу своєю кількістю наближаються до безмежності. Таким чином, з'ясувати форму живої істоти дуже важко; так само, як важко було б з'ясувати круглу форму морського каменя, коли б ми не знали механічних умов його існування.

Так само важко з'ясувати й реакції живої системи на яке-небудь подразнення й зокрема реакцію людського мозку. Тут виникають труднощі з двох причин: з одного боку, складові частини системи, що беруть участь в реакції, надзвичайно численні, складні в кожній своїй одиниці та ще й не вивчені остаточно; з другого боку, умови, коли брати їх так широко, як це потрібно, майже незчисленні, як що вважати минулі умови за реально діючі, що обумовлюють реакцію системи.

Через те, замість визнання незрозумілої по своїй суті живої сили — «*vis vitalis*» і психічної сили — більш науково й корисно аналізувати явища й реакції живої системи з погляду відомих нам сил, не користуючись метафізикою.

Розглядаючи ближче умови, в котрих знаходиться «жива система», ми можемо поділити їх на чотири групи.

1. Умови ймовірно постійні. Сюди належать умови, що мало змінюються (в даній точці землі): атмосферного тиснення, хемічного

складу повітря, величини тиснення води для тварин, що живуть на певній глибині, сили земного тяжіння та інші.

2. Умови, що колихаються, цеб-то, такі, що змінюються в певних межах, наприклад: умови світла, температури, електричного потенціалу повітря, хемічного складу й кількості їжі.

3. Умови, що наступають періодично правильно. Сюди належать: день і ніч, періодичні доби року, приплив і відплив моря. Ці умови мають іноді певний математично правильний ритм, а через це можуть бути названі ритмічними умовами.

4. Випадкові умови. Сюди належать різні явища природи, що звуться випадковими, наприклад: буря, колихання землі, надзвичайна посуха, незвичайна для даного підсоння спека чи холод, випадкові впливи інших організмів, наприклад: в'ятрування в тіло яких-небудь організмів, паразитів-бактерій, що спричиняються до хвороб, випадкові поранення та інші.

Всі чотири групи вказаних умов складають одну категорію, а саме, зокільних умов системи.

Крім цієї категорії зокільних умов, в системі існує ще й категорія внутрішніх умов, що також можна поділити на подібні чотири групи.

1. Умови ймовірно постійні. Сюди належать, наприклад: постійна температура тіла здорової тварини, постійний хемічний склад крові й пасоки.

2. Умови, що колихаються в певних межах. Сюди належать, наприклад: колихання кров'яного тиснення в судинах організму, нервові подразнення різних органів (залоз), сила стягання м'язів і т. д.

3. Умови, що наступають періодично правильно. Сюди належать: сон і неспання, стягнення й ростягнення м'язів серця, періодичні кровотечі у жінок, періодична праця залоз апарату травлення при вступі їжі і т. д.

4. Випадкові умови. Сюди належать, наприклад: сильне зворушення центральної нервової системи, гарячка, збільшена праця чи, навпаки, параліж якого-небудь органу під впливом отрути і т. д.

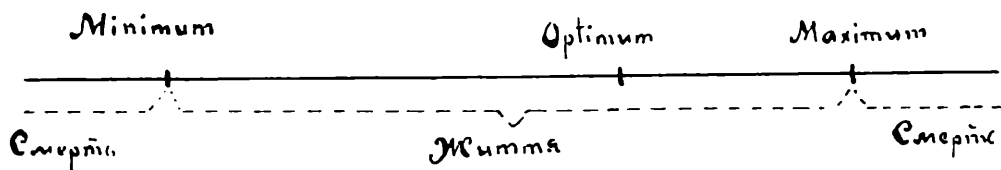
Ми поділили, таким чином, умови зокільні та внутрішні на групи, беручи за принцип поділу час.

З погляду значіння різних умов для живої системи їх можна поділити на слідуючі чотири групи:

1. Умови конечні для життя, цеб-то такі, що при їх усуненні зов-

сім руйнується система, напр., наявність кисня в повітрі (зовнішня умова), визначений відсоток води у крові (нутрішня умова). Мінімальна сума цих необхідних зовнішніх чи нутрішніх умов становить те, що зветься життєвим мінімумом, без якого неможливе життя.

2. Конечні умови можуть держатись на визначеному середньому рівні, і тоді життя відбувається в середніх умовах — це буде життєвий *medium*. Конечні умови життя можуть стати кращими й досягти найбільшого ступня — це буде життєвий *optimum*; він не однако-вий у різних організмів.



9. Схема впливу умов життя на організм.

3. Де-які умови, що існують у даний мент, індиферентні для життя, напр., наявність чи брак індиферентних субстанцій в їжі, що проходять через апарат травлення без змін; наявність у повітрі мінімальної кількості індиферентних газів, напр., аргона, ксенона й інших.

4. Шкідливі умови, наприклад, наявність у повітрі великої кількості шкідливого для тварин двоокису вугля — CO_2 .

Перейдемо тепер до точного визначення тямки «причина», де ми спостерігаємо найбільшу плутанину й невизначеність. Розуміння «причина» вживається у трьох різних значіннях.

1. За причину якого-небудь явища приймають всю суму, цілий комплекс величин, що обумовлюють це явище. Наприклад, коли кинутий камінь описує своїм рухом визначену параболу, то кажуть, що причиною цього є: кут, під котрим камінь був кинутий, початкова прудкість руху каміня, вага його, форма та якість оточення (повітря), в якому камінь порушується.

2. За причину явища приймають меншу чи більшу частину комплексу величин, що обумовлюють явище. Звичайно зі всього комплексу беруть ту частину, яка простором, чи інтенсивністю особливо визначається. Коли, напр., склянка падає зі столу наслідком товчка, чи натягнена пружина наслідком здвигу зубця, що її затримує, починає розвертатись, чи вибухові матерії вибухають від удару, то, відшукуючи причину цих явищ, вказують на товчок, здвиг, удар.

Однак ясно, що до згаданих явищ спричиняються численні фактори. При подібних міркуваннях, зрозуміло, особливо висовують ті величини чи умови, що тільки-що прилучились до умов, що вже були, й що безпосереднє викликали собою явище.

3. Треті, навпаки, називають тільки-що прилучену причину лише приводом, товчком і стараються в кожному явищі відшукати глибшу, засадничу причину й особливо підкреслити її. Так в розвертанні пружини вважають за причину — перехід статичної енергії в кінетичну.

З усіх трьох тямок причинової залежності слід у науці вживати лише третю тямку, а саме, т. зв. глибоку, засадничу причину.

Першу тямку треба було б замінити висловом «комплекс умов», наприклад, для параболи, що описана кинутим камінем. Друга тямка причини, чи т. зв. найближчої причини, влучно заміняється терміном, що дав філософ Avenarius, «додаткова умова» — *Komplementärbedingung*.

В зв'язку з цим, ми мусимо нагадати формулу, що дав Кант для закона причинності, а саме: всяке явище мусить попереджати щось, з чого неминуче повстає це явище; або інакше, попереднє є завжди умовою для наступного. Таким чином, всі явища в світі творять один безперервний ланцюг, що починається в безмежності і в безмежності закінчується. Кожне кільце цього ланцюга визначається цілою сумою всіх попередніх кілець, і раз висловлене твердження відноситься в однаковій мірі, як до ланцюга явищ фізичного світу, так і до ланцюга явищ світа психічного. З цього погляду не буває нічого випадкового, і так зване випадкове явище — це явище залежне від невідомих нам причин; невідомих або з причини своєї численности або через те, що вони для нас не досить зрозумілі.

В цьому ховається велика, фатальна помилка теорії Дарвіна, що хоче пояснити теорію еволюції випадковими варіантами ростинного чи тваринного світу. Це значить змагатись з'ясувати те, чого не можна пояснити та зрозуміти, таким самим нез'ясованим і незрозумілим.

З цього погляду нема т. зв. свободи волі в об'єктивному розумінні її, вона існує лише, як самопочуття, цеб-то, лише суб'єктивно. Психічні явища повстають з такою самою судженою конечністю, як і затемнення сонця, через те що вони визначаються цілою сумою попередніх кілець ланцюга явищ.

Нам слід тепер дати докладне визначення тямки «подражнення»,

і тоді вже ми можемо розпочати студіювання функції клітини й живої матерії взагалі. Вище ми дали визначення тямки «умов», у яких знаходиться кожна жива система. Щож таке є подражнення? В якому відношенні знаходиться тямка «подражнення» до тямки «умови» взагалі. Треба зазначити передусім, що всяке подражнення є не що інше, як одна з умов, під впливом котрих знаходиться життява система, так що перевести різницю поміж цими тямками дуже тяжко. Наприклад, яйце тварини, що розвивається в воді чи в якому-небудь іншому оточенні до ступня дорослого організму, очевидно, підлягає безперервному ряду зокільних та нутрішніх подражнень, під впливом яких воно змінюється безперервно, реагуючи на ці подражнення. Але ці подражнення є також і комплексом умов, в яких знаходиться жива система. Лише в цих умовах виникають якісь зміни, що викликають безперервну реакцію яйцевої клітини. Так само м'язи живого організму підлягають безперервним подражненням з боку нервової системи, й ці подражнення являються необхідними умовами життя м'язової тканини, бо без них вона швидко зникає, перетворюється. Отже ясно, що існують безумовно потрібні подражнення, без яких життя організму чи органу припиняється. Ми говоримо, що та чи інша жива система підлягає подражненню тоді, коли в ній виникають які-небудь помітні зміни. Це буває тоді, коли, очевидно, до даних вже умов приєдналися ще нові умови, що викликали дану зміну. От це й буде та сама умова, яку ми назвали додатковою — *Komplementärbedingung* — той товчок, привід, що викликав спад склянки, розвертання пружини, бурхливу реакцію вибухової матерії у наведених нами прикладах.

Отже подражнення є не що інше, як додаткова умова, й тямку — «подражнення» не треба протиставити тямці «умова», а вважати її за тямку, підлеглу останній.

Подражнення може бути зовсім новою умовою чи виявлятися як збільшення або зменшення однієї з існуючих умов. Явища подражнення поділяють на прості чи непрості. Коли нерв подражнювати в якій-небудь його точці товчком чи штихом, то кажуть, що в цій точці нерв підлягає простому подражненню. Або, коли світло просто подражнює особливі клітинки сітчаної оболонки ока — ковочки й патички — вони підлягають простому подражненню. Коли місце нерву, що подражнюється, є джерелом подражнення для решти нерва й м'яза, який він занервлює, то це буде непростим подражненням.

Так само хвиля подразнення, що йде від подразнених клітинок сітчанки (ока) по всьому зоровому нерву й мозкових клітинах з їх виростками, буде непрямим подразненням. Далі відрізняють внутрішнє й зокільне подразнення. Всяка зміна в оточенні, в якому знаходиться тварина, наприклад, зміна температури води, в котрій знаходиться яйце тритона, буде зокільним подразненням.

Ті подразнення, що виникають серед самої живої системи будуть внутрішніми подразненнями. Коли подразнення йде від одної якої-небудь клітини багатоклітинного організму, воно творить для решти клітин зокільне подразнення, а для всього організму — внутрішнє.

Фізіологія відрізняє специфічні чи адекватні подразнення й загальні чи інадекватні. Річ в тому, що різні чутливі клітини нашого організму збудовані так, що вони пристосовані до прийняття лише одних специфічних подразнень. Так, чутливі до світла клітинки сітчанки-ковбочки й палички — дивно пристосовані до прийняття світла й зовсім незбірні до прийняття інших подразнень; це відноситься й до зорового нерву на цілому його протязі. От чому удар по оці відчувається нами як яскраве світло, як іскри, а електрична течія відчувається слуховим нервом як шелест. Отже світло й звук це є специфічні дратівники для пристосованих до них органів. З другого боку, механічне тиснення, холод, тепло, біль є загальними дратівниками.

Коли всі зовнішні дратівники залишаються без змін, а в живій системі спостерігаємо де-які явища життя, то такі явища звуться самохїтними (*spontane Lebensäusserungen*), а другі — впливовими. Впливаючи на живу систему різними дратівниками, ми можемо експериментувати так само, як у фізиці чи в хемії. Я мушу лише дати друге визначення, т. зв., самохїтним впливам. Здебільшого це реакції на внутрішні подразнення, а іноді на непомітні зокільні. Коли людина прокидається від вибуху, то тут причини й реакції ясні. Але коли вона, мовляв, прокидається сама, то ми маємо справу з реакцією на внутрішнє подразнення чи на зовнішнє, яке ми не помітили. Тут ми маємо такий випадок, коли комплекс внутрішніх умов виростає до напруження вибуху, а реакція прокидання викикається непомітними зокільними чи внутрішніми подразненнями. В такому випадку ці подразнення відіграють роль «додаткової» умови — *Komplementärbedingung*. Через те, властиво кажучи, не існує зовсім самохїтних реакцій, а є лише реакції, що повстають

під впливом ледве помітних додаткових умов, що й зветься самохитними.

Поміж реакціями мертвої матерії та реакціями живої нема жадної принципової різниці; лише складність живої системи й її чутливість дають облудне уявлення про самохить. Собака з такою судженою неминучістю тягнеться до шматка м'яса, як циндра заліза до магніту. Одначе, цілком можливо, що численні попередні умови, що ми вважаємо їх за реально діючі, починаючи від безмежності, — можуть змінити реакції живого організму. Як що, наприклад, добре нагодувати собаку, або витворити у нього асоціативний зв'язок між шматком м'яса і биттям, то він або лишиться нерухомо або може й втікти від цього м'яса. Також і завчасно негативно наелектризована циндра буде відштовхуватись від негативного бігуна магніту. Через це, для передбачення реакції, треба знати всі минулі й всі сучасні умови реагуючої системи, бо жива система утримує в пам'яті сліди минулих умов. Пам'ять, як побачимо пізніше, властива не лише самій живій субстанції: початки її видко вже у мертвих колоїдальних субстанцій.

Реакції живої системи студіюються тими самими методами, що й реакції мертвої. Ми штучно викликаємо в зокіллі живої системи ті чи інші, фізичні чи хемічні, різкі чи ступневі, швидкі чи повільні зміни й спостерігаємо, якими реакціями відповідає на ці зміни жива система. Инакше кажучи, ми подражнюємо живу систему.

Якими саме змінами в зокіллі ми користуємось для подражнення? В суті речі ми користуємось тими самими формами енергії, з якими ми маємо до діла в фізиці й хемії. Тому найкраще поділити всі подражнення на дві групи: фізичні й хемічні. Різницю між фізичним та хемічним дратівником можна визначити так: фізичний дратівник є така зміна зовнішніх умов живої системи, при якій зокілля системи не змінюється в своєму складі. Наприклад, ogrів води, в якій плаває яйце жаби; хемічний дратівник є така зміна зовнішніх умов живої системи, при котрій склад зокілля змінюється; наприклад, як що до води, яка оточує згадане яйце, додати звичайної соли і т. д.

Фізичні дратівники, з свого боку, поділяються на 1) механічні, 2) термічні, 3) осмотичні, 4) проміясті (проміння світла, Рентгена, радіа та інші) й 5) електричні. Ми не згадуємо про магнетизм, бо на основі нових спостережень найсильніші електромагніти не мають жадного впливу на живу матерію. Якщо уявити собі яке-небудь

подражнення, що можна надзвичайно точно регулювати, наприклад, силу гальванічної течії, то ми знайдемо ось що: дратуючи м'яз гальванічною течією, ми одержимо реакцію, цеб-то, скорочення м'язу, не зараз же після нуля, а лише починаючи з певної величини. Отже, саме та мінімальна величина дратівника, що здібна викликати реакцію живої системи, називається порогом подражнення. Поріг подражнення неоднаковий у різних тварин гесп. тканин. Так нервові волокна вищих тварин подражнюються вже дуже слабкою гальванічною течією, а амеби вимагають міцніших течій для якоїсь реакції. Ми дали вистарчаюче визначення тямок «подражнення» й «дратівник» і хочемо тепер ближче познайомитись з тим, що таке є дразливість, цеб-то, чим саме відповідає жива система, як вона реагує на дратівники. Уразливість живої системи це не що інше, як її здатність реагувати на зміни зокілля змінами матеріальної й динамічної рівноваги.

Як що відпрепарувати — *musculus gastrocnemius* — м'яз двоголовець литковий жаби й занервлюючий його сідальний нерв до нижнього кінця м'язу, де є т. зв. Ахіллів тужень, і прикріпити гачком вагу 100,0 gr., а потім дратувати нерв вагою 10,0 gr., що спадає з височини 1,0 cm., то ми побачимо, що м'яз скоротиться й підійме вагу на височину 1,0 cm. Висловлюючись инакше, під впливом подражнення, що можна визначити числом 10, м'яз виконує працю, що визначиться величиною 100.

Через закон збереження енергії, зрозуміло, що не енергія подражнення 10 перетворилась у енергію 100, а дратівник виявив, розвязав заховану в м'язах потенціальну енергію. М'яз має певний запас енергії, що чекає товчка, додаткової умови, щоб виявитись. Таке виявлення силою дратівника запасів потенціальної енергії у живих системах для нас дуже цікаве й важне, бо по-перше, воно стосується до органів психіки, а по-друге, досить часто властиве й мертвим системам з великими запасами потенціальної енергії. Наприклад, сильно закручена пружина утримується у спокої тонкою ниткою, якою вона перев'язана; вистарчить лише легкого руху ножа, щоби перерізати нитку, й щоби пружина почала розкручуватись з великою силою; тут виявляється запас потенціальної механічної енергії, що була у стані напруження. З другого боку, численні хемічні злуки мають великі запаси потенціальної енергії і чекають лише додаткової умови, щоб виявитись. Ми можемо тут навести приклад складів вибухових субстанцій, що вибухають від одного

лише дмухання людини на сталеве перо, яке тремтить над склянкою з ртутю, не доторкаючись до нього. Дмухання, наближаючи перо до ртути, замикає течію, що пливе від батареї, а течія, проведена по дротах через склад вибухових субстанцій, викликає вибух, який висаджує в повітря ціле місто чи твердиню.

Але відношення між дратівником і реакцією може бути зовсім відворотним, коли дратівник викликає не виявлення енергії, а навпаки, зниження чи спад її до нуля. Сюди відносяться т. зв. негативні дратівники: зниження температури, відняття їжі, кисню, вплив отрути й иноді знечужників. Птиця, що швидко летить, ранена стрілою намащеною отрутою-кураре, вмиє параліжується й падає, так само як і потяг, що їде з цілою своєю швидкістю, зупиняється, як що охолодити водяну пару в паротязі. Таким чином, впливи дратівників можуть бути поділені на дві групи: в першій — реакції живої плазми виявляються підвищенням життєвих функцій, в другій — зниженням функції до повного їх припинення. В першій випадку говорять про зворушення, в другій — про параліж, а як що він не повний то про парез. Окрім цього, життєві функції можуть змінюватись не кількісно, а якісно; наприклад, під впливом дратівника в клітині змінюється вміна творив так, що хемічний склад тіла також більш чи менш змінюється. Клітини печінки під впливом отрути фосфору перероджуються, й білковинна протоплазма їх змінюється на товщеву субстанцію.

Висновок: 1) подражнення є зміна внутрішніх чи зовнішніх умов живої системи;

2) зворушення є підвищення одної чи де-кількох функцій системи;

3) парез і параліж є пониження чи припинення одної чи де-кількох функцій системи;

4) вплив подражнення може виявлятися зворушенням або параліжем функцій системи.

Подражнення, що викликається в якійсь точці живої системи, має властивість розповсюджуватись в ній з відповідною прудкістю. У вищих організмів подражнення транспортується особливими ви-творами, а саме, нервовими стеблами, що влаштовані, як телеграфні кабелі. Прудкість переведення подражнення може бути вимірена з математичною докладністю. Нерв жаби переводить подражнення з прудкістю 26 метрів в секунду; людини — 34 m/sec., — нижчих тварин — значно повільніше; напр., у омара — лише 6 метрів в се-

кунду. У нижчих тварин, що не мають нервових стеблів, а також і у рослин, подразнення переводиться самою протоплазмою надзвичайно повільно. Пересмужистий м'яз переводить подразнення значно повільніше, ніж нерв; пластий м'яз — повільніше, ніж пересмужистий і т. д. Взагалі, в залежності від пружкості переведення подразнення живі субстанції можуть бути укладені в довгий ряд зі ступневими переходами.

ГЛАВА VI.

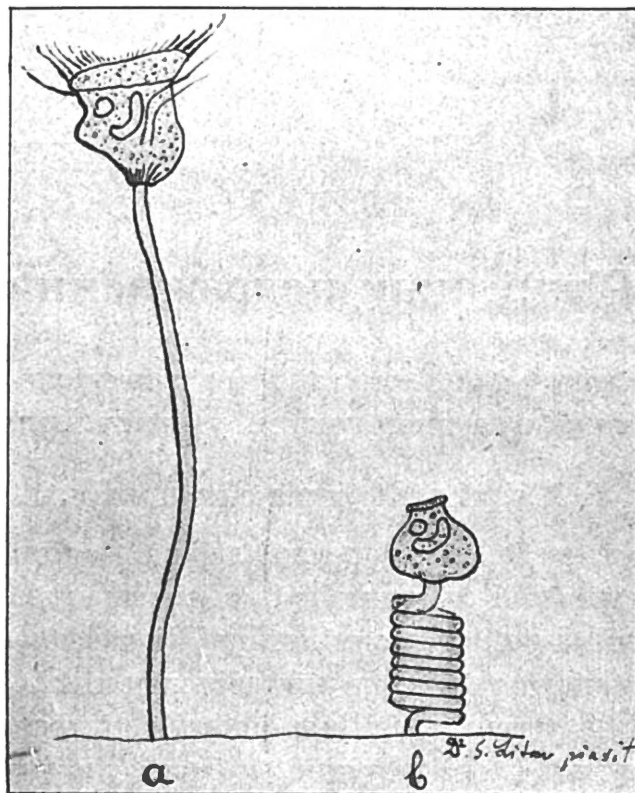
Ріжні види подразнення.

Після цих загальних міркувань ми перейдемо до студіювання явищ подразнення, головним чином, у одноклітинних організмів.

Хемічні дратівники.

Як добова потреба, для дорослої людини вистарчає 118 gr. білковини; більша кількість викликає подразнення, цеб-то, виміна творив — асиміляційні й десиміляційні процеси — збільшується. Це саме ми помічаємо у рослин при збільшенні CO_2 . Коли бактерії гниття (*bacterium termo*, *spirillum undula*) зі звичайного для них оточення перенести в настоянку сіна, де багато відживних субстанцій, то вони починають швидко розплоджуватись до численних мільйонів. Коли в цю настоянку впустити рагатесіум, що відживляється цими бактеріями гниття, то рагатесіум також надзвичайно швидко розплоджується. Тут ми бачимо велике підвищення асиміляційних процесів у цих одноклітинних організмів. Теж саме відбувається і в декотрих наростах людини (*carcinoma*, *sarcoma*, *myoma*, *fibroma* і інші). Сancer-пістряк виникає від розплоду натканцевих клітин шкіри, слизнястої оболонки, залоз. Тут все залежить від якихсь хемічних дратівників. Другий вплив хемічних дратівників є рух, цеб-то, перетворення одного виду енергії в другий. Це досконально вистудіовано у класичних працях М. Schultze й Kühne. Одноклітинні амеби, коли додати до краплі води, де вони знаходяться, 0,1% сіЛЬНОЇ кислоти чи 1% *kalium causticum* чи розчину інших кислот, то

амеби зараз же втягують свої ніжки й округляються; так само впливає й CO_2 . Так же реагують і голі одноклітинні протоплазматичні істоти; напр., *Actinosphaerium Eichhorni*, що має багато виростків і що подібна до сонця з промінням, під впливом хемічних дратівників зараз же починає втягати свої псевдоподії — фальшиві ніжки, а її протоплазма збирається в маленькі кулі й веретенця. Тварини, що мають т. зв., мигтючі волоски (волоскуваті инфузорії) й жмутики,



10. Vorticella: a) випростована b) скручена після хемічного подразнення (Verworn).

під впливом слабих хемікалій збільшують прудкість руху цих волосків і жмутиків і через це починають ховатись швидче.

М'язи вищих і нижчих тварин під впливом слабих хемікалій скорочуються. Так vorticella, що сидить на довгому стеблі, що є подібний м'язові, під впливом хемічних подразнень, скручує це стебло в гарну спіраль. М'яз жаби під впливом пари вуглекислого амонія зараз же скорочується. Коли кравцовий м'яз (*m. sartorius*) при температурі 3—10° С покласти в розчин (5 gr. звичайної соли, 2 gr. фосфорнокислого натру та 0,5 gr. вуглекислого натру на 1 літр води), то м'яз починає скорочуватись ритмічно, що ми ніколи не

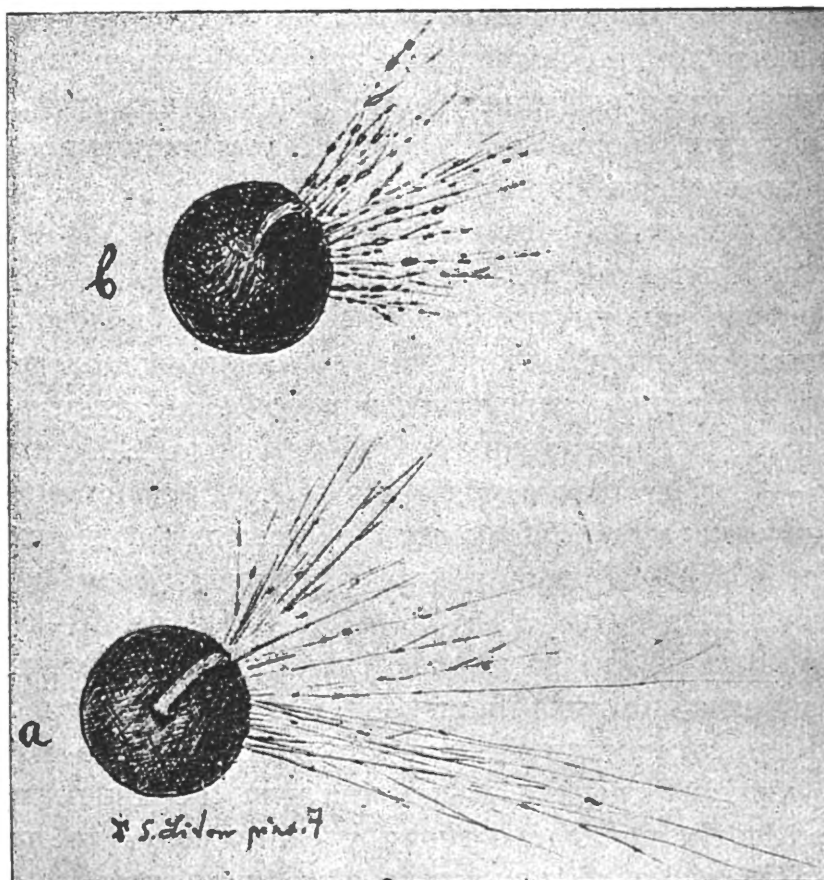
спостерігаємо при звичайних умовах. Ці скорочення нагадують ритмічну працю серця; вони цікаві нам через те, що показують, як під впливом постійного дратівника ефект його виявляється з певним ритмом.

Коли ми візьмемо морську жмутову інфузорію (*Noctiluca miliaris-flagellata*) її будемо держати її на поверхні посудини з морською водою, а потім додамо неміцних хемікалій, то в той мент, як ми додаємо ці хемікалії, *Noctiluca* починає зараз же світитися.

Очевидно, хемічні дратівники здібні викликати збільшену виміну творив, рух і свічення у організмів здатних до цього. Ми не можемо закінчити розмови про хемічні дратівники, не зазначивши надзвичайно важного впливу хемікалій на яйцеві клітини нижчих тварин, що з'ясовано останніми часами. А саме, де-які хемікалії можуть своїм впливом замінити яйцевій клітині те подразнення, що вона одержує від унутрення до неї чоловічого полового елементу, так що лише під впливом хемічних дратівників яйце починає, без запліднення, ділитися, зародок розвивається, як у нормальних умовах при заплідненні насінником (сперматозоїдом). Це явище партеногенезу — незайманого зародження — студійовано на яйцях морського їжака (*Arbacia*), морських зір, молюсків і де-яких робаків. Коли яйце морського їжака покласти в морську воду, концентрація солей якої є підвищена (NaCl , MgCl_2 , KCl) на 40—50%, на дві години, а потім перенести яйце до свіжої морської води, то яйцева клітина починає ділитися й швидко перетворюється в плаваючий гусень. Коли ми помістимо яйця морського їжака в морську воду на $\frac{1}{2}$ —1 хвилину, додамо масної кислоти (масляної, муравинної, оцтової), а потім покладемо знову у свіжу воду, то на яйцях утворюється захистна оболонка така сама, яку витворює своїм унутренням сперматозоїд. Далі ми переносимо яйця в гіпертонічний розчин (більш концентрований) звичайної соли (NaCl), де вони починають ділитись і давати нормальні гусені.

З другого боку, хемічні дратівники здатні викликати пониження життєвих функцій і явища параліжу. До цих дратівників почасти відносяться хемікалії — *narcotica*, *anaesthetica* — алкоголь, етер, хлороформ, хлорал-гідрат. До них приєднується велика група алкалоїдів — морфій, хінін, вератрин, дигіталін, стрихнін, кураре, що впливають або на всі клітини, або специфічно на спеціальні клітини. Здатність понижувати виміну творив довів дослідками Claude Bernard не тільки у тварин, а і в рослин (напр., *Spirogyra*-водоростів).

ність до утворення й до розвитку форм і органів затримується, як це довів той же Claude Bernard, порівнявши проростання насіння під впливом пари етеру з проростанням у нормальних умовах. Поділ клітини затримується, а то й зовсім зупиняється під впливом хлорал-гідрату, що довів Hertwig і ін. Здатність знечуйників параліжувати рух



Legum. Lessonii. З сочкуватої вапневої оболонки виступають цитоплазматичні нитки, а) нормальні б) після хлороформової наркози (Verwundung)

відома. Під впливом хлороформу жива людина лягає на операцийний столик, як мертве тіло, і його можна розрізати, викликаючи жадної реакції. Менш відомо, що й інші тварини можна паралізувати наркотиками. *Mimosa pudica*, що на кожний дотик швидко згортає листки і спускає віночок, під впливом етеру чи хлороформу засинає, і її можна різати на шматки, викликаючи жадного руху листків і віночка. Хінін паралізує рух кров'яних тілець, як це доводить Binz. Сперм

припиняють свій рух під впливом рідкого розчину хлороформу, етеру, хініну, хлорал-гідрату. Алкоголь припиняє свічення *noctiluca* в морській воді.

Особливо цікавий вплив знечульників на клітини центральної нервової системи, що регулюють діяльність органів, викликають рух м'язів і що відчують, розуміють і думають. Морфологічно клітина центральної нервової системи збудована подібно до амеби, цеб-то, має численні протоплазматичні виростки, якими вона доторкається до виростків інших нервових клітин, витворюючи, таким чином, замкнуті ланцюжки, зладжені хори. Під впливом знечульників клітина втягує свої виростки, й ланцюжки розмикаються. Такий самий вплив мають знечульники і на сильно розгалужені ниточки фальшивих ніжок-псевдоподій одноклітинних тварин-кореніжок — *Rhizopoda*. Хоч праці останнього часу і намагаються довести неправдивість цієї теорії (Weil, Frank), але все таки вона знаходить багато прихильників, що пояснюють втягуванням виростків справжній і штучний сон, параліж при істерії та інше (Lepine, Duval, Solvay, Demoor, Querton). Нервові стебла значно трудніше підлягають заморенню, ніж нервові клітини, однаке й нервове стебло може бути цілком паралізоване під впливом етеру чи хлороформу; тоді нерв губить не лише свою вразливість, але й свою здатність проводити подразнення. На цьому ґрунтується, т. зв. місцева анестезія, наприклад, при вириванні зуба анестезують нерви кокаїном. В сучасний мент існує велика тенденція робити операції під місцевою анестезією, головним чином, новококаїном. При цьому хворий зостається в повній приємності й може читати роман в той час, коли йому відрізують руку чи ногу.

Осмотичні подразнення.

При дослідах подразнення живої субстанції збільшенням чи зменшенням осмотичного тиснення дуже тяжко в'ясувати, що саме треба вважати за це тиснення, а що за хемічну зміну зокілля живої субстанції. Можна визнати, що всяке збільшення осмотичного тиснення, як що воно тримається в певних межах, підвищує вразливість живої субстанції й само викликає явища подразнення. Коли, наприклад, жабу промивати через головну судину — аорту 2—5% розчином звичайної соли, то від клітин центральної нервової системи відбірається одразу багато води, й разом з тим з боку центральної нервової системи ми помічаємо надзвичайно різкі явища подразнення.

Воно подібне до того, коли-б ми отруїли жабу стрихніном, що викликає у тварин дуже сильні корчі. Так само подразнюючи впливає на м'язи й нерви висихання. Навпаки, збільшення води в тканинах знижує вразливість і викликає параліж.

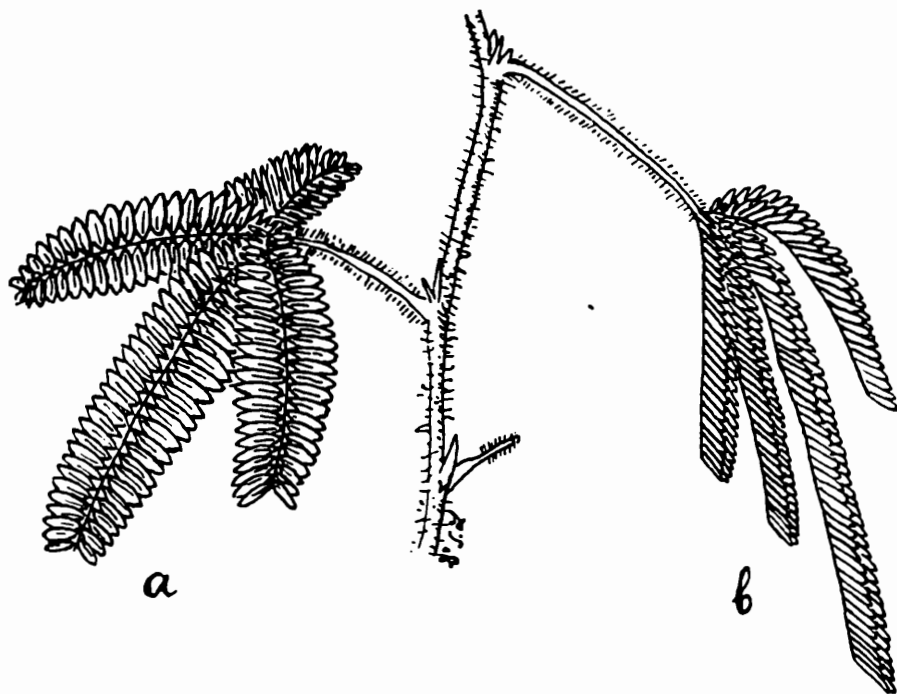
Механічні подразнення.

Ми можемо впливати на живу субстанцію механічними дратівниками в формі збільшення або зменшення тиснення, товчка, струсу, яким можна надати силу різної величини від самого легкого до цілковитого розчавлювання живої істоти. Можна також механічному агентові надати ритмічний характер. Як і хемічні, так само й механічні подразнення впливають на виміну творив, на перетворювання енергії, на продукцію світла. Так на *radiolaria*, *actinosphaerium Eichhorni* й на *thalassicola nucleata*, що живуть у морі, можна добре спостерігати виділення слизнястих мас псевдоподіями під впливом струсу; при збільшенні сили цих струсів слизнясті маси стають густіші й твердіші.

Як що злегка доторкнутись голкою до амеби, що повзе під мікроскопом, то вона втягує в себе псевдоподії, й рух припиняється. Під впливом механічного подразнення кореніжки *Hyalops* протоплазма її робиться виразно комірковою; в досить суцільній матерії витворюються порожнявки, а це визначає скорочення протоплазми. Вплив струсу й товчків на одноклітинні жмутові тварини виявляється в тому, що, наприклад, спокійна *Reganeta*, яка плаває за допомогою свого жмуту, під впливом товчка робить сильний удар жмутом, що змінює напрям її руху. Вся покрита волосками *ragamesium*, волосковата інфузорія, що плаває через рух цих численних весел, волосків, одразу прискорює свій рух, як що дати товчок по столику мікроскопа. Скоро після того вона повертається до попередньої швидкості руху. Інфузорія *pleuronema chrysalis*, що звичайно спокійно лежить у воді, від товчка робить удари волосками, що вона ними вкрита, й скаче, як блоха. У інфузорій, що мають вигляд келиха, прикріпленого до довгої ніжки стебла, а в стеблі проходить м'язовиточка (*myoide*), — під впливом механічного подразнення вмиє скорочується її м'язове стебло, що закручується спіраллю (*vorticella*, *carchesium polypinum*, *stentor*).

Пересмужисті м'язи вищих тварин також подразнюються механічними агентами. В дослідях над м'язовим препаратом жаби або іншої тварини нам вдається ударом чи штихом викликати скорочення

м'язу. Так само при операціях на людині кожний хірург спостерігає частинне скорочення м'язових волоконців під впливом штихів чи врізів ножем. Багато рослин дуже вразливих до механічних подразнень. Сюди відносимо в першу чергу т. зв. плазовиті чи виткі рослини, вусики котрих мають надзвичайну вразливість. Як тільки вершок вусика доторкнеться до якого-небудь предмету, зараз же, наслідком однобічного спорожнення води з клітин вусика, виникає закручування; вусик оповиває цей предмет, до якого він і прикріплюється.



12. *Mimosa pudica*: а) гілля в нормальному стані б) гілля під впливом подразнення опущені, а листячка складено (Verwornt).

Також і стебла листів, на зразок вусиків, можуть обхоплювати інші рослини (напр., *Clematis*).

Соромлива мімоза (*mimosa pudica*) тому й одержала свою назву, що на всякий, хоч і дуже легкий, дотик зараз же відповідає рухом — складає свої листя й опускає гілля, приймаючи те положення, в якому вона спить у ночі чи під впливом заморення. Цілий ряд вищих рослин відживляється комахами, котрих вони надзвичайно швидко й вправно ловлять, захоплюючи їх спеціально збудованими для цього листками; ці листки мають форму глечиків, шпичків чи подвійних листків, що швидко складаються. Сюди належать, наприклад, *Drosera rotundifolia*, *Nepenthes villosa*, *Pinguicula*, *Utricularia* та інші,

до тридцяти родів різних рослин, т. зв. комахоїдних. Комаха, що сідає на листок *drosera rotundifolia*, механічно викликає спочатку згортання листка, а потім виділення відживних соків із залоз листка. Ці соки перетравлюють захоплену тварину, й субстанції, що корисні для відживлення рослини, втягуються. Залишається лише неперетравлений хітин, що витворює кістяк комахи. Тоді листок знову розгортається й ловить нову жертву.

Механічними агентами, крім руху, викликається ще й продукція світла. Так морські тварини, що здібні продукувати світло, в спокійному стані не світяться, але при кожному русі, наприклад, човна, удара веслом, хлюпанні хвилі, починають світитись світлом з чудовою флюоресценцією. Той самий експеримент можна зробити й зі склянкою морської води у себе вдома, порушуючи скляним патичком цю воду; тоді незчислений світ — *postilusa*, *radiolaria stenophora* — відповідає яскравим світлом на кожний рух патичка.

Механічні агенти можуть, як і хемічні, викликати явища параліжу. Так, довгі й правильні струси затримують або й зовсім припиняють розплід бактерій. Вказують також, що рух *Diatomea* й *Oscillaria* припиняються під впливом струсу. Довге, відповідно сильне тиснення на нерв викликає параліж цього нерву; це знає кожний, коли «відсижує» ногу. Параліж сідального нерву, що в даному випадку настає тимчасово, виявляється в страченні чутливості й в страченні рухливості тими м'язами, які занервлює сідальний нерв. Те ж саме ми спостерігаємо на промінному нерві руки, що досить часто перетискається при незручній положенні під час сна. Неможливість розігнути руку й пальці дуже лякає людину, що не присвячена до медицини. Звичайно, такі параліжі від тиснення проходять без наслідків через скільки годин.

Т е р м і ч н і д р а т і в н и к и .

Для численних хемічних процесів, Van't Hoff відкрив ось яку закономірну залежність між зміною температури й швидкістю хемічних реакцій. Швидкість хемічних реакцій збільшується в 2—3 рази при кожному підвищенні температури на 10°C . Ця сама закономірність, у певних межах, правдива й що до різних виявів життєвих функцій. Що до температурних дратівників, то встановлюється таке твердження: 1) при підвищенні температури інтенсивність життєвих явищ збільшується до певної точки, поки не настає теплове задубіння живої субстанції, цеб-то, параліж усіх функцій; 2) при

зниженні температури інтенсивність життєвих явищ понижується до повного припинення, поки не настає задуління від холоду.

Закономірність Van't Hoff'a стверджується для життєвих явищ надзвичайно точними дослідками над асиміляцією CO_2 зеленими частинами рослини. Як приклад прискорення чи затримання творення форм, закономірність доведена дослідками над розвитком яєць жаби та яєць морського їжака. Так само це доведено на живчикових порожнянках інфузорій і на частоті скорочень серця ссавців. Що висока температура впливає на скорочування серця у людини й робить їх частішими, відомо кожному з вас з власного досвіду. Вплив підвищення температури на виміну творива в рослинних і тваринних організмах може бути досліджений з математичною докладністю, через те що витвори виміни творива цих організмів підлягають дуже докладному обчисленню.

Зовсім докладно доведено, що при підвищенні температури збільшується розпад CO_2 , витворення крохмалю й білковини рослинами. Для зимнокровних тварин, почасти для слимаків, доведено експериментальним способом, що виміна творива збільшується при підвищенні температури, а разом з тим збільшується й кількість потрібного організму кисня. Але як-раз теплокровні тварини становлять в цім відношенні вражаючий виімок, що здається парадоксальним. А саме: у теплокровних тварин зниження температури зокілля викликає підвищення виміни творива, й, навпаки, підвищення температури зокілля викликає зниження цієї виміни творива. Справа полягає в тому, що теплокровні тварини здатні утримувати температуру свого тіла на певному рівні незалежно від температури зокілля. Для цього вони мусять вміти продукувати в одиницю часу більшу, ніж звичайно, кількість теплових калорій, якщо температура зокілля спадає й навпаки. Вони мусять через це мати приладдя для регуляції продукції тепла. Таке приладдя закладене в теплокровних тварин у великому мозку, й механізм його пускається в рух чуттям тепла чи холоду, яке проводиться до мозку від шкіри периферичними нервами, що відчують зміни температури зокілля.

Вплив підвищеної температури на творення форм вистудіювано на рослинних і тваринних об'єктах. Так, насіння рослин починає проростати лише при певній мінімальній температурі; насіння маїсу — кукурузи — при 9°C , фінікової пальми — при 15°C . Починаючи від певної мінімальної температури, проростання насіння збільшується аж до $30\text{—}40^{\circ}\text{C}$. Сінна баціла починає рости при температурі

6° С і швидко розплоджується до t° 36 ступнів С. Бактерія туберкульози починає проростати при t° 28° С і найшвидче росте при t° 37—38° С, цеб-то, при тій температурі, що її має організм заражених тварин. Здібність нижчих рослин, а саме бактерій, цеб-то, ахлорофілових водоростей, витримувати надзвичайно високі й низькі температури так дивна й має таке велике практичне значіння, що я мушу зупинитись на цьому довше.

Через те, що білковинні субстанції тужавіють при температурі 55—60° С, можна було б сподіватись знищення всіх організмів при такій температурі. Одначе, численні бактерії витворили захисні приладдя в вигляді оболонок, особливо у спор бактерій, — що дозволяють витримувати ще вищі температури. Правда, бактерії холери чи кокк'и гниття (*staphilococcus* й *streptococcus*) гинуть при температурі 54—60° С, на цьому основується можливість захисту себе від холери. Але вже баціли туберкульози витримують нагрівання до 70° С й навіть до 100° С, цеб-то, до температури кипіння води. Спори злісного напливу (*oedema malignum*) в звичайних умовах витримують температуру до 100° С, але коли їх перед тим висушити, то й до 120° С. Спори сибірки (*anthrax*) в сухому повітрі гинуть лише після тригодинного перебування в температурі 140° С. В хірургії та бактеріології вважають за доведене, що лише температура 120° С при тисненні двох атмосфер, знищує все живе, й субстанції, що підлягли такому фізичному впливові, вважаються за відзаразнені. Так само здібність рослин витримувати низькі температури дуже різна. У деяких явноквітних рослин південних країн протоплазма гине при 0° С, тоді як лишай, деякі щільні гриби, *diatom*'и, мохи, печінкові вітринці, омела, пташиний клей витримують дуже низькі температури. Зимові бруньки дерев витримують низьку температуру через те, що вони сухі. Взагалі, що сухіший ростинний організм чи частина організму, то краще вона витримує низьку температуру. Так зерна гороху й жита без шкоди для себе витримують охолодження до — 70° С. Відношення бактерій до холоду досить різне, але й тут вони досягають вищого ступня витривалости. Баціли сибірки ростуть при температурі не нижче +12° С, баціли туберкульози припиняють ріст при +30, +32° С. Але мікроорганізми, що світяться, живуть у льоду, які взагалі не є вільний від різних мікроорганізмів. Коло чотирнадцяти родів їх добре росте при 0° С. Досліди Picktet й Joung'a довели, що баціли сибірки витримують протягом 108 годин температуру — 70° С, двадцять годин температуру — 130° С. Баціли туберкульози

добре витримують охолодження до -110°C . Але при ступневому охолодженні й ступневому відогріванні вищі організми також можуть витримувати низькі температури. John Franklin 1820 року під час своєї полярної експедиції бачив, як зовсім заморожені коропи при ступневому відогріванні оживали й плигали на огні, а нутроці інших сецірованих коропів уявляли з себе заледенілу масу, що ціла виймалася. Pictet'ові вдалося так заморозити риб — окунів — при -15°C , що вони ставали як лід і легко розколювались на шматки, а при ступневому відогріванні оживали й весело пливали в воді. При охолодженні -20°C риби гинули зовсім, жаби витримували -28°C , тисяченіжки — -50°C , слимаки — -120°C . Останні праці над бактеріями показали ще більшу їх живучість, а саме: бактерії холери й сибірки витримували температуру рідкого повітря -190°C від одного до семи днів, не гублячи своєї заразливості. Хоч Mac Fadyen, працюючи з рідким воднем, досягав температури -252°C , однак він не міг досягти межі припинення життя культур бактерій. У цих надзвичайно низьких температурах, що відрізнялися від гіпотетичного зера лише на двадцять один ступінь Цельсія, бактерії, не дивлячись на десятигодинне перебування в такій температурі, не губили своєї життєздатності. Подібні досліді були зроблені й над теплокровними тваринами й частинами їх тіла. Заморожували й через декілька годин відогрівали серця теплокровних тварин, при цьому зберігалась їх здібність до скорочування, цеб-то, вони були живі.

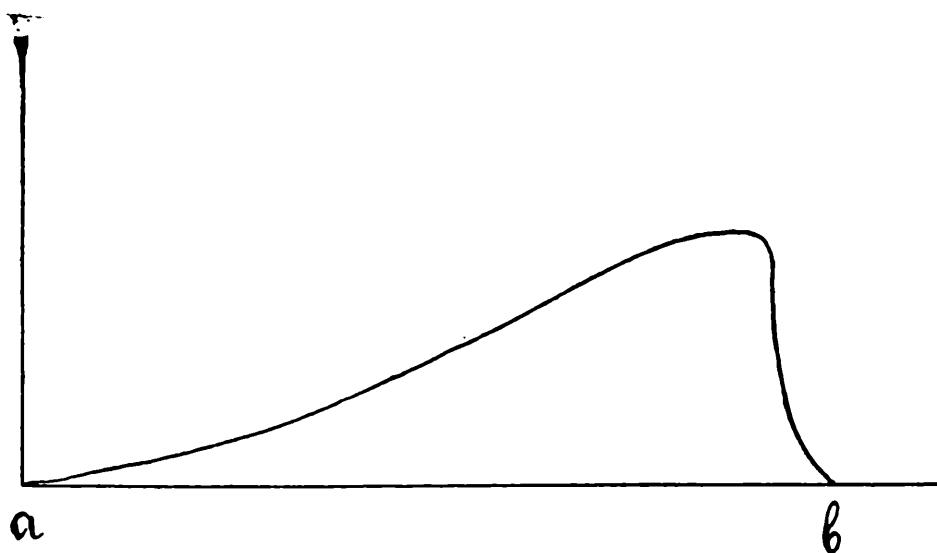
Зміни температури, як дратівники, впливають так само й на перетворення енергії в організмах, особливо на їх рухливість. Закономірність між підвищенням температури й збільшенням рухливості і тут стверджується. Так, протоплазмові рухи амеби з підвищенням температури стають жвавішими, а при $+35^{\circ}\text{C}$ амеби впадають у стан найсильнішого скорочування. Так само відносяться й корненіжки, левкацити ріжних тварин і токи протоплазми в ростинних клітинах. Так званий мигтучий рух волосків натканця вищих тварин або волосків інфузорії збільшується в інтенсивності й швидкості під впливом підвищення температури. Волосинчасті інфузорії при температурі $+25^{\circ}\text{C}$ літають туди й сюди під мікроскопом з прудкістю стріли, а при $+30$ — 35°C вони рухаються немов скажені. Аналогічно до цього відносяться й пересмужисті м'язи. Якщо прив'язати в 0,75% розчині звичайної соли м'яз жаби то, починаючи від $+28^{\circ}\text{C}$, м'яз у міру нагрівання розчину що-раз більше скорочується, й при $+45^{\circ}\text{C}$ це скорочування досягає максимуму. Зовсім не так, як

підвищення, впливає зниження температури на живі організми, а саме: при зимовому холоді виміна тварина в більшості рослин зовсім припиняється. Рух амеб при температурі, що трохи вище 0°C , припиняється. Протоплазма дубіє від холоду й застигає в тій формі, в якій він її захопив. При ступневому нагріванні протоплазма знову стає життєздатною. Як що знизити температуру ще нижче, ніж рівень задубілості, то життя припиняється назавжди. Цей *minimum* температури у різних організмів є різний, як це ми бачили вище. Так, амеби гинуть при температурі нижче 0°C , а бактерії, за дослідями Pictet й Mac Fadyen'a, витримують охолодження до -200°C й -250°C . Досі нам не вдалося ще визначити того низького рівня температури, на котрому всяке життя стає неможливе. Питання це має велике значіння при студіюванні початку життя на землі й можливості перенесення зародків життя з інших планет через холодні світові простори. Не лише зниження температури, але ж і її підвищення, доводить життя до задубілості й параліжу. Так вже серед вищих тварин спостерігаємо зимову спячку від холоду й літню спячку від спеки.

[До летаргії подібне особливе фізіологічне явище т. зв. *сплячка у тварин*. Це явище полягає в тому, що багато тварин при умовах, що не сприяють їх життю, тимчасово впадають у стан більш-менш повної одубілості. Одубілість ця може нагадувати доволі глибокий сон, що може припинитись, коли ми тварину збудимо. Зимова сплячка у ведмідів полягає в цілковитому припиненні всіх функцій, крім надзвичайно поверхового дихання й слабих, ледве помітних скорочень серця, що підтримують мінімальну виміну тварина й теплопродукцію, яка не дозволяє, однак, температурі тіла впасти нижче нуля, як це спостерігають під час зимової сплячки у гризунів-бабаків, овражків. У де-котрих тварин, напр., у плазунів (рептилій) й безхребтових, разом з зимовою сплячкою помічають цілковите, правда тимчасове, припинення виміни тварина. Цей стан зовсім не зв'язаний з пониженням температури. Про це свідчить той факт, що в тепличинах на багато родів тих самих груп тварин знаходить зимову сплячку саме під час сухого періода року, хоч все ж ці тварини при цьому вживають можливих заходів, які захищали б від висихання. Крокодили й гадюки, напр., закопуються в мул. Подвійнодихаючі риби роблять в цього мулу спеціальні капсулі. У безхребтових тварин в де-яких групах здібність до сплячки досягає найбільшого ступня тому, що їх організм при-

стосовується не лише до тимчасової перерви життєвих функцій, але й до таких змін, як цілковите висихання. Ці тварини, до котрих належать округлі робаки (*Anguillulidae*), можуть висихати до стану мумії, переноситись разом з порошком й знову оживати, як тільки попадуть у вохке місце. Подібне явище називається анабіозом, а стан цілковитого припинення життєвих функцій — *vita minima*. В такому стані — *vita minima* знаходяться й насіння рослин до часу проростання, а також і спори грибів. Такому стану підпадають при несприятливих умовах і волосинчаті інфузорії, що здібні інцистируватись, а також і численні бактерії, особливо анаероби, що перетворюються в т. зв. спори].

Яйця морського їжака, що знаходяться в стані поділу й нагріті до $+30^{\circ}\text{C}$, у цьому стані й дубіють. Амеби, нагріті до $+35^{\circ}\text{C}$, також дубіють і приймають вигляд круглих мас; мигтючі рухи клітин слабшають і припиняються в стадії скорочення. Якщо після короткого впливу високої температури її знизити, то протоплазма поволі відживає. Якщо ж вплив високої температури буде довший або дуже сильний, то життя й назавжди припиняється. Отже дві межі — холод і спека приводять, нарешті, до того самого. Життя протоплазми відбувається в певних визначених межах, що дуже різні для протоплазми різних істот. Кожна істота має свій температурний *optimum*, свій *minimum* і свій *maximum*, при чому *optimum* ближче до *maximum*'а, ніж до *minimum*'а. Крива подражнення при дратівниках температурних має такий вигляд:



13. Крива зворушення при підвищенні температури; абсциса означає температуру; ордината силу зворушення; а) задубіння від холоду; б) задубіння від жару.

Накреслену криву треба розуміти лише як схему впливу різних температур на протоплазму. Під впливом optimum'а всі життєві явища досягають найбільшого напруження, гармонічно впливаючи одно на одне. Не треба лише забувати, що різні температури до певної міри різно впливають на неоднакові феномени життя, а через це повторюємо, що ця крива є лише схема, а не математичний вираз впливу різних температур.

Раніш, ніж закінчити питання про вплив температури, скажемо де-кілька слів про т. зв. термоморфози. О. Hertwig'ові вдавалося розвивати яйця жаби при різних температурах, при чому перегрівання викликало спочатку різні потворності; а перегрівання в пізніших стадіях розвитку викликало численні термоморфози, цеб-то, зміни барви, великості, форми тіла у різних тварин під впливом змін температури. Найкраще ми спостерігаємо це в змінах барви, що відбуваються в крилах метеликів, коли при високих температурах вона приймає особливості, властиві південним барвам. До впливу високої температури треба віднести також тепловий і соняшний удари, що досить часто спостерігають на людині під тропіками і в великих містах з їх розпеченими каменицями й бруками (Париж, Нью-Йорк). Соняшний удар легко викликати експериментально на тварині; для цього треба прив'язати її на соняшній спеці так, щоб вона не могла рухатись. Характеристичне при цьому велике зворушення й корчі. Смерть настає нагло або через скільки годин чи днів. У випадку видужання часто залишаються психози й параліжі.

ГЛАВА VII.

Проміньові дратівники.

Вплив промінів світла. Найбільш розповсюджені в природі проміні світла з довгими хвилями. В межах від 400 до 800 $\mu\mu$, цеб-то, від червоного до фіялкового кінця спектру, проміні, роблячи від 380 до 760 коливань у секунду, приймаються оком як світло. Найбільш довгі є проміні інфрачервоні (800 $\mu\mu$), а найкоротчі (400 $\mu\mu$) є ультрафіялкові. (Згадаємо, що 1 $\mu\mu$ є одна мільйонна частина мілі-

метра). За червоними промінями знаходяться проміні з ще більшою довжиною хвилі — теплові проміні, яких око не в силі помітити, й про які ми можемо дізнатись із впливу на термометр. За фіялковими промінями знаходяться проміні з короткою довжиною хвилі, присутність яких доводиться хемічними реакціями — це хемічно діючі проміні. Всі джерела світла дають не лише певний рід промінів, а завжди більш-менш складну мішанину їх, що відчувається оком, як білий колір. Джерелом світла (не рахуючи явищ фосфоресценції й флюоресценції) є завжди розпорошені частинки яких-небудь тіл. А якість світла залежить, як від висоти розпечення, так і від особливостей розпеченого тіла. Найважливішим джерелом світла, поодиноким, що має значіння в природі, є сонце. Від часу розвинення електрики ми маємо світло також від дугових ламп з інтенсивністю промінів значно більшою, ніж у соняшних промінів, що спадають на земну кулю.

Світло дугових ламп надто багате на ультрафіялкові проміні, особливо коли джерелом світла є розпечені частинки заліза, магнія, кадмія чи цінку. Вплив теплових промінів світла, цеб-то, промінів з довгими хвилями, є вплив тепла на живі організми, що ми вже розглянули. Проміні з короткими хвилями, цеб-то, світляні проміні, якими вони бувають у природі, мають ту особливість, що реакція на них багатьох живих субстанцій малопомітна або й зовсім непомітна, тоді як хемічні, механічні, термічні й електричні проміні впливають на всі живі субстанції. У вищих тварин чутливі зорові клітини реагують лише на ті проміні світла, що мають довжину хвилі 400—800 μm . Решта ж клітин вищих тварин не подразнюється світлом. Навпаки, серед одноклітинних істот є багато таких, що реагують на проміні світла і не мають спеціальних для цього органів. А рослини, що мають хлорофіл, і протисти здібні реагувати на світло. Таким чином, між ступнем розвитку організма й реакцією на світлові проміні існує немов-би відворотна пропорціональність. Вплив звичайного сонячного світла на людину викликає підвищення загальної виміни творива й корисно впливає на нервову систему. Незначний вплив цих промінів на клітини тіла викликає збільшення каріокінетичного поділу їх і витворення та відкладання смаги й ластовиння. При великій інтенсивності світла маємо знижену життєву діяльність клітин, процеси їх дегенерації й запалу в формі соняшної поразки.

Коли від звичайних, видимих світляних промінів ми перейдемо

до промінів з ще коротчою довжиною хвилі, цеб-то, до хемічних промінів, що ми маємо в великій кількості при користуванні електричними дуговими лампами, — то тут ми будемо мати образ, що значно відрізняється інтенсивністю свого впливу. Це сліпуче чи, вірніше, руйнуюче світло, з яким стикаються робітники в електричних майстернях, надзвичайно сильно впливає на клітини тіла; шкіра цих робітників на непокритих місцях легко підлягає змертвінню, або тяжкому запальному й уразковому процесові. Це повстає не від впливу теплових промінів світла з довгими хвилями, а від хемічних, з короткою довжиною хвилі, промінів. Це легко довести експериментально, коли ми виключимо вплив теплових промінів яким-небудь тепловим фільтром. Hertel'ові вдалося експериментально вистудіювати вплив промінів з короткими хвилями, що лежать далеко в ультрафіолковій частині спектра, а саме, проміні з довжиною хвилі 280μ . На різних об'єктах: бактеріях, інфузоріях, кишкоропорожнєвих (coelenterata), робаках, м'якунях, амфібіях і рослинних клітинах йому вдалося викликати цими проміннями почасти паралізуючий, почасти подразнюючий вплив. Також і складові гістологічні частини нервової системи підлягають простому впливові цих промінів.

Hertel'еві вдалося з'ясувати, крім того, чому видимі світлові проміні, в багатьох випадках, не впливають на організм. Це залежить лише від того, що проміні з довгими хвилями дуже мало або й зовсім не втягуються живою субстанцією. Взагалі, можна сказати, що втягування промінів організмами знаходиться у зворотній пропорційності до довжини хвилі проміння. Hertel'еві вдалося показати саму суть впливу промінів з короткими хвилями на організми; суть його в т. зв. редукції злук, які мають кисень, чи в т. зв. реакції поновлення. Ця реакція полягає в тому, що від окиснених злук відбирається кисень, злуки ці роскиснюються, чи, як висловлюються, поновлюються. Отже досить правдоподібно, що загальний вплив промінів світла на живу субстанцію полягає передусім у впливі на виміну кисня. Це загальне твердження можна розширити й поширити на працю промінів світла в рослинних організмах. Там, як вам вже відомо, за допомогою соняшних промінів твориться хлорофілом велика праця поновлення чи редукції окисненого до ступня CO_2 вугля. Отже ми підійшли з вами до розуміння одного з важніших явищ світової виміни творива — до розуміння праці поновлення світловими проміннями та її великого значіння. Подивімось тепер

на де-які подробиці. Вже раніш ми докладно зупинились на впливі соняшних промінів на хлорофілові зерна, що за допомогою енергії соняшних промінів розщеплюють CO_2 на вугіль і кисень. Потім з одержаного вугля й води, з розчиненими в ній солями, ці зерна будують синтетично першу органічну злуку, перший витвір асиміляційної виміни творива — крохмаль, що через нього відживляється все, що існує на земній кулі. Але цього ще мало. Вплив світлових промінів є умовою можливості витворення зеленої субстанції хлорофіла. Дослід показує, що з насіння, яке проросло в темноті, виростає рослина, позбавлена хлорофілу, й через це не може розщепляти CO_2 та витворювати крохмаль. Отже повстання першого органічного витвору, з котрого потім повстали всі останні органічні субстанції, є виявлення сили — впливу подразнення світловими проміннями сонця. З усіх промінів, що посилає сонце на землю, червоні проміні, цеб-то, з більшою довжиною хвилі, виявляють найсильніший асиміляційний вплив.

Вплив світла на рух тварин студіював Engelman на одній кореножці (rhizopoda) — реломуха, що живе на дні ставів і в багні, де освітлення дуже мале. Вона в звичайних умовах повзає, вигинаючись у напрямі свого руху. При наглім освітленні вона, як і всі голі протоплазматичні тіла, зараз же скорочується й приймає круглу форму. Так само вона реагує й на інші подразнення. Як що ми будемо потрохи збільшувати освітлення, то реакції не буде. Відкриті тим самим ученим Engelman'ом *bacterium photometricum* дуже чутливі до світла, через що й одержали таку назву. Вони при світлі дуже прудко рухаються у воді за допомогою своїх жмутиків, що знаходяться на кінці їх тіла. Як що припинити освітлення, то ці бактерії ступнево припиняють також свій рух; як що знов з'являється світло, рухи починаються знову. Праці Hertel'я з ультрафіялковими проміннями з довжиною хвилі 280μ показали, що численні заразливі бактерії: *bacterium coli*, тифу, холери, вібріони Мечнікова, *bacillus prodigiosus*, *bacillus proteus mirabilis* — спочатку під впливом світла прискорюють свій рух, але через скільки секунд зовсім паралізуються. *Pleurogonema chrysalis*, з волоскових інфузорій, під впливом світлових промінів, особливо блакитного й фіялкового, роблять виразні скоки, тоді як більшість волоскових інфузорій нечутливі до цього дратівника. У згаданих дослідах Hertel'я волоскові інфузорії: *paramecium*, *coepidium*, *stentor polymorphus*, *carchesium* й *epystilis* — спочатку виявляють збільшення руху, а

потім цілковитий параліж. Світло не виявляє жадного впливу на рух пересмужистих м'язів тварин, а пласті м'язи можуть скорочуватись від безпосереднього впливу промінів світла без допомоги нервової системи. М'яз, що скорочує зіницю, *musculus sphincter iridis*, у риб і амфібій складається з пластих м'язів і він все-таки скорочується під впливом світла, навіть як що зіницю вирізати.

Надзвичайно цікаві досліди Hertel'я над впливом ультрафіолетових промінів на центральну нервову систему робаків. У дощового робака проміні ці впливають на черевний нервовий ланцюжок, викликаючи сильне скорочення м'язів, які занервлює цей ланцюжок. Видимі ж проміні світла при цьому досліді не мають жадного впливу. При досліді над другим робаком — *sipunculus* — проміні з короткою довжиною хвилі й звичайні викликають дуже значне скорочення м'язів, цеб-то, подражнення нервового ланцюжка. Цей факт пояснюється просто. Черевний ланцюжок у *sipunculus*'а має велику кількість темного пігменту, що добре втягує проміні світла не лише з короткою довжиною хвилі, але й з довшою, цеб-то, звичайні видимі проміні.

Тепер нам треба розглянути ближче вплив промінів світла на око вищих тварин і людини. Людське око збудоване так само, як фізичний апарат, відомий під назвою *camera obscura*, й складається: 1) з апарату, що переломлює світло, т. зв. переломлюючого осередку ока, який складається з прозорки, сочки, скловатого тіла й з течива, що заповнює собою передню й задню комори ока; 2) з складного нервового витвору сітчанки, що є частиною сірої субстанції-шкорини мозку, що пристосувався до прийняття світлових хвиль. Сітчанка розвивається й у зародку, як випин мозкової субстанції у вигляді двох пухирів, з яких кожний сидить на грубій ніжці. Стінка пухирця перетворюється потім в сітчанку, а ніжка його в грубий зоровий нерв. Сітчанка складається з сімох верств нервових клітин, із яких для нас цікава лише верства особливої форми клітин, що звуться ковбочками й паличками.

Проміні світла, пройшовши до ока через зіницю, що може скорочуватись і розширюватись, переломлюються осередками ока й дають на сітчанці зворотні образи предметів. Ми не будемо зупинятись на питанні, чому і як наш мозок приймає зворотні образи, як звичайні, а лише покажемо, що світло подражнює палички й ковбочки. Тут доведено, що під впливом світла внутрішні частинки ковбочок скорочуються, а під впливом темноти ростягуються. Ця реакція знай-

дена в усіх досліджених родів тварини і у людини. Назверхні частинки патицків мають особливий червоний пігмент, т. зв. зоровий багрець чи родопсин, що зберігається в темноті й біліє, руйнується при денному світлі. Зоровий багрець найінтенсивніше відбарвлюється під впливом світла, що має довжину хвилі 530μ ; інше світло впливає слабше. Зоровий багрець зустрічається, очевидно, у всіх тварин, сітчанка котрих має патички. Зоровий багрець, що руйнується, відбарвлюється під впливом промінів світла, в темноті знову поновляється. Це поновлення зорового багреця дає сітчанці почуття чорного коліру в повній темноті, коли на око не впливає жадний зовнішній дратівник.

[Слабіший вплив червоних й інфрачервоних промінів цілком зрозумілий з точки погляду к в а н т о в о ї т е о р і ї е н е р г і ї. Суть цієї теорії полягає у визнанні як би атомової структури енергії. Енергія виділюється тілами не безперервним струменем, але перескоками, окремими невеликими кількостями т. зв. квантами. Величинь кванти залежить від роду промінястої енергії (від кількості колихань в одиницю часу), цеб-то, від місця промінів у спектрі. Зі зменшенням довжини хвилі, коли ми йдемо в напрямі від червоного кінця спектру до фіялкового, кванти збільшуються, цеб-то, відповідають побільшеній кількості енергії. Таким чином, кванти інфрачервоної промінястої енергії значно менші від квант енергії ультрафіялкової. (Хвольсон).]

Параліжуючий вплив світла. Параліжуючий вплив світла видимих світлових промінів є ще недоведений і сумнівний. Явища повільного росту рослин на яскравому світлі й втрата здібности світитись у морських тварин надто складні й недосить в'ясовані; але параліжуючий вплив промінів, з малою довжиною хвилі, є докладно доведений дослідями того ж самого Hertel'я. Ріжні бактерії, інфузорії, рослинні клітини й водорості (diathomeae) швидко параліжуються. Проміні ці здібні швидко нищити різні ферменти, токсини й викликати в відживних осередках хемічні зміни, що роблять ці осередки негодящими для розвитку бактерій. Бактерицидна (що нищить бактерії) сила ультрафіялкової частини спектру 10—12 разів більша, ніж сила решти його частин, а хвиля 280μ довжиною 3000 разів сильніша, ніж сині проміні спектру (500μ). Так само проміні з короткою довжиною хвилі параліжують процес витворення форм, як наприклад, процес розвитку заплідненого яйця морського їжака (*echinus microtuberculatus*). Як що пофарбувати яйця морсь-

кого їжака червоною фарбою — сазіном, то завдяки цій барві яйце починає вбирати й звичайні світлові проміні, що починають тоді впливати на нього параліжуючим способом. Цими дослідями досить добре в'ясовується роля різних пігментів в організмах. Гемоглобін чи субстанція, що обарвлює людську кров, грає супроти хемічних промінів ролю справжнього фільтру, наче червоне скло фотографічних лихтарів, і перешкаджає хемічним промінням в'ятруватись в глибокі верстви тканин. Через це всі зміни, що викликаються світлом, обмежуються шкірою, поверховими органами й оком, в котрому прозорка й сочка сильно вбирають ультрафіялкові проміні, не пускаючи їх до чутливої до них сітчанки.

Вплив промінів Рентгена. Якщо з скляної рурки випомпувати повітря до такого ступня, що тиснення його знизиться до де-кількох міліонових частин тиснення атмосфери, й потім через цю, вільну від повітря, рурку перепускати електричну течію, то на катоді з'являться особливі корпускулярні катодні проміні. Корпускулярні проміні відрізняються від решти промінів тим, що вони залежать від переміщення матеріяльних частинок (іонів), носителів позитивних чи негативних електронів. Тоді як швидкість розповсюдження решти промінів однакова й рівняється 300.000 кілометрів у секунду, корпускулярні проміні розповсюджуються в десять разів повільніше. Ці корпускулярні проміні зустрічають в нашій рурці поставлену на їх шляху платинову платівку; вдаряючись об цю платівку, вони викликають вже невидимі оком проміні, X — проміні чи проміні Рентгена. Проміні Рентгена примушують флюорисціювати зеленкувато-блакитним світлом скло рурки, залишаючись невидимими для ока більшости тварин і людини. (Є здогад, що комахи бачать проміні Рентгена — Аксенфельд). Проміні Рентгена мають численні особливості, що їх характеризують. Так вони примушують флюорисціювати де-які тіла, впливають на фотографічну платівку й проходять через непрозорі тіла. Існують тіла, через котрі проміні Рентгена не проходять, і вони проєктуються на екрані або фотографічній платівці, як тіні різної інтенсивности. Ступінь непрозорости для промінів Рентгена взагалі пропорційний атомовій вазі елементів, із котрих складається дане тіло. Досліди над впливом промінів Рентгена на нижчі організми показують слідуєче: чисті расплоди бактерій, наприклад, вібріонів холери й бактерії туберкульози, після одної години впливу промінів, нищатья зовсім. В ростинних клітинах, під впливом промінів, токи протоплазми спочатку при-

скорюються; потім у протоплазмі повстають зміни в структурі, а саме, з'являється багато зерен і порожнявок. Вплив промінів Рентгена на кореніжки й інфузорії ріжний. Одні з них відносились зовсім байдуже до 14-ти годинного впливу промінів, а другі втягували свої псевдоподії й гинули в стані цілковитого скорочення. У де-котрих жмутових й волоскових інфузорій проміні параліжували мигтіння жмутьків і волосків, а потім викликали смерть. При других дослідах Joseph і Provazek спостерігали, що рагатаесіум і *darbnia* уникають промінів Рентгена. Так само ці вчені спостерігали шкідливий і параліжуючий вплив промінів на рухи протоплазми в ростинних клітинах і затримання пульсування порожнявок у інфузорій. Загально можна сказати, що вплив промінів Рентгена на організм зводиться до різкого зниження життєвої діяльності протоплазми: затримка виміни творива, росту, явища подразнення й змертвіння. Ці зміни тим сильніше виявляються, чим клітини й тканини молодчі, цеб-то, чим інтенсивніше їх життєва діяльність. Ці зміни найбільш помітні в тканинах, в яких відбувається розвиток і безперервна фізіологічна дегенерація, а також у витворах хоробливого росту, запальних розрощеннях, наростах і т. д. На цьому ґрунтується тепер лікування де-яких наростів у людини, наприклад, наростів матки — волокняк (*fibroma*) та м'язак (*mioma*), з великим досить успіхом. На організм людини ці проміні впливають, викликаючи важкі запальні й уразкові процеси зі змертвінням шкіри, що лікується надзвичайно тяжко. Окрім цього, спостерігають одночасне зменшення кількості білих кров'яних тілець і атрофічні зміни в органах кровотвору, цеб-то, у костяному мозку, селезні і пасокових залозах. Проміні Рентгена викликають особливі зміни в полових залозах, а саме, гинуть первісні полові клітини (сперматогонії) й залишаються непошкодженими, т. зв., проміжні клітини залоз. Таким чином, заховуючи здібність до полового акту (*potentia coeundi*), знищується здібність давати нащадки (*potentia generandi*).

Вплив промінів Беккереля. Радій. Беккерелеві проміні виникають з особливих субстанцій, до яких належать солі урану, торія, радія, барія й полонія. Бактерицидний вплив промінів радія можна вважати за доведений лише для де-котрих родів бактерій. Так від промінів радія зовсім перестають розпліджуватись культури *micrococcus prodigiosus*, бактерій тифу, холери, сибірки, особливо при довгому впливі цих промінів. Найбільш бактерицидно впливають

α-проміні, що добре втягуються. Останні роки медики багато працюють над питанням впливу радіа на злісні нарости людини (пістряк-сaнсер). Висліди останніх звідомлень дозволяють нам надіятись, що ця нудна хвороба, від котрої не могли рятуватись і найрадикальнішими операціями, мабуть, буде приступна лікуванню промінями Беккереля, що нищать клітини цього наросту. Цей гарний наслідок тим більш тішить нас, що за останні роки занедужання пістряком стають надзвичайно часті в культурних країнах (Англія), а також тішить і те, що чисто теоретичне знання кожний раз приносить гарні наслідки, що стверджує велику думку: «шукайте чисту істину, все инше прикладеться само собою».

Електричні дратівники.

Електрична енергія надзвичайно розповсюджена в природі; так само й електричні явища повстають у всякого вищого організму наслідком процесів нервового зворушення, скорочення м'язів, виділення залоз і т. д. Але в природі і в організмі електрична енергія рідко досягає того напруження, що здібне викликати помітні, до певної міри значні зміни, реакції у живих організмах. Великого напруження досягає в природі лише атмосферична електричність, від котрої повстають бурі, вдари блискавки, а в царстві тваринному — у електричних органах де-яких риб, здатних вражати смертельними електричними ударами вищі тварини до людини включно. Електричну енергію, яку ми одержуємо штучно, й котрою користуємось у техніці й дослідях над живими істотами, ми маємо в формі гальванічної течії, або індуктивної. Як що дві смужки різних металів сполучені одна з одною рідким осередком, то в цих металах виникає неоднакова електричність: у одному металі позитивна, в другому — негативна. Ці дві електричності змагають злучитись, і ось у течиві, в котрому знаходяться метали, виникає течія, що пливе від смужки з негативним набоєм до смужки з набоєм позитивним. Як що ж горішні вільні кінці смужок мають вільний доступ до повітря, то на кінцях обох смужок будемо мати певне напруження електричності (електричний потенціал), але течії не буде, бо повітря поганий провідник електричності. Як що вільні кінці платівок сполучити добрим провідником, напр., мідяним дротом, то зараз же виникає течія, яка пливе від позитивної платівки до негативної. Коли течія увійде до негативної платівки, вона опуститься до долішнього кінця її, а потім через течиво попливе від негативної пла-

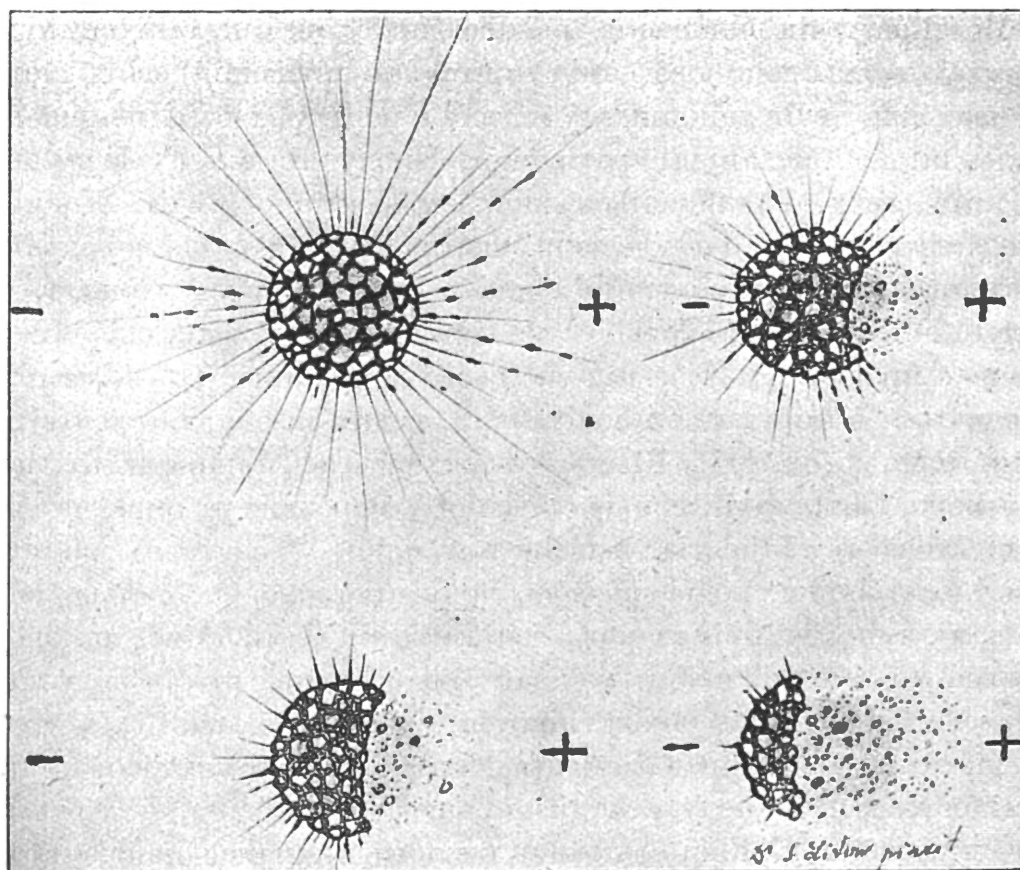
тівки до позитивної, щоб-то, течія замкнеться. Як що ми візьмемо в нашому прикладі мідяну платівку й цинкову, то перша буде з набом позитивної електричності (+), а друга — негативної (—). Течиво, що до нього вставляють платівки, буде вода, підкислена сірчаною кислотою.

В такому вигляді ми матимем найпростішу гальванічну батарею, що дає гальванічна течія, чи, як це принято називати, постійна течія. Окрім постійної течії, в техніці й фізіологічних експериментах вживають ще індуктивної течії. Річ полягає при індуктивній течії ось у чому. Ми маємо спіральню скручений дріт, по котрому пускаємо течію з якоїсь гальванічної батареї, щоб-то, постійну течію. Недалеко від цієї первісної спіralи з її первісною течією маємо другу повторну металеву спіраль, яка зовсім не дотикається первісної. Коли ми будемо стежити за другою спіраллю, то помітимо, що в ній повстає течія лише в мент замикання течії первісної спіralи. Ця вторісна (індукційна) течія є дуже коротка, вона повстає лише в самий мент замикання течії первісної спіralи й зараз же зникає. Як би довго не була течія у первісній спіralі, жадної течії в повторній спіralі ми більш не помічаємо. Але як тільки ми розімкнемо течію у первісній спіralі, в повторній знов повстає течія на дуже короткий час. Отже в повторній спіralі повстає дві течії: 1) течія замикання й 2) течія розмикання. В перервах між ними жадної течії в повторній спіralі не буває, хоч як би не була сильна і як би довго не тривала течія первісної спіralи. Між двома течіями повторної спіralи — течією замикання й течією розмикання — існує ось яка засаднича різниця: 1) течія замикання має відворотний напрям супроти течії первісної спіralи; 2) течія розмикання має той самий напрям, що й течія первісної спіralи.

Найбільше й насамперед студіювали вплив електричної течії на м'язи й нерви. При цьому відкрито де-які важні закономірності. По-перше виявилось, що, коли постійну течію перепускати через живий об'єкт, то не вся частина, по якій пливе течія, зворушується одночасно, а первісно зворушення виникає в точках входу й виходу течії, щоб-то, коло анода й катода, і вже звідсіля розповсюджується по цілому об'єкту. Через це анод і катод — поодинокі дві точки, в яких течія безпосереднє викликає зворушення, щоб-то, вони є точки початкового зворушення. По-друге, перепускаючи постійну течію через руховий нерв, знайшли, що: а) коли замикає течію, то зворушення повстає на катоді; звідсіля зворушення розповсюджу-

ється по нерві, до його закінчення в м'язі, і м'яз відповідає на це подразнення скороченням; b) коли розмикати течію, зворушення повстає на аноді, звідсіля розповсюджується по нерві до м'язу, який відповідає також скороченням. Цей закон «бігунового подразнення» можна представити такою літерною формулою: К. З. С. й А. Р. С. (цеб-то, катод, замикання, скорочення й анод, розмикання, скорочення). Цікаво, що в медицині цією формулою користуються для розв'язання питання: чи здоровий і цілий даний нерв чи ні. Саме при пошкодженнях і хворобах нервів, відповідний м'яз безумовно підлягає атрофії й навіть иноді загибелі, як що загине нерв. Тоді вищевизначена формула змінюється, й ми маємо, наприклад, А. З. С. (анод, замикання, скорочення), цеб-то, так звану, реакцію переродження. В дальшому правдивість закону «бігунового подразнення» була доведена для пересмужистих м'язів, а потім і для пластих. Згодом висловлено припущення, що цей закон розповсюджується на всю живу субстанцію, але при дослідах над нижчими організмами це виявилось неправдивим. Досліди над горною кореніжкою прісних вод *actinosphaerium Eichhorni*, що має довгі, подібні до промінів псевдоподії, показали слідуєче. В мент замикання течії псевдоподії, простягнуті в напрямі течії, скорочуються, і при цьому протоплазма псевдоподій збирається в маленькі кулі й веретенця і пливе в напрямі тіла кореніжки. Навпаки, псевдоподії з простопадним напрямком до течії залишаються в стані спокою. Отже, в мент замикання ми маємо подразнення і коло катода й коло анода; подразнення коло анода сильніше, про що можна вивести з сили скорочення псевдоподій. Як що постійна течія буде діяти довший час, то явища подразнення коло катода дуже швидко зникнуть, і псевдоподії знов приймуть свій звичайний пластий вигляд, а явища подразнення коло анода будуть тривати, аж доки буде плисти течія. Це подразнення виявляється у все більш помітних явищах скорочення. Протоплазма що-далі, то все більш відтягується від анода до тіла, а псевдоподії швидко втягуються. Тепер помітні вже скорочення у самому тілі кореніжки. У протоплазмі помічаються явища розпаду, що тривають, доки пливе течія. Отже, без сумніву, постійна течія викликає у цієї кореніжки явища подразнення, доки пливе течія. В мент розмикання течії розпад протоплазми коло анода припиняється, а в той самий час коло катода помічаються в меншому розмірі явища подразнення в формі скорочення псевдоподій. Як що не розмикати зовсім течії, то тіло корне-

ки, починаючи від анода, все більш розкладається, лише чим далі від анода тим менше. Коли ми пустимо слабу течію, розпад зовсім не відбувається, але як що течія була досить сильна, то врешті все розкладається на групу безформених зерняток. От *Actinosphaerium Eichhorni* при замиканні течії подразнюється біля анода і коло катода; при розмиканні подразнюється лише біля катода, але весь час ми помічаємо подразнення протоплазми, що проходить ток.



Actinosphaerium Eichhorni в чотирьох стадіях полярного зворушення вою течією. На аноді протоплазма розкладається (Verworn).

Аналогічні явища спостерігали у морських кореніжок *actinosphaerium Lessonii* й інші. На мигтучому натканцеві і у тварин в мент замикання постійної течії спостерігають преривання миготіння на обох бігунах. У *amblystoma*, американського хвостатої амфібії при замиканні постійної течії подразнюється біля анода залозуваті клітини шкіри які виділяють білувате речовину. *Pelomyxa palustris* (кореніжка прісних вод) подразнюється

ється при замиканні течії коло анода, а під час розмикання — коло катода. Як що перепускати постійну течію крізь атмоба proteus, що випускає свої псевдоподії в різних напрямках, то вона зараз же приймає форму т. зв. атмоба limaх, цеб-то, форму, витягнуту в довжину. При цьому протоплазма скорочується коло анода, стягується і в ній утворюються характерні порожнявки, зате ж коло катода виникає обмежене поширення, розгортання протоплазми в широку лопать. У рагатассіум ми помічаємо ті самі явища — скорочення біля анода й поширення біля катода.

Постійна течія впливає подразнюючи також і на такі організми, що рухаються за допомогою змін тургора (напруження) своїх частин. Так постійна течія викликає у mimosa pudica ті самі явища подразнення, що й механічні дратівники. Продукція інших форм енергії, крім руху, викликається впливом постійної течії. Докладні термоелектричні виміри показали, що працюючий м'яз скорочується й витворює тепло. Продукція тепла в цьому випадку більша, ніж продукція механічної енергії, а це через те, що зі всієї енергії, яку розвиває працюючий м'яз під час свого чину, лише $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{3}$ частина виявляється в формі механічної праці, решта ж виявляється в продукції теплової енергії. Відомо також, що електричними дратівниками можна викликати явища свічення у морських тварин, що здібні світитися — radiolaria, noctiluca й інші. Зрозуміло, що електричні дратівники, подразнюючи живу протоплазму, сильно впливають на зміну виміни творива в цій протоплазмі. М'яз, що зворушується до великої праці, уживає більш кисня, ніж м'яз у стані спокою; м'яз витрачає також глікоген, продукує більш CO_2 й молочної кислоти, та набирає замість нейтральної або лугової реакції спокійного м'язу кислу реакцію працюючого м'язу. Думають, що саме скупчення у м'язі молочної кислоти викликає явища втоми.

Паралізуючий вплив електричної течії студіювали на мигтучому наскірні зябрових валиків двійчатих скойок. Як що подразнювати ці валики окремими сильними ударами індукційної течії, то довгі волоски валиків завмірають у стані подібному до теплової задубілості; вони згортаються в напрямі вдару течії, припиняючи свій рух і залишаючись в такому положенні тим довше, чим сильніше був індукційний удар. На мигтучому наскірні хребовців часовозначний вплив постійної течії виявляється у слідуєчому: спочатку на обох бігунах помічаємо прискорення миготіння, що росповсюджується на всю міжбігунову смугу. Одначе, при часово-довшому

впливі течії миготіння ступнево слабшає й припиняється згодом на всій міжбігуновій смузі. В чому ж саме полягає вплив електричної течії на живі субстанції? Всяка жива субстанція збудована з надзвичайно складних, а через це і надзвичайно лабільних хемічних злук. Отже ці найбільш складні й лабільні злуки порушуються електричною течією в першу чергу, але, підлягаючи розкладу, вони викликають в організмах явища подразнення. З другого боку, вказують на переміщення течив, що викликається постійною течією, як на причину впливу течії. Carlgren довів дослідями, що у різних мертвих клітин сильні течії викликають явища, що аналогічні з де-якими явищами подразнення й залежать лише від переміщення течива в цих клітинах. У всякім разі, вплив гальванічного подразнення не можна зводити лише до хемічних змін (електролізу) і фізичних явищ (переміщення течив), а тому, доки не переведено докладніших дослідів, треба припустити специфічність впливу гальванічних дратівників. До найцікавіших явищ у царині тваринної електричності відносяться електричні риби, яких начислюємо коло 50-ти родів. Електричний угор (*gymnotus electricus*) у річках південної Америки має коло двох з половиною метрів довжини; електричний сом (*malopterus electricus*) у Нілі й електричні скати (*torpedo marmorata*) мають 30—70 сант. довжини; *torpedo ocellata*, *narcinae* у Середземному морі й ще декілька споріднених родів; нарешті, *torpogyrus* — нільська щука. Ці тварини мають особливі електричні органи й можуть почасти рефлекторно, почасти довільно наносити сильні електричні удари. Електричні органи це змінні м'язи, що інервуються особливими нервами. У електричного сому електричний орган охоплює тіло риби, як плащ. Електрична сила визначається у електричного вугря в 300 V, у других риб вона менша. *Torpedo occidentalis* — коло східно-американського берегу, коло 1,5 м. довжини, збиває своїм ударом з ніг найміцнішу людину. Електричний скат може безперервно зробити від 1000 до 2000 ударів, потім наступає втома органу. Відомий мандрівник Alexander v. Humboldt описав докладно життя й вплив електричних угрів, що живуть у південній Америці і можуть збити з ніг своїми ударами навіть коня. Взагалі треба зазначити, що сильніші течії (від декількох десятків вольт для дрібних тварин і приблизно від 1000 в. постійної течії і від 100 в. — змінної течії для більших організмів) й наглі міцні розряди, що подібні до ударів блискавки, — спричиняють у тварин цілий ряд глибоких змін, иноді й неспецифічного

характеру, як опечення, травма (забій), що нагадують стріляні рани, явища струсу і т. д. При не смертельних ударах блискавки на шкірі людини спостерігають характерні фігури, що нагадують гіллячки дерева, а саме червоні плями, що залежать від параліжу жилкопобудливих нервів шкіри. Вдари в голову завжди смертельні, а в кінчини лише іноді вбивають. Сильні постійні течії, як що їх напруження досягає від 40—70 в. для собаки, 400—500 в. для коня й 1500 в. для людини, вбивають, спричиняючи параліж серця. Змінні течії, як що вони досягають напруження не вище 120 в., спричиняють припинення діяльності серця. Як що напруження дуже високе (вище 1200 в.), змінна течія чинить на організм так само, як блискавка, й також спричиняє параліж дихального центру. Поражених блискавкою вдається врятувати штучним диханням. Вдари блискавки відрізняються між собою різними особливостями й немов примхами. Спостерігали випадки, коли удар блискавки цілком знищував одяг людини, не торкнувшись зовсім людини, але буває й навпаки. Після одного удару блискавки в будинку згнули всі чорнила; у другому випадку удар блискавки витяг усі цвяхи з чобіт, залишивши їх власника непошкодженим. Багато подібних курйозних прикладів ви можете знайти у книжці відомого французького астронома Камілла Фламмаріона.

ГЛАВА VIII.

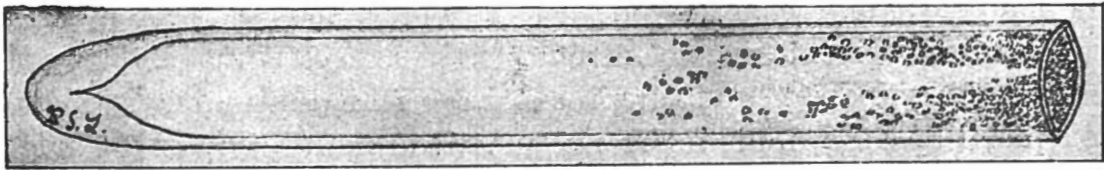
Таксиси чи тропізми.

Як що який-небудь дратівник впливає на організм, що може рухатись, і цей організм відповідає рухом на подразнення чи в сторону дратівника чи в зворотному напрямі, то таке явище називається *taxis* чи *tropismus*. Відповідно до натури дратівника розрізняють: *chemotaxis* (коли діє хемічний дратівник), *barotaxis* (механічний дратівник), *phototaxis* (світляний дратівник), *thermotaxis* (температурний дратівник), *galvanotaxis* (гальванічний дратівник). Відповідно до напрямку руху, розрізняють позитивний таксис, як що живий організм наближається до дратівника, й нега-

тивний таксис, коли живий організм віддаляється від дратівника. Через те, що явища таксису відіграють у житті одно- й багато-клітинних організмів, як рослинних, так і тваринних, значну роль, то ми мусимо розглянути кожний з таксисів окремо.

Хемотаксис.

Явища хемотаксису можна добре спостерігати на простіших слизнястих грибах *Mucor*, а саме на *Oethalium septicum*. Коли плазмодії цього грибка примістити на смужку бібули, один кінець котрої ми всадимо в воду, що вкрита шаром індиферентної олії, то всі грибки виповзуть із води й примістяться на тому кінці смужки, що залишається в повітрі. Грибок виповзає з води вкритої олією, цеб-то, з води, що позбавлена припливу кисня, до повітря, яке є багате киснем. Тут виявляється позитивний хемотаксис кисня. Такий самий позитивний хемотаксис мають і ті субстанції, що ними відживляються ці грибки, а саме: настоянка вичинених шкір. Тоді



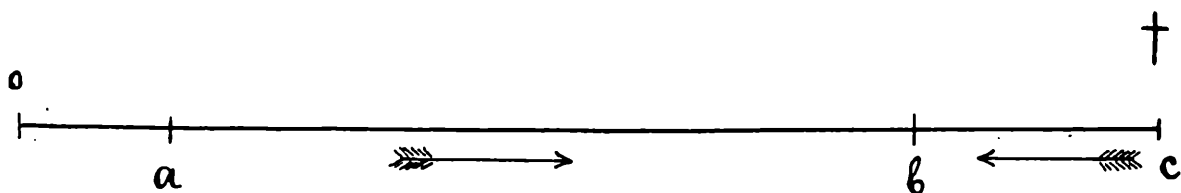
15. Хемотаксис левкоцитів під впливом гнійних кокків. Левкоцити в волосникової рурці, що має в собі стафілококки, збираються коло отвору рурки у вигляді грудок (Verworn).

говорять про *trophotaxis*, цеб-то, приваблювання відживними субстанціями. Дуже цікаві й практично важні спостереження, що їх зробили багато вчених над хемотаксисом білих кров'яних тілець у людини й тварин. Заразливі бактерії, розвиваючись в організмі, виробляють свої витвори виміни творива, отруйливі для організму й що звуться — токсини. Ці токсини мають сильний позитивний хемотаксис у відношенні до білих кров'яних тілець (левкоцитів). Левкоцити масами притягуються до тих огнищ в організмі, де витворюються скупчення бактерій; тут між бактеріями й левкоцитами починається боротьба. Левкоцити вбирають в себе й намагаються перетравити й знищити бактерії, а бактерії з свого боку змагаються до того, щоб отрутою — токсином, виробленим ними, вбити левкоцитів. Коли волосникову рурку, що залютована на одному кінці, наповнити кокками, що викликають процеси гниття — наприклад, *staphylococ-*

ccus pyogenes albus чи *aureus* — і ввести таку рурку під шкіру або в черевну порожнину кролика, то через 10—12 годин ми побачимо під мікроскопом, як численна кількість левкоцитів пройде до середини волосникової рурки й витворить коло її відкритого кінця немов би корок. Левкоцити реагують так само не лише на токсини бактерій, а й на білковини самого їх тіла і на численні білковини небактерійного походження, напр., пшеничної муки, горохового кисіля і т. д. Досліди Ковалевського показали, що левкоцити відоргають важну роль в метаморфозі де-яких комах, коли вони з гусені перетворюються в кінцеву форму (*imago*). Призначені до знищення органи перероджуються, напр., де-які м'язи виробляють при своєму перетворенні особливі субстанції, що сильно приваблюють левкоцитів, і вони швидко пожирають ці органи. Такі левкоцити, що пожирають різні субстанції, мають назву фагоцитів (*phagocitae*). На фагоцитозі збудована відома теорія Мечнікова про боротьбу з заразливими зародками в організмі. Кисень сильно хемотаксично впливає на різні бактерії зі жмутками й на інфузорії. Коли, наприклад, у краплю води під покривальним склом помістити водоріст, що має хлорофіл і здібний тому при світлі виробляти кисень, і в цю саму краплю впускати бактерії-спірохети, то бактерії зараз же щільним кільцем оточать водоріст і братимуть від нього кисень. Коли ж пересунути водоріст, то через 1—2 хвилини всі спірохети знов попростують до нього й оточать його зі всіх боків. Як що переводити дослід таким способом, що одна половина водоросту буде затемнена, а через це й не зможе виробляти кисень, а друга залишиться освітленою, то спірохети скупчатися лише навколо другої освітленої половини водоросту. Як відомо, велика кількість рослин і тварин розвивається з яйцевої клітини, що оплоджується чоловічим половим елементом — сперматозоїдом. Яйцева клітина, звичайно, важка, велика й нерухома, а сперматозоїд малий і надзвичайно рухливий. Яйцева клітина виробляє при своїй виміні творива такі злуки, що мають позитивний хемотаксис для сперматозоїда й приваблюють його. Сперматозоїд має дуже тонку чутливість до жіночого яйця; наприклад, в морі, де плаває безліч яєць, що викидаються різними тваринами, сперматозоїд знаходить яйце саме того роду тварини, до якого він сам належить. Очевидячки, виділь слизнястої оболонки уразу (*uterus*) вищих тварин так само має позитивний хемотаксис для сперматозоїда. Принаймні Loew спостерігав приваблюючий вплив слизнястої оболонки уразу щурів, кроликів і собак на сперматозоїди, тоді як

інші тканини тіла не мали подібної властивості. Сперматозоїди папороти надзвичайно чутливі до неміцних розчинів (0,05%) яблуккової кислоти. Можна припустити, що archegonium, в котрому закладена яйцева клітина, має де-яку кількість цієї кислоти, котрою він і приваблює сперматозоїди в природних умовах.

Як приклад негативного хемотаксису, приведемо відношення інфузорій *anophrys* до звичайної соли. Як що ці інфузорії примістити у краплю води й до краплі з краю прикласти кристалик соли, а потім цю краплю сполучити водяним містком з другою краплею води, то інфузорії почнуть, в міру розчинення соли у першій краплі, покидати її й переходити по містку до другої краплі, доки всі вони не зберуться там. Ступінь чутливості нижчих організмів до хеміч-



16. Схема хемотаксису, а) поріг подразнення; б) optimum; + смерть.

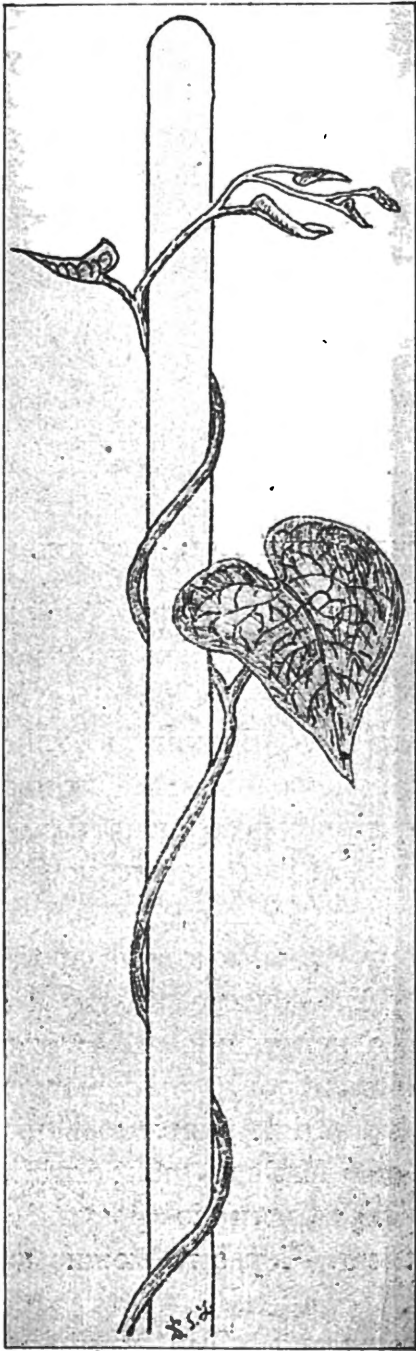
них дратівників видно зі слідуячого. У дослідях над сперматозоїдами папороти виявилось, що вони відчують яблуневу кислоту у воло-сниковій рурці вже в розчині 0,001%. Через це треба тільки мати на увазі, що сперматозоїда заставляє рухатись різниця в концен-трації розчину, яку він відчуває на своєму передньому й задньому кінці, бо коли б субстанція була рівномірно розміщена навколо сперматозоїда, то не було б і гону до руху. Тим однак довжина всього тіла сперматозоїда рівняється лише 0,015 mm.

Із численних дослідів над різними організмами можна зробити ось які висновки: 1) різні хемічні субстанції — часто в дуже малій кількості, мають — одні позитивний, другі негативний хемотаксис; 2) численні субстанції, що в неміцній концентрації впливають по-зитивно хемотаксично, в міцніших концентраціях виявляють на ті самі організми негативний хемотаксис. Тому існує де-який optimum подразнення, до которого організми прагнуть, як із розчинів з більшою, так само і з меншою концентрацією. Через це можна дати таку схему хемотаксису:

Концентрація збільшується зліва направо. При нулі нема зовсім даної субстанції, при + — концентрація її згубна для орга-нізму. Вказівки зазначають напрямки рухів живих істот.

Баротаксис.

Під баротаксисом розуміють реакцію живої істоти, що виявляється в русі, під впливом різниці в тисненні зокілля на різні



17. Позитивний тигмотаксис рослини (Verworn).

частини організму. Як що, наприклад, передній кінець організму довгастої форми знаходиться під тисненням 1 атмосфери, а задній кінець — під тисненням $1+x$ атмосфери, то організм знаходиться під впливом баротаксичного подразнення й може відповідати на нього рухом чи в бік більшого тиснення ($1+x$) — позитивний баротаксис, чи в бік меншого тиснення — негативний баротаксис. Як окремий рід баротаксису, відрізняють подразнення, що повстає від дотику живої субстанції до якого-небудь твердого тіла. Найпростіші приклади thigmotaxis'у дають голі протоплазматичні маси, напр., кореніжки, левкоцити й інші, при чому видно, що легкий дотик дає позитивний таксис, а сильний — негативний. Виразно виявлений тигмотаксис спостерігаємо у витких рослин, у яких вусики й стебла, як тільки доторкнуться до твердих предметів, зараз же починають витися навколо їх і ростуть увесь час далі, тісно притискаючись до цих предметів. Як тільки вусик виткої рослини доторкнеться своїм дуже чутливим кінчиком до якого-небудь твердого предмету, то зараз же наслідком побічного виділення води він вигинається і щільно обхоплює цей твердий предмет. Стебла листків можуть так само, як вусики, обхоплювати інші

ростини (*Clematis*, Kapuzinerkresse). Дуже велику чутливість дотику мають органи квітки, особливо пиляки й рильця. Варто лише нагадати про рухливі пиляки барбарису (*Berberis vulgaris*), кропиви (*utrlica*), волошки (*Centaurea cyanus*), кактусів і т. д., а також замикання де-яких рильців. Про надзвичайну чутливість *mimosa pudica* ми згадували вище. Подібну чутливість можна знайти лише у залозуватих волосинок *drosera rotundifolia* і в половинок листків *Dioneo muscipula*, цеб-то, у комахоїдних рослин, що при найменшому дотику швидко складають свої довгі, чутливі щітинки. Надзвичайно точні й безперервні явища подразнення від дотику виявляють також сперматозоїди звичайного таргану (*periplaneta orientalis*), волосинчаті інфузорії — *oxytricha*, *paramecium*. Ці живі істоти, зустрівши який-небудь твердий предмет в течії, не можуть відірватись від нього й весь час рухаються в безпосередньому стикі з ним. Так при спостереженні під мікроскопом вони весь час тримаються поверхні предметного чи накривального скла, або якогось іншого предмету, наприклад, шматочка бібули, мулу та інше. Взагалі тигмотаксис дуже розповсюджений серед одноклітинних рослин і тварин, що мають органоїди руху (псевдоподії, жмутики, волосинки і т. д.). При цьому у *oscillaria*, *diatomea*, *desmidiacea*, *gregarina*, *coccidia* спостерігають ще під впливом зазначеного дратівника виділення липкого секрету, що допомагає їм держатись на твердому предметі. Окрім тигмотаксису, у де-котрих живих істот спостерігають реакцію на подразнення текучою водою, а саме, нахил рухатись проти течії, так званий *rheotaxis*, коли сама течія не така сильна, щоби просто механічно захопити з собою ці істоти. Це доведено експериментально на плазмодіях слизуватого грибка — *oethalium septicum* й на *paramecia*. Де-котрі досліди показують, що сперматозоїди вищих тварин підлягають реотаксису, через що вони й рухаються в уразі та рурках назустріч яйцевій клітині. Не вважаючи навіть на відворотну течію течива, що існує в цих органах і викликається мигтінням натканця, при цьому відбувається природний добір сперматозоїдів. Плисти проти течії можуть лише найсильніші екземпляри; слабші — або відстають, або відносяться течією в зворотному напрямі. Третьою формою баротаксису є *geotaxis*, цеб-то, таке явище, коли де-які організми чи частини організмів устанавлюють свою поздовжню вісь в напрямі до центру або від центру земної кулі, цеб-то, певним способом реагують на силу земного тяжіння. В цьому випадку дратівником є та безмежно мала різниця тиснення чи тя-

жінни, що існує в точках різних рівнів води або повітря. Найясніше geotaxis виявляється у рослин; коріння має позитивний geotaxis, а стебло негативний. Через це коріння змагає рости завжди в напрямі до центру земної кулі, а стебло у відворотному напрямі. Нарешті, листки, а часто і гілля, що майже завжди ростуть тангенціально до поверхні землі, виявляють тангенціальний геотаксис. От через що ні садівник, ні сіяч не турбується за те, яким кінцем западає в в землю насіння тої чи іншої рослини. Не турбується за це й сама природа, розкидаючи насіння численних рослин при допомозі вітру, води й тварин. Це важке явище відоме вже віддавна, але до розуміння самого явища і до розуміння причин його дійшли лише через вивчення спеціальних органів у стеблі й коріні. Ці органи правдиво порівнюють з органами рівноваги у тварин. Спеціальні органи, що відчують земне тяжіння, збудовані в рослин при допомозі зерен крохмалю — зерна статоліти. На вершках корінців, у стеблі й комірках листків знаходяться клітини й цілі групи клітин з рухливими в середині їх зернами крохмалю. В стеблі ці статоліти (клітини з рухливими зернами крохмалю) сполучені в кільце, що складається лише з одного шару. Протоплазма цих клітин тонким шаром прилягає до стінок клітини. Як що зерна крохмалю, як напр., у статолітів коріня, лежать на спідній стінці клітини, то вони відповідним способом тиснуть на неї. Як що змінити положення коріня, то, природно, крохмальні зерна перемістяться в клітині й будуть тепер тиснути на другу стінку клітини, цеб-то, на верхню, коли ми поставимо корінь вершком догори, — чи на бокову, коли ми корінь покладемо поземо. Це тиснення на тонкий шар протоплазми клітини впливає як подразнення не лише на дану клітину, але й далеко по-за її межами. Під впливом цього подразнення корінь відповідно змінює напрям свого росту, згинається, і вершок коріня знов простує до низу, до центру земної кулі. Явища геотаксису спостерігали й на одноклітинних організмах, що існують вільно, напр., на інфузоріях і бактеріях. Коли помістити до вальцевої посудини просто-вісно поставлені рагатаесіа, то вони всі здіймуться до гори й зберуться у горішнього кінця цієї посудини незалежно від того, чи вона закрита чи відкрита, тоб-то, незалежно від впливу на них кисня повітря. Отже рагатаесіа мають негативний геотаксис. Навпаки, де-які бактерії мають позитивний геотаксис, бо вони, при вище зазначеному досліді, збираються біля долішнього кінця посудини. Що рагатаесіа відчують збільшене тиснення на дні посудини й

уникають його, рухаючись до горішнього кінця, де природне тиснення стовпа течива менше, — доведено дослідями Iensen'а з центрофузою. В рурках, що лежать поземо й обертаються швидко на центрофузі, парамасія збираються біля центрального кінця рурки (Centrotaxis) і лише при прудкішому обертанні рурки, пасивно захоплюються відосередньою силою до периферичного кінця рурки.

ГЛАВА IX.

Фототаксис.

Якщо вплив промінів світла викликає в живих організмах подражнення, примушуючи організми рухатись в напрямі до джерела світла, чи від нього — це явище має назву фототаксис. Найбільше спостерігають це явище у рослин. Кожний, хто вдома плекає квіти, знає з якою невідступністю листки й стебла рослин повертаються й тягнуться до світла. Не так давно поясняли й поземе розміщення листків рослини, як наслідок геотаксису (тангенціальний геотаксис), але нові досліді доводять, що ми тут маємо скорше наслідок подражнення світлом. Клітинки верхньої шкірки листка збудовані так, що їх зовнішня стінка погрубшена на зразок сочки, через що й відіграє роль збірального скла промінів світла, що на неї падають. За фізичними законами проміні світла, що переломлюються цією сочкою, збираються в головному огнищі на внутрішній стінці клітини, а решта цієї клітини лишається напівосвітленою. Коли головне огнище переміщується завдяки руху сонця, то це впливає як дратівник, і листок, під впливом цього дратівника, повертається аж доки не прийме попереднього положення що-до джерела світла. При надто сильному освітленні, може бути зовсім відворотний ефект: листок уникатиме цього перебільшеного подражнення й стане у простовісне положення (у т. зв. компасних рослин, наприклад, у *Lactuca scariola*). Так само й стебла листків бильники чутливі до подражнення світлом, і молоді паростки повертаються завжди до світла, що ми можемо спостерігти у кімнатних рослин. Осяйне сонячне світло так рівномірно впливає на розкривання

багатьох квітів (*taraxacum*, *tragopogon crocus*, *drosera* та інші), що з них робили «квіткові годинники». Може бути, що також і тут має значіння теплове подражнення (*crocus*, *tulipa*). Роскривання квітів ранком на сонці й закривання ввечері, смерком, кожний з вас спостерігав на звичайних кульбабах (*taraxacum*). Взагалі явища «сна» досить широко розповсюджені серед рослин; при цьому биліники згинаються досить низько, а при прокиданні від сна знов здійснюються догори, й листки розкриваються (*mimosa pudica*). Це виявляється дуже яскраво у *Robinia*, фасолі, конюшини, щавля. (Однак, вже в рослинному царстві спостерігають відворотне явище, цеб-то, негативний фототаксис. Так повітряні корні *Echeus* негативно реагують на світло й через це вони глибоко в'ятраються в щілини дерев, стінок і т. д. Квіткові стебла альпійської фіялки перед оплоджуванням тягнуться до світла, а після нього нагинаються до темних щілин скель, де насіння могло б знайти ґрунт для росту. Напрямок росту визначається промінням світла не лише в дорослих рослинних організмах, але й у спор, наприклад, у віхтів. У цих рослин (віхтів) *Stahl* спостеріг, що спорова клітинка так поділяється на дві, що перетинка між новими клітинками стає завжди простовісно до напрямку промінів, що падають на неї. При цьому одна клітина, з якої мусить витворитись корінь (*rhizoid* клітина), знаходиться далі від світла, а друга, з котрої потім витворюються надземні частини — повертається до джерела світла (т. зв. *prothallium*-клітина). Досліди над спорами різних водоростів, здібних до руху (*ulothrix*, *chaetomorpha*, *haematococcus*, а також *paramecium*), показали, що при малій концентрації світла, вони мають позитивний фототаксис, а при великій — негативний. Існують, між иншим, і такі форми, що при всякій інтенсивності світла виявляють позитивний фототаксис (*botrydium granulatum*). Так само, як і спори водоростів, реагують на світло *diatomea* й *oscillaria*. У двох форм бактерій — *bacterium chlorinum* й *bacterium photometricum* — помічають нахил збиратися біля джерела світла. Плазмодії слизнястого грибка *oethalium septicum* смерком позитивно фототаксичні й збираються на поверхні дубильної товчи. У інфузорій також доведено фототаксичні реакції, але лише в тих форм, що мають у своїй протоплазмі фарбові субстанції, які відіграють роль сенсibiliзаторів. З усіх промінів спектру найсильніше впливають проміні з малою довжиною хвилі (цеб-то, блакитні й фіялкові); проміні з великою довжиною хвилі (червоні), впливають так само, як і повне

затемнення, як що вони не досягають великої інтенсивності. Взагалі всі тварини можна поділити на дві групи в залежності від їх відношення до світла — на фотофільні й фотофобні. Для фотофобних тварин — печерних і підземних форм — світло є агентом, що їх нищить, і вони від нього захищаються. Ці тварини, як наприклад, дощовий робак, надзвичайно чутливі й до малих світових подразнень, хоч у них і нема жадних спеціальних органів для прийняття цих подразнень. Численні печерні й підземні форми забарвлені в бліді відтінки; надземні форми мають більш пігментовану шкіру, зі спеціальними клітинами, при цьому пігментація пристосовується до інтенсивності освітлення, змінюючись залежно від пори року. Ми вже зазначили, що гемоглобін крові відіграє роль фільтра супроти хемічних промінів і перешкаджає їм у людини в'ятруватися до тканин і органів, що лежать глибоко. Думати, що барва тварин цілком залежить від денного світла, — було б помилкою. Проти цього говорять численні факти. Наприклад, де-котрі печерні й глибоководні тварини мають і барви; горні метелики одержують свої барви ще в темних лялечках, що часто лежать під землею; виховані майже в повній темряві голівані мають темну пігментацію. Отже, тут ми маємо дуже складні явища, які розберемо в четвертій частині цієї праці.

Т е р м о т а к с и с.

Вплив температури викликає в живих організмах подразнення, примушуючи ці організми рухатись до джерела тепла чи від нього — це явище має назву термотаксис. Явища позитивного термотаксису спостерігають на плазмодії *oethallium septicum* при такому досліді: як що на смужку бібули покласти плазмодій і один кінець смужки вставити в воду з температурою $+ 7^{\circ}\text{C}$, а другий — в воду $+ 30^{\circ}\text{C}$, то грибок зараз же починає пересовуватись в бік теплішої води й пересувається доти, доки весь не збереться на теплішому кінці смужки. Навпаки — амеби мають негативний термотаксис; вони уникають тепла вище $+ 35^{\circ}\text{C}$. Досліди над плазмодіями у подовжних ванночках, у котрих один кінець нагрівають, а другий охолоджують, показали, що ці плазмодії негативно термотаксичні при температурі від $+ 25$ — 28°C й позитивно термотаксичні при нижчій температурі. Приблизним підрахунком Iensen довів, що плазмодії почувають різницю температури навіть при такій малій великості, як $0,01^{\circ}\text{C}$.

Г а л ь в а н о т а к с и с.

Досліди над живими рухливими істотами з гальванічною течією, яку можна надзвичайно точно регулювати, дають ясний образ, що дуже нагадує результати фізичних дослідів над магнетизмом. Перші спостереження зробив фізіолог Hermann над голованем і зародками риб. Перепускаючи гальванічну течію крізь посудину з водою, в якій плавали ці тварини, він спостеріг, що при замиканні течії зараз же всі вони ставали в напрямі ліній течії, — головою до анода, а хвостом — до катода. Аналогічні спостереження зроблено потім над другими вищими тваринами. З другого боку, при дослідах над рослинами, виявилось, що вершки корінців де-яких рослин при довгому перепусканні течії згинаються в бік катода. Досліди над одноклітинними організмами дозволили зробити такі висновки. Парамеції в мент замикання течії стають переднім кінцем тіла до катода й цілим роєм пливуть до нього. Через де-кілька хвилин біля анода не залишається ні одної парамеції, а коло катода збирається увесь рій, що затримується там доки тече течія. Як що тепер одразу змінити напрям течії, то всі тварини попливуть у відворотнім напрямі; коли ж катод зробити рухомим, то й парамеції рухаються слідом за ним, так само як залізні дитячі цяцьки пересуваються за магнітом. Подібно до парамецій більшість волоскуватих інфузорій катодно-гальванотаксичні. Цілком аналогічно ставляться до гальванічної течії всі форми амеб. Відворотний гальванотаксис ми спостерігаємо у жмутових інфузорій. Можна зробити дуже цікавий дослід, перепускаючи течію через течиво, де плавають рої катодно-таксичних протистів (волоскуватих інфузорій) і анодно-таксичних (жмутових інфузорій). Замикаючи течію, відразу помічаємо жвавий рух одних до анода, а других до катода, й швидко середня частина посудини починає порожніти, а всі протисти, як з наказу, збираються біля відповідних бігунів. Перепускаючи течію у відворотному напрямі, можна спостерігати прудке відворотне переміщення протистів. Існує ще третя категорія протистів (інфузорій), що стають простовісно до напрямку течії й не пливуть до жадного з бігунів (*spirostomum ambiguum*, *oxytricha*, *stylonichia*) — це т. зв. поперечний гальванотаксис, що його спостерігають у інфузорій *hypotricha*. Що при трьох родах гальванотаксиса річ не в простому захопленні тварин течіями, що повстають у течиві, доводиться тим фактом, що різні тварини притягуються ріжними бігунами, та що явища таксису зникають, коли тварину вбити або наркотизувати.

Загальні висновки.

З досить довгої низки вищезазначених фактів ми можемо зробити тепер де-які висновки.

1. Кожний дратівник, що діє на живу субстанцію, має досить точно визначений поріг подразнення, з якого лише й починається реакція живої субстанції на подразнення.

2. Численні дратівники діють, починаючи від порога подразнення вгору, спочатку подразнюючи, а потім паралізуючи. При цьому optimum подразнення лежить ближче до точки параліжа, ніж до точки порога.

3. Дратівник не викликає звичайно яких-небудь нових явищ у живій системі, а лише збільшує або зменшує існуючі трансформації енергії в організмі, цеб-то, дратівник діє не якісно, а кількісно.

4. Дуже різні дратівники викликають у живій системі ті самі реакції. Так, амеба втягує свої псевдоподії у відповідь на хемічні, механічні, термічні, гальванічні подразнення. *Noctiluca* починає світитись під впливом хемічних, механічних, термічних, гальванічних дратівників. Таким чином, дратівники є «додатковими умовами» для розряду де-якої специфічної енергії в організмах, для переходу енергії з однієї форми в другу. Аналогічно тому, як складна хемічна молекула нітрогліцерину відповідає на механічні, термічні, гальванічні впливи однаково — вибухом, цеб-то, розкладом на простіші молекули завжди однакового складу, — так само її потенціальна енергія живих організмів подразнюється однаково різними дратівниками.

5. Всі дратівники, таким чином, до певної міри каталізатори, що припиняють або прискорюють хід специфічних життєвих процесів, цеб-то, перетворення однієї форми енергії в другу.

ГЛАВА X.

Відживлення живих організмів і виміна творива.

Ще раніш ми дали таке визначення живої істоти. Кожна жива істота становить систему, що в даному зокітті перебуває в стані рівноваги й збудована так, що джерела та форми енергії зокіття перетворює в самій собі в такі форми енергії, які діють у даному зокітті проти стану рівноваги. Ми тоді ж зробили такі логічні висновки: 1) кожна жива істота потребує певного джерела енергії; 2) кожна жива істота перетворює одержані нею форми енергії в інші форми, цеб-то, жива істота є трансформатор енергії; 3) в живій істоті ніколи не помічається стану абсолютного спокою в розумінні спину перетворення одної форми енергії в другу, тоб-то, жива істота становить *perpetuum mobile*.

Відповідно до цих засадничих вихідних тез, дальший план нашої праці визначиться так: ми мусимо знайти джерела енергії, яка, в'ятрившись в живу істоту, підлягає перетворенню, й розв'язати питання про самий спосіб в'ятрювання енергії в живу істоту. Нам зручніше почати розгляд питання з другої його частини, цеб-то, зі з'ясування самого способу в'ятрювання енергії в живу клітину, зазначивши з самого початку, що джерелом енергії в живих клітинах є переважно різні хемічні субстанції, що знаходяться в зокітті клітини. Через те що тваринні організми відживляються виключно запасами енергії, зібраними ростиною клітиною, то ми почнемо наше студіювання з вивчення виміни творива ростиною клітини.

Тому що життя ростин, з фізико-хемічного боку, є витворення певного запасу органічних субстанцій за рахунок мінеральних, то насамперед треба вистудіювати умови вступу мінеральних субстанцій в ростинову клітину. Досліди й спостереження показують, що для життя протоплазми потрібна певна кількість води, яка діє в організмі, як фізичний і хемічний фактор. Головна роля води полягає

у витворенні того чисто фізичного осередку, в котрому лише й можлива життєва діяльність протоплазми, хоч водень і кисень жива клітина може брати і з інших хемічних злук. Отже, вода грає значну роль перш за все, як фізичний фактор. Вола може просякати в клітину по-перше через те, що клітинна оболонка й протоплазма дуже легко перепускають крізь себе воду, й по-друге, що вони можуть бучавіти в воді. Явище бучавіння, що подібне до волосности й абсорбції, є наслідок поверхового притягання між частинками твердого тіла й частинками течива і властиве не лише живим істотам, а й ріжним мертвим тілам. Воно полягає в тому, що, через міцне взаємне молекулярне притягання, частинки води в'ятрюються між частинки тіла, яке бучавіє, як би вклинюються поміж них і розсовують їх одну від одної. Сила молекулярного притягання здатних бучавіти частин клітини до води така велика, що, — як це визначив Родевальд, — для того, щоби перешкодити бучавінню крохмальних зерен у воді, потрібне тиснення 2523 атмосфер. Насіння гороху в залізній посудині, бучавіючи, підіймає покрийку, більш ніж 5 пудів ваги. Просякання води в живу клітину не обмежується лише бучавінням, вода й у вільному стані проникає у клітину, витворюючи порожнявки, що наповнені клітинним соком, а він надзвичайно багатий водою. Власне, вода ніколи не проникає в клітину хемічно чистою, а завжди в стані тих чи інших розчинів. Таким чином, ми маємо між клітиною та її зокіллям ті самі фізичні умови, що існують і при явищах, що в фізиці мають назву дифузії чи, певніше, осмоси. Під дифузією ми розуміємо самохітне змішування двох, нічим одно від одного не відділених, ріжнородних течив. Таке змішування триває, аж доки не витвориться однорodne течиво. Як що візьмемо, наприклад, воду й водяний розчин синього камня або водяний розчин якої-небудь фарби, й наллємо їх в одну посудину так, щоби вода була зверху, а розчин на споді, то при обережному наливанні ми матимем два шари: забарвлений і безбарвний. Через де-який час, силою дифузії, течива самохітно змішаються між собою, і ми матимемо рівномірно забарвлений розчин. Якщо два ріжнородних течива, що здатні змішуватись (але не такі, як вода й олія, що не змішуються між собою), відокремлені одно від одного шпаристою перетинкою (опалена глина, ростинний пергамент, тваринний пухир і т. д.), змішуються, то таке явище має назву — осмоси. При цьому виявляється, що розчин соли або фарби буде повільніше проходити крізь перетинку, що відокремлює течива, а разом з тим в

тій частині посудини, де знаходиться фарба, течива стане більше, а там, де була вода — менше. Течива змішуються рівномірно між собою, немов між ними не було перетинки. Швидкість переходу течива крізь перетинку залежить від природи течива. Як що перетинка буде відгороджувати розчин соли від води, то вода буде переходити до розчину соли швидче, ніж розчин соли до води, бо тваринний пухир краще бучавіє у воді, ніж у розчині соли.

Оболонка ростинної клітини, що до проникальности, досить подібна до тваринного пухира й до ростинного пергаменту. Вода проходить крізь неї швидче, ніж розчин соли. Субстанції, що мають великі молекули, як камедь або білковина, дуже зле проходять крізь оболонку ростинної клітини, а иноді й зовсім не проходять. Тоді шар протоплазми, що безпосереднє знаходиться біля оболонки, перешкаджає проходженню ріжних розчинів. Цей шар відрізняється від клітинної оболонки своєю осмотичною властивістю і досить подібний до, т. зв., напівпроникальних перетинок Пфайфера. Пфайфер одержував такі перетинки від осідання на стінках шпаристої посудини залізоцинкородної міді (залізна сіль + синій камінь), або дубильнокислих драглів (танін + драглі). Через це такі перетинки мають назву осадових. Ці перетинки легко перепускають воду й майже зовсім не перепускають таких розчинених у воді субстанцій, як солі й цукор. Наслідком цього, рівномірного змішування або й зовсім не буває, або воно повстає через надзвичайно довгий час. Якщо посудину, в стінках якої знаходиться осадова перетинка, наповнити розчином цукру і вставити в другу посудину з чистою водою, то вода швидко почне переходити з зокільної посудини в внутрішню. Рівночасно манометр покаже, що од швидкого переходу води до внутрішньої посудини повстає певне тиснення на її стінки, — це тиснення називається осмотичним. Явище це полягає в тому, що одні перетинки не перепускають цукру, але він притягує до себе воду з зокільної посудини, наслідком чого обсяг течива у внутрішній посудині збільшується і викликає тиснення на її стінки. Це осмотичне тиснення можна докладно виміряти особливим приладом — осмометром. Досліди показали, що осмотичне тиснення просто пропорційне концентрації розчиненої субстанції. Докладні досліди Вант Гоффа показали, що осмотичне тиснення можна прирівняти до газового, а саме: осмотичне тиснення розчину рівне тому тисненню, що викликається розчиною субстанцією, коли б вона в стані газу мала обсяг рівний обсягу розчинника. Якщо, наприклад, прийняти

1 грам-молекулу грозного цукру ($C_{12}H_{22}O_{11}$ при $C = 12$; $H = 1$; $O = 16$) = 342 й вирахувати тиснення для 34,2% розчину цукру, цеб-то, для т. зв. мольного розчину (який має в літрі розчину 1 грам-молекулу розчиненої субстанції), то виходить, що це тиснення рівне 22,7 атмосфери при $0^{\circ}C$ і 760 mm. атмосферного тиснення. Але при $0^{\circ}C$ і при атмосферному тисненні 760 mm., грам-молекула кисня (O_2 вага 32), або грам-молекула CO_2 (вага 44) будуть займати однаковий обсяг, а саме, 22,4 літра. Як що ці газы стиснути так, щоби їх грам-молекула займав 1 літр обсягу, то тепер будемо мати тиснення 22,4 атмосфери. Отже, коли мольний розчин грозного цукру дає тиснення 22,7 атмосфер, то це показує, що таке тиснення рівне тому, яке тростяний цукор дав би в стані газу при $0^{\circ}C$ й 760 mm. атмосферного тиснення. Проникальність протоплазми живої клітини наближається до проникальності осадної перетинки, а через це закон Вант Гоффа можна прикласти й до живої клітини. Величина осмотичного тиснення знаходиться в простій залежності від проникальності перетинки, а саме, вона зменшується разом зі збільшенням проникальності. Як що ми приймемо на увагу, що в клітинному соці знаходиться в розчині багато здатних притягати воду субстанцій, і припустимо, що клітина знаходиться в чистій воді, то в клітині повстане осмотичне тиснення в вигляді тургорного тиснення (turgor), що ростягує оболонку клітини й той шар протоплазми, який безпосереднє знаходиться біля оболонки. Для осмотичних явищ не має значіння наявність у клітинному соці різних субстанцій. Подібно до газового, осмотичне тиснення буде пропорційне кількості молекул, що є в даному обсязі розчину, незалежно від того, чи ці молекулы хемічно однородні чи різнородні. Отже, не знаючи природи розчинених в клітинному соці субстанцій, ми можемо визначити осмотичне тиснення в клітині. Тургорне тиснення рівне осмотичному тисненню, як що ми помістимо клітину в чисту воду. Ця рівність залишається й в тому випадку, коли клітина поміщена в розчин, рівний по осмотичному тисненню розчину клітинного соку. Справді, коли клітинний сік має 5% грозного цукру в розчині, і коли примістити таку клітину в чисту воду, то вода просякає в клітину, й осмотичне тиснення в середині клітини зробиться рівним осмотичному тисненню 5% розчину грозного цукру в осмометрі. Подібно тому, як в осмометрі тиснення виконує працю — підймання стовпа ртуті на певну височину, так і в клітині осмотичне тиснення ростягує оболонку клітини, доки дві сили — тиснення й опір оболо-

нок клітини ростягуванню — не врівноважаться. Тургорне тиснення, цеб-то, тиснення, яке зазнає протоплазма й клітинна оболонка, в цьому випадку буде рівне осмотичному тисненню. Як що дві сили — опір оболонки клітини ростягуванню й осмотичне тиснення на оболонку — зрівняються, то настане рівновага: до середини клітини буде входити така сама кількість води, яка й витискуватиметься з клітини через опір оболонки.

Перекладемо нашу клітину в 5% розчин цукру. Осмотичне тиснення в середині клітини буде рівним осмотичному тисненню зокілля; з 5% розчину цукру буде переходити до клітини як-раз стільки води, скільки її буде виходити з клітини, але оболонка все ж таки лишиться в попередньому стані ростягнення, й тургорне тиснення буде просто пропорційне осмотичному. А тепер покладемо нашу клітинку в 10% розчин цукру. Тут побачимо слідуюче. Вода стремітиме вийти з клітини до зокілля в більш концентрованим розчином цукру; обсяг клітини й ростягнення її оболонки зменшаться, але осмотичне тиснення в середині клітини підвищиться через те, що збільшиться концентрація розчину в середині клітини. Осмотичне тиснення в середині клітини буде збільшуватись, доки не відповідатиме 10% розчину цукру. Отже, коли зокола знаходиться більш концентрований розчин, то обсяг клітини буде зменшуватись, а разом із ним зменшиться й тургорне тиснення, що може знизитись не тільки до 0, а й стати негативним, бо тиснення зокола буде стреміти зменшити обсяг клітини. Вище ми бачили, що клітина має немов дві оболонки: одну справжню оболонку й другу — той тонкий шар протоплазми, що лежить безпосереднє біля оболонки й відіграв ролю осадної перетинки. Фізичні властивості цих двох оболонок неоднакові. А саме: справжня оболонка більш пружиста, ніж «осадна перетинка». Отже, коли концентрація зокільного розчину стає міцніша, ніж концентрація соку клітини, то оболонка клітини трохи стискується, а шар протоплазми, густішає значно більше й відстає від клітинної оболонки. Це явище, т. зв., плазмолізи з самого його початку добре видно під мікроскопом; воно нам вказує з математичною точністю той мент, коли концентрація зокільного розчину починає перевищувати концентрацію клітинного соку. Через те що певна концентрація розчину відповідає певному осмотичному тисненню, то плазмоліза дозволяє нам точно визначати осмотичне тиснення клітинного соку. Таким чином, фактично визначення осмотичного тиснення в середині клітини є лише відшукування такої

концентрації зокільного розчину, яка дає осмотичне тиснення, рівне тисненню клітинного соку, і яке прийнято називати ізосмотичним. Отже було знайдено, що осмотичне тиснення в нормальних ростинних клітинах хитається від 5 до 10 атмосфер, нижче як 3 атмосфери воно не буває, хоч досить часто підіймається й до 15—20 атмосфер (в клітинах коріння буряка, в лусці городної цибулі і т. д.).

У де-котрих солончакових ростин (цеб-то, таких, що ростуть на ґрунті з великою кількістю звичайної соли) осмотичне тиснення досягає в клітинах до 100 атмосфер, а в клітинах пліснявих грибів, що ростуть на концентрованих розчинах цукру чи солей, тиснення доходить до 300 атмосфер. Не треба думати, що до таких великих розмірів може дійти й тургорне тиснення. Дослід показує, що при перенесенні плісняви, що розвивається в концентрованому розчині цукру, до чистої води, оболонка тріскається, не маючи змоги витримати підвищення тургорного тиснення. Максимально величинь тургорного тиснення визначається міцністю оболонки; як що це тиснення перевишає опір оболонки, дальше ростягнення стає неможливим. Оболонка може залишитись непошкодженою при дуже високому осмотичному тисненні клітинного соку лише при умові, що обсяг клітини буде збільшуватись до певних меж; цього досягають приміщенням клітин до розчину, осмотичне тиснення якого рівне тисненню соку. Осмотичне тиснення, яке є причиною тургорного тиснення, має велике значіння в житті клітини й взагалі кожної ростини; пружність і гнучкість ростинної тканини, відома всім, пояснюється тургором. З цього погляду надто мала проникальність протоплазми для ріжних субстанцій, що знаходяться в розчині ґрунту, а також у воді в природних водозборах, має надзвичайно велике значіння через те, що лише таким шляхом клітина може досягти тургесцентального стану. Але виникає питання, як саме субстанції з зокілля можуть проходити в живу клітину, коли вона так добре захищена від того. Досліди над плазмолізою показують, що лише чиста вода може, порівнюючи легко, входити в клітину. Але лише самою водою не може ростина відживлятися; окрім неї, в клітинному соці знаходиться цілий ряд мінеральних субстанцій, які, щоб потрапити в сік, мусіли б перейти крізь плазму. Досліди показали, що, маючи властивості напівшаристої перетинки, протоплазма в дійсності є проникальна для великої кількості органічних і мінеральних субстанцій. Отже клітини, що були плазмолізовані розчином гліцерину, через де-який час знов доходять до тургорного напруження. Таке

явище можна пояснити лише тим, що гліцерин через де-який час починає просякати в клітину, й тоді повстає «деплазмоліза». Концентрація гліцерину зокола і в середині стає однаковою; клітина знов має свій попередній тургор, бо гліцерин вже не впливає на нього, а інші субстанції, що знаходяться в клітинному соці й яких нема в зокіллі, відновляють тургор. Те саме відбувається з розчином цукру й з розчинами різних мінеральних солей. Досить добре проходять крізь протоплазму, між иншим, кофеїн, антипірін, етер, хлорал-гідрат, сульфональ і т. д. Кофеїн і антипірін, просякнувши в клітину, дають з дубильними субстанціями клітинного соку осади, що не розчиняються. Так само хемічним шляхом можна довести проникання в клітину лугу й лугових солей, наприклад, вуглекислого амонію. Протоплазма проникальна також і для анілінових фарб; вбита протоплазма досить інтенсивно вбірає анілінові фарби. Більшість цих фарб отруйні, але, наприклад, метилева синька майже нешкідлива при концентрації 1 : 10.000 та 1 : 100.000. Метилева синька, що пройшла в клітину, вступає з дубильною субстанцією клітинного соку в злуку, що не розчиняється, — дубильну кислоту метилеву синьку, яка вже залишається в клітині й не може вийти з неї. Таким чином, перетворюючи дану хемічну субстанцію до нерозпустимого стану, клітина може витворювати в собі запаси цієї субстанції. Через те, що ця субстанція залишається нерозчиненою, вона не має зовсім впливу на осмотичне тиснення в клітині й не перешкаджає вступати до неї новій кількості цієї субстанції. Ми можемо спостерегти на клітині, що вбрала значну кількість метилевої синьки, відворотне явище, а саме — вихід субстанції клітини в зокілля. Якщо додати до розчину барвника трошки цитронової кислоти, то вона, просякнувши в клітину, буде перетворювати дубильно-кислу метилеву синьку в нову розпустиму злуку. Ця злука способом осмоси буде виходити з клітини, а цитронова кислота, в міру її використання, буде входити в клітину й перетворювати до розпустимого стану дубильно-кислу метилеву синьку, яка в такому стані буде виходити з клітини. Таким чином, ми можемо бачити явище ендосмоси, цеб-то, втягування розчинених субстанцій із зокілля; явище утворювання запасів в клітині й явища виділювання клітиною субстанцій в зокілля, цеб-то, явища екзосмоси. Механізм виміни творива між клітиною й зокіллям показується нам перш за все, як явище осмоси, в котрих жива клітина відіграє роль звичайного осмометру. Крім рідких субстанцій і розчинених у воді твер-

дих, в клітину проникають і з клітини виходять ще й гази. Згідно з фізичними законами, різні гази, відділені один від одного інди- ферентною шпаристою перепонкою, зміщуються між собою шляхом дифузії з швидкістю, що пропорційна квадратовому коріню з густо- ти газу. Коли, наприклад, через перетинку дифундують H_2 та O_2 , густоти яких відносяться як 1 до 16, то швидкість дифузії O_2 в чотири рази (16) менша, ніж швидкість дифузії H_2 . Через те що оболонка клітини просякнута водою, то умови проходження газів змінюються, й вони можуть і не дифундувати, а діосмувати, при чому швидкість проходження газів залежить вже не від густоти газу, а від кон- центрації його в воді. Отже CO_2 , що добре розчиняється в воді, проходить в клітину швидче, ніж решта газів атмосфери. В дійсно- сті, однак, проходження різних субстанцій до клітини й виділю- вання їх в зокілля відбувається зовсім не так просто, як це ми маємо в мертвому приладі — осмометрі; на клітину не можна дивитись, як на пасивне фізичне приладдя, до якого входять і виходять різні субстанції. Ці явища надзвичайно ускладняють регулятивну діяль- ність того тонкого шару протоплазми, що прилягає до оболонки клітини. З другого боку, шар протоплазми, що в ростинній клітині оточує порожнявку чи порожнявки з клітинним соком, відіграє та- кож значну регулятивну роль, керуючи вступом субстанції із про- топлазми клітини до порожнявки. Назверхній шар може зовсім вільно перепускати всяку субстанцію в клітинну протоплазму, а протоплазматична оболонка порожнявки може й не перепускати їх зовсім. Цим пояснюється те, що в одній клітині може бути де- кілька порожнявок із різним складом субстанцій, і що кожна оточена своїм окремим шаром порожнявка діє вибірково. Ця елективна здібність різних шарів протоплазми й взагалі різних клітин ще дуже загадкова з фізико-хімічного боку, й тут лежить доволі широке поле задоволення для т. зв. віталістів. Вони ви- знають, що в живій клітині, крім фізико-хімічних сил, значну роль відіграє особлива жива сила, про яку ці віталісти не можуть сказати нічого певного, що б звязувало цю живу силу з науковим розумінням. Нам здається, що де-які явища й тут можна пояснити чисто фізико- хімічними законами, наприклад, що проникальність назверхнього шару протоплазми змінюється в залежності від зміни зокільних умов. Так проникальність плазми для води збільшується при підви- щенні температури, для мінеральних субстанцій змінюється під впливом світла і т. д. Як що ж де-які явища лишаються без пояснень

своїєї причинової залежності, то все таки пояснення для цих явищ треба шукати в фізико-хімічних законах, а не в таємничій невизначеності живої сили. Ми далі побачимо, як явища, що їх поясняли «живою силою», знайшли собі пояснення в т. зв. ензимах. Щоб мати можливість витворювати запаси потрібних хімічних субстанцій, клітина витворила наче хімічну лабораторію, в якій зв'язує втягнуті субстанції, перетворюючи їх в нерозпускальні злуки, і ці злуки виключаються, таким чином, із циклу субстанцій, що впливають на осмосу, а через це нові кількості субстанцій можуть проходити в клітину з зовнішнього. Як що, наприклад, клітина знаходиться в рідкому осередку, що має в собі розчинені цукор і звичайну сіль, то цукор перетворюється в крохмаль, після переходу в клітину; нові порції цукру знов проходитимуть в неї. Звичайна сіль буде просякати в клітину лише доти, доки її концентрація в клітині не зрівняється з концентрацією зовнішнього розчину, а це з тої причини, що клітина не може переводити сіль у нерозпускальні злуки. Так, поки-що, пояснюється елективна здібність живої клітини втягувати з розчину різні субстанції в різних кількостях. Крім цього пояснення, дає нам деякі відомості й колоїдна хімія. Протоплазма, як колоїдна субстанція, може втягувати воду в різних кількостях в залежності від того, чи стикається вона з розчином кислоти, лугу чи солей. Через це вона різно бучавів, а процес бучавіння значно впливає на втягування води й розчинених в ній субстанцій, незалежно від осмотичного тиснення. В тому факті, що кожна клітина вбирає в себе лише певні субстанції, ми не бачимо нічого таємничого й непоясненого, бо кожна клітина має свій строго визначений хімічний склад, а через це й свою індивідуальну виміну творива. Звідси зрозуміло, чому з нею входять у хімічні злуки лише певні субстанції з зовнішнього, а інші лишаються індиферентними. Принцип, що лежить в основі цих явищ той самий, який керує всім світом атомів і молекул, — цеб-то, принцип хімічного споріднення. Таким самим чином атом фосфору дуже легко злучається з атомом кисня, а з атомом азота зовсім не злучається, хоч у повітрі знаходяться у великій кількості обидві субстанції. Так само крапля згірклої олії випускає в лужному течиві виростки, що подібні до псевдоподій, і користується лугом, витворюючи з ним мило, а в кислому течиві ця крапля олії застається в спокої. Також кришталі галуни, якщо його покласти у маточний розсіл різних солей, вбирає лише молекул галуни для свого росту або, як що він пошкод-

жений, то для свого відновлення. Отже, мусимо визнати, що різні хемічні субстанції, від елементарних до надзвичайно складних, можуть, головним чином, під впливом осмоси просякати в клітину.

В дальшій долі цих субстанцій може бути три випадки: 1) або вони залишаються більш менш довший час в клітині в вигляді резервних субстанцій; 2) або вони йдуть на будування живої органічної субстанції; 3) або йдуть на здобуття потрібної для життєвих функцій кінетичної енергії. Отже все значіння виміни творива клітини можна звести до здобуття енергії, цеб-то, живий організм є безперервний трансформатор енергії.

Між усіма трьома вищезазначеними можливостями нема в цьому розумінні жадної принципової різниці. Субстанції першого роду залишаються в запасі лише до певного терміну, після якого з запасу береться знову потрібна кількість енергії. Будування живої органічної молекули вимагає великих видатків енергії. Субстанції третього роду просто йдуть на здобування певної кількості енергії. Сучасна хемія та фізика так означають розуміння енергії. Енергія є здібність тіла робити працю (Реформатский); Освальд має друге визначення: енергія є праця та все те, що можна одержати з праці чи все те, що можна перетворити в працю. Відрізняють цілий ряд форм та родів енергії, а ці всі форми праці поділяють на дві групи: 1) енергія кінетична (видима) чи енергія руху; 2) енергія потенціальна (потайна) чи енергія стану. До кінетичної енергії належить: 1) енергія руху тіла як цілого, наприклад, рух кулі, води, вітру; до цього відносять ще звукову енергію; 2) енергія теплова; 3) енергія промінєста (напр., світло); 4) енергія електричної течії. До потенціальної енергії належить: 1) енергія тяжіння; 2) енергія напруження; 3) енергія електрична; 4) енергія хемічна. (Хоч і саме визначення енергії та її поділ на окремі роди не можна визнати задовольняючими з натур-філософічного погляду, але для нашої мети їх можна визнати вистарчаючими, бо з'ясування цих засадничих тямок фізики надто далеко завело б нас в инший бік). Кінетична енергія може легко переходити в потенціальну й навпаки, а енергія одного роду може переходити в енергію другого роду, наприклад, механічна енергія легко перетворюється в теплову, електричну й навпаки. При цьому виявляється засадничий закон, що енергія одного роду завжди переходить в еквівалентну кількість енергії другого роду, цеб-то, в кількість числово рівну — що може зробити однакову працю. Звідси логічно просто можна вивести закон заховання енергії.

Повна енергія якої-небудь матеріальної системи є величинь, що не може ні збільшуватись, ні зменшуватись при взаємному впливі частинок системи, хоч вона може перетворитись в ріжні свої форми. Отже енергія має великий нахил перетворюватись і зовсім не нищитись або повставати з нічого.

Жива клітина, а також і сума живих клітин, що становлять складний багатоклітинний організм, виконують безперервну працю, цеб-то, перетворюють енергію з одної форми в інші. Це виявляється передусім — в рухах, як назверхніх (переміщення в просторі), так і в внутрішніх (течія протоплазми в клітинах, биття серця, мігтучий рух натканцевих клітин); у виробленні тепла не лише тваринами (особливо теплокровними), але й рослинами, що доведено експериментально; у виробленні світла (тварини та рослини, що світяться); в численних хемічних реакціях, що зв'язані з втягуванням енергії. До таких реакцій належать: витворення розчинів і особливо ті численні перетворення, що відбуваються, як реакції, відновлення у рослин, а також у тварин (витворення товщу з вуглеводнів) — чи синтези (витворення сечевини з вугляної кислоти й амоніяку та гіпурової кислоти з глікокою й бензової кислоти). Далі енергія виявляється й перетворюється при будуванні тканин під час розвитку організма, при відновленні тканин в дорослому організмі, що є звичайним і постійним явищем в тканинах. Як що організм постійно витрачає, чи краще, перетворює енергію, то він мусить також одержувати цю енергію без перерви з якого-небудь джерела. Говорячи про витрату енергії, ми мусимо відріжнити дві категорії витрат: при одній організм дійсно губить для себе де-яку кількість енергії, віддаючи її зокіллю. Як що, наприклад, ми підіймемо та закріпимо на певній височині тягар, то ми витратимо певну кількість енергії, що перейде тепер в потенціальну енергію того тіла, яке ми підняли (енергія положення, цеб-то, потенціальна); коли організм віддає зокіллю де-яку кількість тепла, то, очевидно, він губить частину своєї енергії, що вбірається зокіллям. В другій категорії явищ енергія, що витрачається організмом, зостається в ньому самому, становлячи запаси потенціальної енергії. Рослини, утворюючи складні хемічні злуки, витрачають певну кількість енергії на збудування цих злук, але ця енергія залишається в рослині у вигляді, наприклад, клубків крахмалу. Ця запасова енергія буде потім витрачатись чи самою рослиною чи споживатись у вигляді їжі тваринами. Так само енергія, що була витрачена на збудування

тканин, застається в них у вигляді потенціальної енергії, доки ці тканини не почнуть віддавати цю енергію зокіллю, наприклад, доки не почнуть розкладатися, гнити після смерті. Енергія, що витрачалася живою істотою на витворення собі подібних поділом, як напр., у одноклітинних інфузорій, існує й далі в цій другій істоті, підлягаючи потім сама всім можливим перетворенням.

Джерелом енергії для всіх праць, що їх виконують живі організми, є, майже виключно, хемічна енергія, лише з тою різницею для рослин і тварин, що рослини енергію соняшних промінів (проміняста енергія) спочатку перетворюють в хемічну енергію і потім вже користуються для праці запасами потенціальної хемічної енергії; а тварини одержують вже готову потенціальну хемічну енергію від рослин. (Далі ми побачимо, що деякі рослини і без допомоги промінястої енергії витворюють потенціальну хемічну енергію). Хемічну енергію ми розуміємо, як здібність до праці кожного атома матерії. Кожний атом, як що ми уявимо його собі ізольованим, становить маленьку енергетичну систему, маленький запас енергії. Хемічна енергія ізольованого атома лишається у вигляді потенціальної енергії, доки атом не буде мати змоги сполучитись з другим яким-небудь атомом наслідком хемічного споріднення. Як що два атоми з'єдналися між собою, зараз же частина потенціальної енергії перетворюється в активну енергію в формі тепла, світла, механічної енергії і т. д. Кількість енергії, що звільнюється при цьому, визначається ступнем хемічного споріднення атомів, що сполучаються між собою. Чим більше споріднення двох атомів, тим більша частина потенціальної енергії перетворюється в кінетичну. Звідси виходить, що нова субстанція, яка повстала від сполучення двох атомів, буде мати тим менш здатної до звільнення потенціальної енергії, чим сильніше було споріднення цих атомів. І навпаки, — коли сполучені між собою два атоми роз'єднуються, то для цього витрачається певна кількість кінетичної енергії, яка вже у вигляді потенціальної енергії буде знову переховуватись в кожному роз'єднаному атомі. Отже можна зробити такі висновки: при сполученні атомів звільняється кінетична (активна) енергія; при роз'єднанні атомів споживається кінетична енергія. Як що ми умовились означати кількості енергії, що діють при хемічних процесах, тепловими одиницями, то ми матимем хемічні реакції з продукцією тепла, цеб-то, екзотермічні, і реакції з втягуванням тепла з зокілля, цеб-то, ендотермічні. На основі вищезгаданого, треба сподіватись, що всі реакції синте-

тичні, цеб-то, всі процеси, при яких тіла сполучаються між собою, будуть еакотермічні, як наприклад, усі реакції горіння тіл. Навпаки, всі реакції розкладу (аналітичні), при котрих атоми роз'єднуються, будуть реакціями ендотермічними. Так це завжди й буває в дійсності, як що лише вживати тямки «синтеза» та «аналіза» в правдивому розумінні. Тут треба, одначе, усунути де-які парадоксальні явища, що їх досить часто не розуміють. В хемії відомі де-які синтети, що звязані з споживанням (втягуванням) тепла, й де-які аналітичні реакції, що звязані з виділенням великої кількості енергії. Візьмім, як приклад такої синтети витворення йодоводня (HI), яке відбувається з споживанням тепла (замість виділення, якого можна було б сподіватися), та, як приклад аналізу — розклад нітрогліцерину чи якоїсь іншої вибухової субстанції, що відбувається з надзвичайно великим і інтенсивним виділенням енергії (замість втягування її). Для того, щоб з'ясувати ці парадоксальні явища, ми мусимо передусім зазначити, що аналіза та синтеза є багато складніші, ніж ми думаємо з першого погляду; а саме, перед багатьома аналізами перше відбуваються синтети атомів, та, навпаки, перед багатьома синтезами перше відбувається аналіза молекули на атоми, що входять в склад цієї молекули. Отже в першому випадку в молекулі йоду — атоми йоду, в молекулі водня — атоми водня мають один з одним більше споріднення, ніж атом йоду з атомом водня. Дійсно, ми знаємо з хемії, що йод сполучається з воднем надзвичайно тяжко (при $+520^{\circ}\text{C}$ сполучається, лише коли 75% мішанини). Отже, при цій синтетичній реакції на роз'єднання атомів йоду (в молекулі йоду два атоми — J_2) та на роз'єднання атомів водня (в молекулі водня два атоми водня — H_2) витрачається велика кількість енергії; коли-ж потім роз'єднані атоми йоду й водня сполучаються між собою, то енергія, яку ми при цьому маємо, далеко не покриває собою видатків енергії, що були витрачені на роз'єднання атомів йоду й водня в їх молекулах. Підрахунок маємо негативний — видатки. А що ми при цій реакції спостерігаємо й підраховуємо не різні стадії процесу окремо, а лише останню стадію, підсумок, то й одержуємо парадоксальний висновок.

Другий приклад — розклад нітрогліцерину із звільненням великої кількості енергії може бути з'ясований аналогічно. Нітрогліцерин є азотовоквасний естер гліцерину такої формули.



Як видно, до складу нітрогліцерину входять елементи О, Н, С, N. Під час вибуху нітрогліцерин розкладається на воду, двоокис, кисень і азот. Цих витворів розкладу, як видно з формули, структурно-хімічно нема в готовому вигляді в нітрогліцерині, але вони витворюються синтетично наслідком переміщення атомів у ньому в самий мент вибуху. Через те що атоми водня, двоокису вугля, кисня й азоту мають у цих злуках значно більше споріднення один з одним, ніж у тому випадку, коли вони знаходяться в складній та не сталій молекулі, нітрогліцерину — то вистарчить лише малої кількості енергії, щоб викликати розклад молекули нітрогліцерину (видаток енергії). При цьому зараз після розкладу відбувається синтез атомів, що мають надзвичайно велике споріднення один з одним, і ця остання реакція дає велику кількість енергії.

Отже завжди синтез звільняє енергію, аналіз — споживає її. Коли спостерігають яку-небудь синтетичну реакцію, то досить часто не помічають аналізу, що може попереджати цю синтезу й навпаки — при аналізі не помічають попередньої синтези. Тому краще формулювати закон перетворення енергії при хімічних реакціях так: як що при хімічних реакціях злучуються більш міцні споріднення, ніж ті, що роз'єднуються, то активна енергія звільнюється; й навпаки, як що при хімічних процесах роз'єднуються більш міцні споріднення, ніж ті, що сполучаються, то цей процес відбувається з втягуванням енергії (Verworn).

ГЛАВА XI.

Загальні міркування. Хемосинтетика.

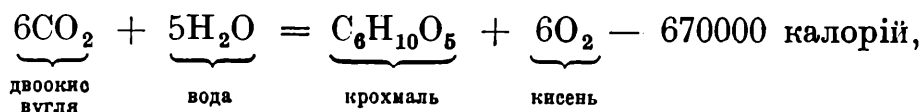
Тепер ми мусимо зробити досить велику виправу в царину фізичної хемії та значно ростягнути цей відділ біології, але я вважаю це за необхідне, бо на докладному розумінні хемії життя й джерел енергії для живої субстанції ґрунтується ціла біологія, а саме в цьому ми маємо найбільші дефекти. На жаль, тямка — хімічне споріднення — не досить ясно з'ясована в науці, як це показує й сама назва, що збереглась з часів алхіміків. Вони думали, що злучаються

лише ті тіла, які мають між собою щось спільне, якесь споріднення. В сучасній мент з'ясовано, що найенергійніше сполучаються тіла, як раз неспоріднені, різні, й що тямка «хемічне споріднення», зовсім не пояснює сути питання про напрямок впливу хемічної енергії. На питання про причину хемічної активності субстанції в науці ще й досі нема відповіді. З другого боку, залишається ще не з'ясованою сама суть хемічної енергії, яку більша частина вчених визнає за особливу форму енергії, таку саму первісну, як і енергія тяжіння. Нема сумніву, що при повстанні світа хемічна енергія разом з хемічним спорідненням грала велику роль. Можливо, що більш глибоке розуміння сути хемічної енергії й хемічного споріднення принесе в собою теорія про електричну структуру матерії.

Отже цілком ясно, що для життєвих функцій організму треба постачати йому такі субстанції, що були б здатні при певних умовах звільняти активну кінетичну енергію. Треба також, щоб субстанції, що постачаються організмові, мали б хемічне споріднення й могли б злучатись в організмі, щоб вони давали екзотермічні реакції. Це здійснюється в організмах двома способами: 1) організми користуються простими субстанціями, що мають міцне споріднення, вони сполучаються в організмах в екзотермічних реакціях, та 2) організми користуються складними субстанціями, що легко розкладаються й, подібно до вибухових субстанцій, витворюють простіші злуки з міцним сполученням атомів. Субстанція, що має велике споріднення з численними іншими субстанціями, передусім кисень, і відомо, що процеси окиснювання чи горіння звільняють велику кількість енергії. Процеси окиснювання відіграють велику роль і в житті майже всіх організмів, починаючи від найпростіших і закінчуючи найвищими тваринними організмами. Тепер ми можемо підійти до найсутнішого питання біології живих істот, а саме, до питання про первісне джерело енергії в живій субстанції. Ми бачили в першій частині нашої праці, що головнішим джерелом енергії для витворення складних органічних злук (крохмаль) в ростинах є с о н ц е. Двоокис вугля є цілком насичена злука вугля й кисня, щоб-то, ця злука не може більше горіти й віддавати яку-небудь кількість енергії. Тому треба розірвати цю злуку на С й O_2 , щоб мати вугіль, потім ввести його в слабо-насичену киснем складну органічну злуку, що здатна розкладатись і горіти, щоб-то, віддавати потрібну для життя енергію. Для розкладу, відірвання С від O_2 потрібна енергія, й вона береться з зокілля. Такою зокільною енер-

гією і є проміяста енергія с о н ц я, яку хлорофіл рослини використовує для цієї аналітичної реакції.

Можна думати, що хемічний процес йде за такою формулою:

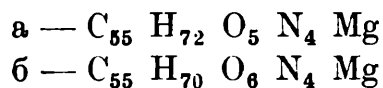


цеб-то ,при цій реакції втягується велика кількість енергії (калорій). Але було б великою помилкою думати, що втягування калорій потрібне для синтезу крохмалю з двоокису вугля й води. Саме енергія (калорії) втягується попередньою аналізою, відірванням вугля від кисня, а синтез спричиняється до де-якого звільнення енергії. Коли потім в організмі вугіль, що ввійшов у склад збудованих органічних злук, знову згорає до витворення CO_2 , то при цьому звільнюється 96,96 К. Це тепло є наслідок окиснювання вугля й дає організмові потрібну йому «життєву енергію». При процесі розкладу CO_2 в рослинах соняшна енергія й додає «згублену» енергію, цеб-то таку, що перейшла в іншу форму енергії, — знову розкладає CO_2 , при чому кожний атом вугля й кисня набуває певну кількість потенціальної хемічної енергії, що ми зазначили вище. Отже, соняшна енергія робить з «негорючого» в CO_2 вугля горючий, який вже входить в склад органічних злук в ростинному тілі, згорає в ньому знову до CO_2 , що вже виділюється диханням в зокілля. Якщо вугіль складної органічної злуки не спалюється в самому тілі рослини, то він може втягуватись у вигляді їжі тваринами, де вже остаточно спалюється до ступня CO_2 , яке також виділюється диханням тварин.

Отже перетворення соняшної енергії в хемічну, а цієї останньої в різні інші форми енергії в організмі, і складає основи життя на землі з хемічно-енергетичного погляду. Чи можемо ми задовольнитись цим поясненням, дошукуючись правди про повстання живих істот на землі, як трансформаторів енергії? Ростина захоплює соняшну енергію за допомогою хлорофіла, що існує, як зелений барвник невеличких білковинних зерняток в клітині, що мають назву пластиди. Хлорофіл (складне органічне тіло) легко витягти з пластид, як що ми будемо впливати на зелену тканину рослини спиртом. При такій обробці хлорофіл переходить в розчин, а пластиди обезбарвлюються. Пластиди, що тепер мають вигляд безбарвних зерен, при обробці їх хемічними реактивами

дають всі характеристичні реакції білковинних тіл. Звідси ми виводимо, що безбарвна основа пластин — проріз її — складається з білковинних субстанцій, цеб-то, з субстанцій надзвичайно хемічно складної молекули.

Як що взяти на увагу складність хемічної структури хлорофілу, а саме двох форм хлорофілу, «а» та «б», що дають такі формули:

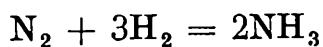


(цеб-то, хлорофіл «б» є як би окис хлорофілу «а») — то можна висловитись так: прилад, що збирає соняшну енергію в ростині її збудований з двох досить складних органічних тіл — пластиди та хлорофілу, що просякає пластиду, потребує для свого збудовання певну кількість соняшної енергії.

Отже, ми маємо в наших міркуваннях «*circulus vitiosus*», хибне коло чи якесь провалля. А саме, коли для захоплення соняшної енергії конче треба мати складний прилад з складних органічних тіл, а цей прилад мусить бути сам збудований за допомогою соняшної енергії, то ясно, що мусять бути які-небудь інші джерела енергії, за рахунок котрих і був збудований цей прилад, що має захоплювати соняшну енергію. Инакше кажучи, в природі мусять існувати такі живі істоти, що здатні користуватись якоюсь іншою енергією, крім соняшної, цеб-то, крім фотосинтезуючих істот, мусять бути інше-синтезуючі істоти, що можуть відщеплювати вугіль від неорганічних злук за допомогою іншої (несоняшної) енергії. Такою енергією є з початку світа хемічна енергія, а істоти, що здатні скористувати її, є де-які бактерії. Саме проф. Віноградському вдалося в 90-х роках передостаннього століття виділити з ґрунту т. зв. нітрофікуючі бактерії та з'ясувати умови їх відживлення. Проф. Віноградський знайшов два мікроби, що ніби поділили між собою працю нітрофікації: один нітритовий мікроб, що може окиснювати NH_3 (амоніак) в нітритову кислоту, а другий нітратовий, що окиснює нітритову кислоту — HNO_2 в нітратову кислоту HNO_3 . Нітрофікуючі мікроби не можуть асимілювати органічні субстанції, так наприклад, звичайний цукор, що легко засвоюється різними ростинними організмами, є для цих мікробів отруйний так само, як для карболової кислоти. Нітрофікуючі мікроби ростуть найкраще у відсутності органічних субстанцій в відживному осередку, що мусить мати в своєму складі вуглянні неорганічні солі (карбонати),

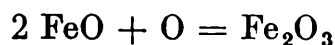
амоніякові неорганічні злуки й двоокис вугля, який почасти можна одержати з карбонатів, але краще, коли він знаходиться у вільному стані. При цьому виявилось, що нітрофікуючі мікроби можуть відщеплювати вугіль від двоокису вугля (CO_2) в цілковитій темноті, а тому й при повній відсутності сонячної енергії. Потрібну енергію для цієї аналітичної реакції зазначені мікроби беруть в вигляді хемічної енергії, що звільняється при окисненні амоніяку (NH_3). Отже, нітрофікуючі бактерії спалюють (окиснюють) амоніак та за допомогою енергії, що одержується при цій реакції, відщеплюють вугіль, як із двоокису вугля повітря, так і з карбонатів. Одержавши вільний вугіль (C), вони будують з нього й води складні органічні злуки, як це роблять і фотосинтезуючі рослини.

Амоніак (NH_3) витворюється при гнитті нітратових субстанцій (так само й білковинних субстанцій, в яких він знаходиться), а у вільному стані є в повітрі, ґрунті, водах, що покривають земну поверхню. Джерелом амоніяку, крім органічних субстанцій, можуть бути також різні неорганічні амоніякові злуки, що звільняються, між иншим, в числі витворів вулканічної діяльності; азот з воднем може просто сполучатись під впливом електричної іскри:



Звідси видно, що нітрифікуючі бактерії могли існувати на земній кулі в той час, коли ще не було жадних складних органічних злук, та могли зовсім вільно обходитись без них, бо амоніак вони знаходили в неорганічних злуках зокілля, а потрібну для життя енергію здобували з хемічних реакцій окиснювання амоніяку, не потребуючи й не маючи змоги утилізувати проміясту енергію сонця. Таким мікроорганізмам можна дати назву — «хемосинтезуючі організми». Крім нітрифікуючих бактерій, відомі ще сірчані бактерії, що окиснюють сірко-водень (H_2S) і користуються енергією цього окиснення для відщеплення вугля від CO_2 , а з вугля витворюють складні органічні злуки. Ці мікроорганізми, відомі під родовою назвою *beggiatea*, розкладають H_2S за такою формулою: $\text{H}_2\text{S} + \text{O} = \text{H}_2\text{O} + \text{S}$, і накопичують в собі сірку. (Вони живуть в багні, калюжах з солоною й прісною водою). Сірка відкладається в них у вигляді дрібнесеньких зерняток, що сильно переломлюють світло. Вільну сірку вони окиснюють в сірчану кислоту H_2SO_4 , а потім ця сірчана кислота з'єднується з вугляними солями клітинного соку, витворюючи гіпс (CaSO_4), що виділюється клітиною у зокілля. *Beggiatea* можуть існувати

лише в неорганічному осередку й відщеплюють вугіль від CO_2 повітря й карбонатів, при чому це відщеплення йде за рахунок енергії, що звільняється при окиснюванні сірководня. *Beggiataea* є багато-клітинний організм, що нагадує синє-зелені водорості з групи осцилярій, але-ж існує ще цілий ряд одноклітинних сірчаних бактерій, відживлення котрих зв'язано з окиснюванням сірки. Їх можна поділити на дві групи: одні з них для реакції окиснювання беруть кисень з повітря, а другі, навпаки, можуть розвиватись лише в відсутності вільного кисня, цеб-то, вони є т. зв. анаероби. Наприклад, *tiobacillus thioragus*, що поновлює нітрати до вільного азоту, а відщепленим таким шляхом киснем окиснює сірководень сірку та сірконатр. Енергія, що звільнюється при цьому окиснюванні, споживається на відщеплення вугля від двоокису вугля карбонатів. Таким чином, цей мікроорганізм становить невеличку хемічну лабораторію. Слідуюча група хемосинтезуючих бактерій є залізо-бактерії, що окиснюють солі окиса заліза:



і користуються енергією цього окиснення для синтезу органічної субстанції за рахунок двоокису вугля. В останні часи відкрито водне-бактерії, що здібні окиснювати водень у воду й розкладати двоокис вугля, користуючись енергією, що повстає при цьому окиснюванні. Можна думати, що існують також бактерії, що окиснюють метан (CH_4) і окис вугля (CO) — вони також належать до групи хемосинтезуючих бактерій.

Отже, хеміко-енергетичну суть діяльності всіх хемосинтезуючих мікробів можна звести ось до чого: 1) вони окиснюють мінеральні субстанції, 2) енергію, що звільняється при цьому, вони використовують для відщеплення вугля від CO_2 повітря чи карбонатів; 3) за допомогою цього вугля й води вони витворюють вуглеводні. Таким чином, діяльність хемосинтезуючих і фотосинтезуючих організмів подібна. Але треба визнати, що при розвитку життя на землі логічно кінечним було первісне з'явлення хемосинтезуючих істот, бо вони не потребували для себе жадних органічних злук. Для того, щоби почати хемосинтезуючу працю, необхідно було назбирати певну кількість органічних субстанцій, і не користуючись промінною енергією, а лише за рахунок хемічної енергії. Таким чином, найстарішими мешканцями на землі мусіли бути такі найпростіші форми, що стояли б як-найближче до сучасних хемосинтезуючих бактерій.

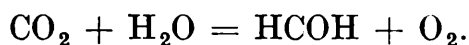
Не треба думати, що хемосинтез органічної субстанції міг повстати, нагло; існуючі хемосинтезуючі бактерії дуже різноманітні й збудовані досить складно, та й до їх існування, мабуть, був довгий цикл еволюції різних форм хемосинтетиків. Розмноження й розвиток хемосинтетиків привели до накопичення органічної субстанції, як у живих тілах, так само й у вигляді мертвої органічної субстанції. Тоді молодчі покоління хемосинтетиків почали користуватись вже готовою мертвою органічною матерією для свого відживлення, заховуючи свою здібність до хемосинтези. З сучасних хемосинтетиків лише нітрофікуючі бактерії нездатні відживлятися за рахунок органічних матеріял, що виробляються іншими організмами, цеб-то, з нашого погляду вони є найпримітивніші й найстаріші. Решта хемосинтетиків всі здатні використовувати органічні субстанції і вживають хемосинтези, як що не вистарчає органічної їжі, або для доповнення відживлення органічними субстанціями. Це є дальша стадія розвитку.

Здатність використовувати світлову енергію могла повстати як додаткова функція до хемосинтези чи до відживлення за рахунок органічної мертвої субстанції. На це натякають багрецьові й зелені бактерії. В них ми помічаємо пігменти подібні до хлорофілу; можливо припустити, що в них існує фотосинтез, яка відіграє другорядну роль. У багрецевих і зелених бактерій пігменти просякають всю плазму клітини. В певній стадії розвитку синезелених водоростів, що мають вже справжній хлорофіл і типову фотосинтезу, пігменти просякають не всю плазму клітини, а лише де-які частини її. Дальшу стадію розвитку ми знаходимо в зелених водоростів, у котрих хлорофіл просякає й пластиди. Однак й тут зустрічаються форми з не зовсім сформованими пластидами, наприклад, водорості роду *Hydrodictyon*.

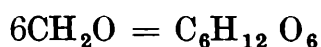
ГЛАВА XII.

Углеводи.

В першій частині нашої праці ми коротко розглядали питання про те, що витварюється з відщепленого вугля в рослині. Ми зазначили, що сучасні хеміки вважають за правдоподібніше, а саме, що при поновленні двоокису вугля (CO_2) витворюється спочатку формальдегід формули CH_2O чи НСОН , цеб-то:

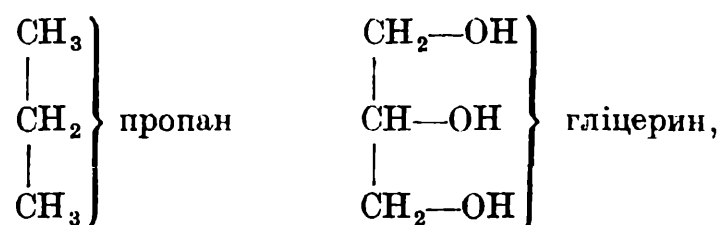


При впливі слабими розчинами лугів на формальдегід повстає його згущення, при чому тут витворюються злуки, з котрих вже не можна одержати формальдегіду. Витвори цього згущення мають таку формулу: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ і повстають наслідком полімеризації формальдегіду, цеб-то:



Для доведення правдивости цієї теорії зроблено багато спроб виділити формальдегід із зеленого листа. Хоч жадна з цих спроб не дала певних результатів, але ж це ще не заперечує можливости витворення формальдегіду при асиміляції вугля. Можливо, що формальдегід так швидко перетворюється, що цей процес вислизає від хемічного досліджування. Для підтвердження певности цього погляду вказували на велику витривалість рослин до формальдегіду. Особливо витривалі водорості й молоді екземпляри *sinapis alba* (білої горчиці), так само й *elodea canadensis* витримує без шкоди для себе 0,001% розчин формальдегіду. Німецький відомий вчений Еміль Фішер висловлює іншу думку. Йому вдалося при обережному окиснюванні гліцерину одержати сусбтанцію, що виявляє типові властивості цукру, т. зв. гліцерозу. Ми мусимо зупинитись на цьому докладніше. Гліцерин становить, т. зв., трьохатомовий спирт. Всі трьохатомові спирти характеризуються наявністю в них трьох гідроксилів (ОН) і повстають вони з вуглеводів через за-

міщення трьох атомів водня трьома водними залишками чи гідроксилями. Як що ми візьмемо вуглеводень пропан, чи за структурною формулою, $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$, й зробимо з ним операцію заміщення трьох атомів водня трьома гідроксилами, то й одержимо гліцерин:



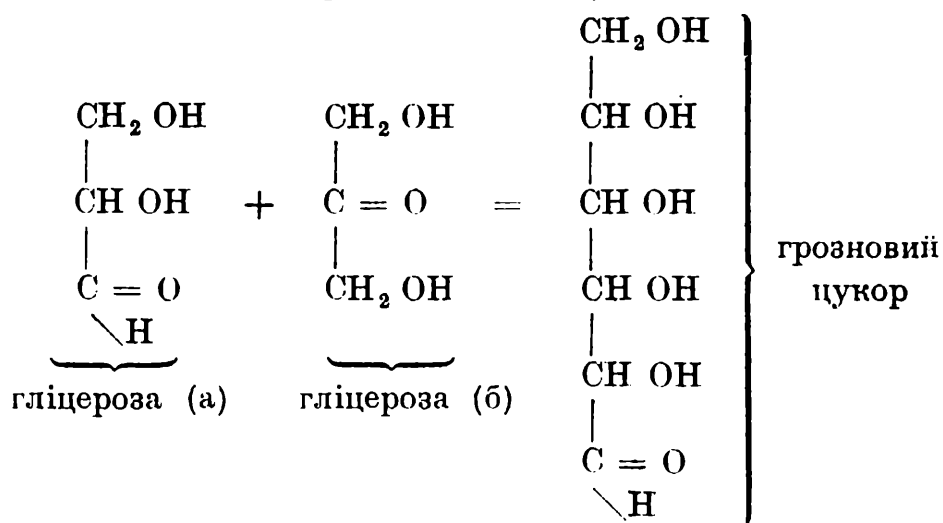
чи инакше: $\text{CH}_2(\text{OH}) - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_2(\text{OH})$. При обережному окисненні гліцерину німічною нітратовою кислотою ми одержимо такі дві злуки:

а) $\text{CH}_2\text{OH} - \text{CH}(\text{OH}) - \text{C}(\text{OH})\text{H}$ (тут від останнього члена формули віднято H_2).

та

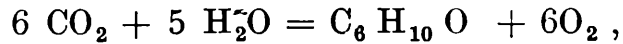
б) $\text{CH}_2\text{OH} - \text{CO} - \text{CH}_2\text{OH}$ (тут від передостаннього члена формули віднято H_2).

Кожна з одержаних злук має формулу $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ і зветься гліцерозою. Гліцероза має на половину менше вугля, водня й кисня, ніж грозновий цукор. Але впливом розчину лугу досягають сполучення двох вищезазначених молекул гліцерози й таким чином одержують справжній цукор з 6 атомами вугля.

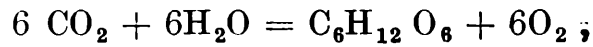


Через це ми можемо без сумніву прилучити гліцерозу до вуглеводяних злук. Згадана синтеза має ще й те значіння, що вказує схожість вуглеводів з товщевими субстанціями.

Спочатку думали, що крохмаль є перший витвір асиміляції рослиною двоокису вугля й води за схемою:



але пізніші досліді, про які ми вже згадували, доводять до певнішого висновку, а саме, що спочатку витворюються моносахариди, цеб-то:



а лише потім ці моносахариди шляхом дегідrataції (відняттям молекули води) перетворюються в крохмаль. Цей останній під впливом ензимів перетворюється в цукрові субстанції, що й росповсюджуються по всіх частинах рослини. В де-яких органах і тканинах, наприклад, в клубнях картоплі, фасолі може знову накопичуватись крохмаль, що виділяється тут із соків, що їх приносять із собою цукрові субстанції. Легко зміною своєї структурної формули цукор перетворюється в клітчанку чи целюлозу, молекулярна вага якої ще досі докладно не з'ясована. Старі ганчірки, бавовна, шведська бібула, полотно є представники майже чистої клітчанки. Зі зміненої цієї клітчанки повстала вся щільна маса деревини, що становить більшу частину тіла великих рослинних організмів. Клітчанка обарвлюється в синій колір від йоду з сульфатовою кислотою чи від цінкхлориду, що легко помітити під мікроскопом, бо оболонка рослинної клітини, яка складається з клітчанки, виказує синє забарвлення, а протоплазма й ядро клітини в темnobрунатне. На розрізі молоді частини рослини синіють від йоду й сульфатової кислоти стінки всіх клітин, але серед дорослих частин рослини ми зустрічаємо такі, що не синіють, а жовтіють під впливом зазначених реактивів. Це значить, що спочатку оболонка складається завжди з целюлози й може заховувати й довше такий склад, але може також і хемічно змінитись. Часто оболонка деревини або перетворюється в корок. В обох випадках оболонка все-ж таки має в собі целюлозу. Як що витягти цю субстанцію виварюванням клітини в лузі, то оболонка знову синіє від йоду.

Отже ми простежили процес засвоєння рослинами газової субстанції — CO_2 й води — H_2O на різних ступнях, починаючи від відщеплення вугля від CO_2 й витворення формальдегіду, що через полімеризацію дає цукор. З цукру витворюється крохмаль, що почасти залишається в рослині, як запасна відживна субстанція, а почасти знов перетворюється в цукор, а цей транспортується по

цілому рослинному організмові. Частково цукор перетворюється в клітчанку-целюлозу, що йде на витворення оболонки рослинної клітини, що може потім деревеніти, й корковіти. З другого боку, цукор знов перетворюється в крохмаль і відкладається в клубнях рослини чи спалюється, окиснюється й за рахунок одержаної при окиснюванні енергії рослина може виконувати свої різні життєві функції. Для окиснювання кожної субстанції треба мати кисень, що всмоктується рослиною під час процесу дихання, а це ми розглянемо окремо.

Тепер ми мусимо звернути нашу увагу на інтимніші сторони життя клітини. Це є невеличка хемічна лабораторія, де з «ідилічним спокоєм» повстають та йдуть надзвичайно складні хемічні реакції аналізу й синтезу. Лабораторія живої клітини суттєво відрізняється від лабораторії сучасного хеміка відсутністю субстанцій, що сильно впливають, та високої температури. Так, наприклад, хемікам потрібно користуватись надзвичайно високими температурами для одержання цитронової кислоти — такими температурами, що в них неможливе життя клітини, а також міцними реактивами, як хлор і міцні мінеральні кислоти. Цитронове дерево не потребує цих їдких субстанцій. Рослинна клітина користується для реакцій, що повстають в ній, т. зв. каталізою, вживаючи особливу складну систему каталізаторів або ензимів. Каталіза полягає в тому, що ті хемічні реакції, що йдуть при звичайній температурі, відбуваються без прикладання особливих енергій прискорено. Це прискорення реакцій досягається введенням в коло злук, що приймають участь в реакціях, особливих субстанцій, які мають назву каталізаторів. Каталізатори існують не лише в живій природі, але і в мертвій; їх називають ще контактними субстанціями, а самі процеси каталітичними чи контактними. Сам каталізатор під час хемічної реакції не змінюється, а як змінюється, то лише тимчасово, так що при кінці реакції він знову з'являється в попередньому складі, як кількісно, так і якісно. У всіх таких випадках надзвичайно мала кількість каталізатора може перевести реакцію між, часто необмежно великими, кількостями субстанцій, що приймають участь в цій реакції. Каталізатор не витворює реакції, а лише прискорює її. В неорганічній хемії відомо багато таких хемічних реакцій, як наприклад, сполучення водня з киснем в присутності губкової платини, витворення бертолетової соли в присутності перекиси марганця, здобування сірчаного ангідриду при участі дрібно рос-

кришеної платини. Згідно з вищезазначеним, для здійснення досить великої кількості витворів хемічної праці ростина потребує надзвичайно малої кількості каталізаторів. При цьому виявляється, що для кожної каталітичної реакції в лабораторії живої клітини знаходиться особливий спеціальний каталізатор. Хемічна конституція каталізатора мусить бути відповідною до конституції зв'язку, що приймають участь у реакції, як ключ до свого замка.

[К а т а л і з а т о р а м и називаються такі хемічні субстанції, які, не приймаючи участі в колі хемічних перетворень, лише одною своєю присутністю надзвичайно сильно прискорюють хід хемічної реакції. Так, наприклад, при діланні H_2SO_4 на Zn реакція відбувається надзвичайно повільно. ($\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Zn} = \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2$), при цьому виділення звільненого водня йде майже непомітно. Якщо ми додамо до субстанцій, що реагують, лише одну краплю хлорової платини, то зараз же реакція робиться надзвичайно інтенсивною. Де-хто порівнює каталізатори зі масними оліями в машині, які зменшують фізичне тертя поміж її частинами; каталізатор зменшує хемічне тертя поміж окремими атомами].

Отже, в лабораторії живої клітини ми мусимо знайти цілу систему каталізаторів, з котрих кожний є призначений для прискорення одної якоїсь певної реакції, і цей каталізатор звичайно називають також ферментом або ензимом. До останнього часу ще не знайшли ні одного ензима в чистому вигляді, а тому ми не можемо нічого сказати про їх хемічний склад; ми пізнаємо наявність того чи іншого ензима в рослинному організмі не з якісної хемічної реакції на субстанцію самого ензима, а з характеру прискорення реакцій. З рослинних ферментів дуже розповсюджені й відомі такі: 1) аміляза, що накопичується в значній кількості в насінні, що має в собі крохмаль, коли воно проростає. Крохмаль гідролізується під впливом міцних мінеральних кислот, як наприклад, сіркової й сульфатової; при цьому спочатку ми маємо крохмаль, що має властивість розчинятись, потім декстрин, мальтозу й, нарешті, декстрозу. Жива клітина, що не має в собі таких міцних мінеральних кислот, переводить над крохмалем таку саму гідролізу за допомогою ензиму-амілязи; при цьому крохмаль ступнево перетворюється в амілязу (розчинний крохмаль), амілодекстрин, декстрин і мальтозу. Останній дисахарид розщеплюється на дві частинки декстрази в присутності вже іншого ензиму — (2) мальтози. З групи ензимів, що викликають гідролізу, слід вгадати ще про (3) інвертин, який розщеплює

тростиний цукор на дві частинки гексоз, а також (4) емульсин, що гідролізує глюкозид амігдалін. Число відомих тепер ензимів, що викликають гідролізу, або гідролаз — досить велике. Особливу групу гідролаз витворюють (5) ліпази, що беруть участь в розщепленні товщів. Дальшу групу складають (6) протеази або протеолітичні ферменти, що беруть участь в складному процесі розщеплення білковин. (7) Оксидази-ензими, що прискорюють реакції окиснювання; можливі також і ензими, що впливають у відворотному напрямі — ензими, що поновлюють, чи (8) редуктази. Треба вважати, що, коли не всі, то значна більшість хемічних перетворів у клітині відбувається за допомогою спеціальних ензимів. Досліди показали, що одна вагова частина амілази може перетворити в цукор більш як 2000 частин тростинового цукру. Ензими показалися дуже чутливими до високої температури, а саме, у водяному розчині при $+100^{\circ}\text{C}$ вони руйнуються. Залежність діяльності ензимів від температури спостерігається у всіх випадках, а тому треба визнати для каталітичних процесів в живій клітині певний температурний optimum, приблизно від $+40\text{—}70^{\circ}\text{C}$. Так само руйнующе впливає на ензими інтенсивне світло, особливо ультрафіолкові промені. Також шкідливо впливають субстанції, що осаджують ензими, цеб-то ті, що переводять ензими зі стану колоїдних розчинів у твердий стан, а саме — кислоти, луги, алкоголі, ціановоднева кислота, формалін, гідроксиламін, фенол і т. д. Досліди над хемічними явищами в живих клітинах показують, що клітина, крім субстанцій, які прискорюють реакції, має якраз протилежні субстанції, що затримують швидкість каталітичних реакцій; такі субстанції мають назву (9) паралізаторів чи антиензимів. З другого боку, в клітині знаходиться певна кількість субстанцій, що інтенфікують вплив ензимів — система (10) стимуляторів чи коензимів (кінази), що можуть бути й неорганічними, як наприклад, кислоти, луги. Не треба думати, що в клітині є в кожний мент готовий відповідний ензим. Клітина витворює потрібні для неї ензими, пристосовуючись до потреб даного менту, з особливих невідомих субстанцій, що мають назву проферменти чи зимогени. Таким чином витворюється можливість легко регулювати кількість потрібного для даного менту ензиму. Так, в крохмалевому насінні, що має в собі крохмаль, перед проростанням ми не знаходимо значної кількості ензимів з групи діастаза; ензими накопичуються під час проростання, як що треба значну кількість крохмалю перетворити в цукор.

ГЛАВА XIII.

Товщі.

Спочатку ми спробуємо з'ясувати хемічну природу товщів. Вище було зазначено, що гліцерин є трьохатомовий алкоголь, і його можна вивести з вуглеводнів заміщенням трьох атомів водня трьома водяними залишками (ОН) чи гідроксилами. Перший насичений трьохатомовий спирт відповідає вуглеводню пропану і утворюється заміщенням в ньому трьох атомів водня трьома гідроксилами.

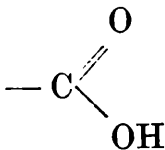
Якщо в насичених вуглеводнях (злуках формули $C_n H_{2n+2}$) заміщати один або де-кілька атомів водня гідроксилами (ОН), то витворюється та класа органічних злук, що має назву: спирти або алкоголі:

CH_4	метан	 CH_3OH	метильалкоголь
C_2H_6	етан	 C_2H_5OH	етиль „
C_3H_8	пропан	 C_3H_7OH	пропіль „
C_4H_{10}	бутан	 C_4H_9OH	бутиль „
C_5H_{12}	пентан	 $C_5H_{11}OH$	аміль „
C_6H_{14}	гексан	 $C_6H_{13}OH$	гексиль „
.....			
$C_{16}H_{34}$	цетил	 $C_{16}H_{33}OH$	цетиль „
.....			
$C_{30}H_{62}$	міриціл	 $C_{30}HO_{61}H$	міриціль „

Дальші зміни алкоголів повстають при ступневому окиснюванні їх. При окиснюванні вищезазначених спиртів, вони гублять два атоми водня і перетворюються в альдегіди:

CH_3OH	метильалкоголь	$HCON$	формальдегід
C_2H_5OH	етиль „	CH_3CON	ацетальдегід
C_3H_7OH	пропіль „	C_2H_5CON	пропіональдегід
C_4H_9OH	бутиль „	C_3H_7CON	бутиральдегід
$C_5H_{11}OH$	аміль „	C_4H_9CON	валеральдегід

Тепер під впливом окисляючих субстанції або кисня повітря альдегіди досить легко переходять в органічні кислоти, при цьому до альдегідової групи прилучається атом кисня, що дає з альдегідовим воднем гідроксиль (ОН). Наслідком цього ми маємо одноатомову групу, що має назву карбоксиль і яка має таку структуру



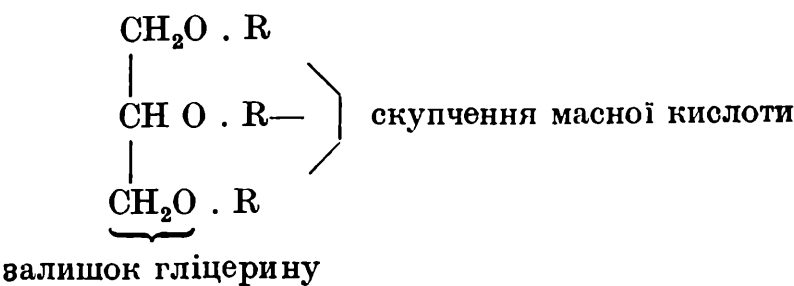
В органічних кислотах карбоксилове скуплення зв'язано з алькілем.

Ряд органічних кислот формули $\text{C}_n \text{H}_{2n+1} \text{COOH}$ може бути виведений з ряду насичених вуглеводнів, якщо в останніх один з атомів водня замінити карбоксилом:

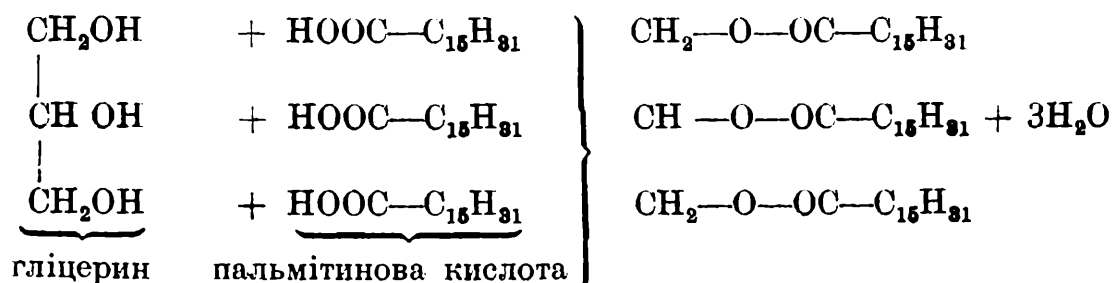
H_2	.....	\text{HCOOH}	.....	мурашина	кислота
CH_4	.....	\text{CH_3-COOH}	....	оцтова	„
C_2H_6$	.....	\text{C}_2\text{H}_5-\text{COOH}$	....	пропіонова	„
C_3H_8$	.....	\text{C}_3\text{H}_7-\text{COOH}$	....	масляні (2)	кислоти
C_4H_{10}$	.....	\text{C}_4\text{H}_9-\text{COOH}$	....	валеріанові (4)	„
C_5H_{12}$	.....	\text{C}_5\text{H}_{11}-\text{COOH}$	....	капронові	„
.....					
$\text{C}_{15}\text{H}_{32}$	.....	$\text{C}_{15}\text{H}_{31}-\text{COOH}$	..	пальмітинова	кислота
.....					
$\text{C}_{17}\text{H}_{36}$	.....	$\text{C}_{17}\text{H}_{35}-\text{COOH}$	....	стеаринова	„
$\text{C}_{17}\text{H}_{34}$	.....	$\text{C}_{17}\text{H}_{33}-\text{COOH}$	....	олійова	„

Остання, олійова кислота, утворюється з ненасиченого вуглеводня $\text{C}_{17} \text{H}_{34}$, ряду $\text{C}_n \text{H}_{2n}$.

Згадані масні кислоти сполучаються з гліцерином, при цьому виділяється вода. В залежності від характеру кислоти товща має назву трипальмітину і тристеарину чи триолєїну і т. д. Отже, загальна формула цих товщів буде така:



Таким чином, структурна формула, наприклад, трипальмітину буде така:



Інакше кажучи, при цій реакції виділяється три атоми водня, а з відповідної кислоти три гідроксиля, по одному з кожної із трьох молекул.

Перший Бертельо довів хемічний склад товщів; він показав, що товщі є етери гліцерину, і одержав їх синтетично з кислот і гліцерину. Трипальмітин і тристеарин є тугі субстанції, а триолеїн — густе течиво. Природний товщ є звичайно мішанина всіх трьох гліцеридів, а рідка чи тверда консистенція природних товщів залежить від присутності більшої чи меншої кількості триолеїну. Ці три етери є складовими частинами більшості тваринних товщів. Баранячий товщ має більше стеарину, в товщі людини переважає трипальмітин, а вовчий товщ складається переважно з пальмітину й стеарину, трин (риб'ячий товщ), а також олива має багато триолеїну. В рослинних організмах товщі відіграють значно меншу роль, ніж у тварин. В організмах вони творять запасний відживний матеріал, що міститься в спеціальних органах: у рослини в насінні, в овочах — оливового дерева, соняшників, льону, мигдалевого дерева, кокосових пальм, бавовни, брюкви, маку і т. д.

Взагалі в насіннях бувають запаси вуглеводів, товщів, а иноді і ті і другі разом. В насінні товщ буває в тій формі, в якій ми бачимо його в тваринних тканинах. В більшості випадків товщ буває в вигляді дрібнесеньких крапель; лише як виїмок у клітинах тканин відкладаються друзи товщевих кристалів. Иноді запаси товщів знаходяться в підземних частинах рослин — в цибулях, клубнях, коріннях, зимою також в стеблі і гіллях дерев. Так само й в одноклітинних тварин товщ буває в вигляді крапель, як у тварин, так само й у рослин. З дріжджових грибів, що розводяться надзвичайно легко, вдалося за останні часи витягти товщ і користуватись ним як відживною субстанцією. При проростанні насіння запаси товщів у них швидко зникають (напр., у гарбуза — cucurbito та

соняшника *helianthus annuus*), при цьому утворюються масні кислоти. Очевидно, тут повстає розщеплення товщів під впливом особливого ферменту, що має назву: ліпаза або стеапсин. Як що рідкий товщ довго й енергійно бовтати в замкнутій посудині з водою, то витворюється течиво, подібне до молока, при чому товщ розпадається на дрібнесенькі краплі, що розпорошуються між частинками води. Як що ми припинимо бовтання, зараз же краплі товщу знов сполучаються між собою, підіймаються догори й утворюють на поверхні води суцільний шар товщу. Як що рідкий товщ бовтати замість з водою зіслиснятими, білковинними чи мильними розчинами (напр. з розчином гуміарабіка), то витворюється справжня емульсія (молостка), в котрій крапельки товщу надовго залишаються розлученими; при цьому навколо кожної крапельки витворюється тоненька оболонка з тої субстанції, в якій був емульгований товщ. Так, наприклад, молоко тварин є емульсія товщу в білковинному розчині, і кожна крапля товщу оточена в молоці тонким шаром білковини — казеїну. До таких емульсій можна віднести молочні соки де-котрих рослин, як наприклад, макових, [при чому в маці (*raraver somniferum*) молочний сік має в собі *оріум*; у коров'ячого дерева сік подібний до молока], у де-яких хрестоквітних, дзвіночків, молочаїв (*euphorbiaceae*). З молочайних, наприклад, рай-дерево (*ricinus communis*) дає рицинове масло. Емульсія цих молочних соків має, крім товщу, ще кавчук, сміли й багато інших субстанцій. Товщі в кишках тварин підлягають емульгованню. Наслідком емульговання повстає надзвичайне збільшення поверхні товщу. Дроблення товщу на меленькі краплі дозволяє ліпазі виявити найінтенсивніший вплив на нього; тут кожна крапля товщу стає приступною впливові ліпази. Товщів зовсім нема в ядрі клітини, але вони знаходяться завжди в протоплазмі тіла (цітоплазмі) в вигляді товщевих крапель різної великості, де їх можна добре пізнати під мікроскопом через сильний блиск (наслідок сильного переломлення світла), хемічні реакції, розчинність в алкоголях, етерах і інших розчинниках, так само через спеціальне обарвлення різними хемічними субстанціями (напр., осміювою кислотою товщі обарвлюються в чорний колір). Клітинний товщ виявляє своєрідний склад, очевидно, особливий в кожній клітині чи кожній тканині організму. Можна думати, що товщі відіграють велику роль в засвоєнні субстанцій в клітинному тілі. Багато субстанцій всмоктується й проникає в середину клітини, перетворюючись у водяний розчин. Існує, з другого боку, цілий

ряд субстанцій, що зовсім не розчиняються у воді і все-ж таки легко проникають в клітину. Мабуть ці субстанції розчиняє клітинний товщ.

Що-до засадничого питання про те, звідки в ростинному організмі повстають товщі, то ми маємо в даному випадку де-які позитивні дані, що одержані при студіюванні питання про хемічні процеси проростання насіння де-яких ростин. Перші відомості в цьому питанні були одержані при студіюванні витворення товщу в олійному насінні, а почасти в насінні маслини. Відомо, що недоспіле насіння цієї категорії має вуглеводи, але-ж у цьому насінні майже нема товщу. При дозріванні насіння вуглеводні поволі зникають, а замість них витворюються товщі. Ці спостереження не допускають другого пояснення; як тільки те, що вуглеводи ступнево перетворюються в товщі, бо насіння не може ні віддавати вуглеводів, ні приймати товщів. З другого боку, в стеблах дерев повстають залежно від змін року подібні перетворення. Накопичений в стеблах за час вегетації крохмаль зимою, принаймні частинно, перетворюється в товщ, з якого весною знову утворюється крохмаль. Біологічне значіння цього явища, що залежить від змін температури, ще цілком не в'ясоване, як що його не пояснити, як захисне пристосовання від холоду, яке ґрунтується на малій теплопровідності товщів. Скупчення товщу в насінні, як резервового відживного матеріалу, має, без сумніву, те біологічне значіння, що товщі, завдяки їх високій ситності, дозволяють рослині в малому обсязі зібрати велику кількість одиниць енергії й концентрувати високовідживні субстанції. Крім того, товщі, що мають малу питому вагу, дають можливість насінню й овочам легко переноситись в повітрі. Це особливо торкається насіння, що має літальне приладдя, і у такого насіння майже завжди є багато масла. Навпаки, в насінні водяних ростин знаходиться крохмаль, що має велику питому вагу. Насіння водяних ростин розноситься при допомозі пливного апарату, що має вигляд широких, наповнених повітрям клітин, які містяться в оболонці насіння. Після того, як насіння відпливе на певну дистанцію, й пливний апарат розсмокчеться, насінню треба опуститись на дно басейну, а це може статися скоріше й краще, як що воно буде важче. Тому важкий крохмаль є корисніший для насіння, ніж легке масло. Важкі, обіймисті приймаща резервових відживних субстанцій, як клубні (цеб-то, потовщені підземні стебла) цибулі, корневі клубні, мають також крохмаль чи інші вуглеводи, як наслідок вищезазна-

чених фізичних умов. Під час проростання таких рослин кисень був би потрібний не лише для дихання, а й для перетворення товщів, коли б вони там були, у вуглеводи. Між тим у згаданих витворах немає жадного приладдя для швидкого й вистачаючого постачання кисня до їх тканин, що знаходяться під землею, а тим часом ціле біологічне значіння клубнів і цибуль є в швидкому розвитку листвяних й квітняних пагонців. При цьому цікаво зазначити, що при витворенні товщу повстають, як переміжні витвори — масні кислоти. Подробиці перетворення вуглеводнів у товщі досі не відомі. Ми спостерігаємо в ростинах і відворотний процес, а саме — перетворення товщу в вуглеводи — цукор, що також студіювали на олійному насінні, що починало проростати. А саме, при проростанні насіння в темноті товщ зникає з сім'ядолі й заміняється вуглеводами: крохмалем, клітчанкою, камеддю, цукром. При цьому, як показали докладні виміри, насіння всмоктує саме таку кількість кисня, яка потрібна для перетворення товщів у вуглеводні. Отже нема сумніву, що в ростинах вуглеводні можуть витворюватись з товщів, і, навпаки, товщі з вуглеводнів. Що до можливості витворення товщів з білковини, то це питання розв'язано в останні часи негативно для вищих тваринних організмів (що ми будемо розбірати потім), але воно розв'язується позитивно для рослин і багатьох нижчих організмів взагалі (Verworn).

Витворені, як ми бачили вище, зі злук гліцерину й масних кислот, товщі під впливом різних моментів розкладаються на ці свої складові частини. А саме, коли на нейтральні товщі впливають перегрітою водою або відповідними ферментами (стеапсин, ліпаза) або коли вони гніють, то вони розкладаються, притягуючи воду, на гліцерин і вільні масні кислоти. Як що на товщі впливати міцними лугами, наприклад, натровим (NaOH) або калієвим (KOH), то вони підлягають розкладу, при чому звільнена масна кислота сполучається з лугом і витворює мило (калієве чи натрове), тоді кажуть, що товщі омилюються. Таким чином, мило є сіль масної кислоти, через те й солі треба вважати за витвір кислот, в котрих водень замінюється металом. В даному випадку водень масної кислоти замінюється металом калієм чи натром. В кишковому проводі тварин, а саме, у верхній його частині, товщі підлягають спочатку лише фізичній обробці. Тут знаходяться, як вільні масні кислоти, так само і лугові солі черевослинного соку, кишкового соку й жовчі. Товщі спочатку підлягають емульгованню, цеб-то, роздроблюються

на дрібнесенькі краплі. Масні кислоти реагують з лугом, і при цьому витворюються мила, що й поділяють жир на дрібнесенькі краплі. Значіння емульговання товщу можна ріжно в'ясувати. Можна припустити, що кишковий натканець, подібно до ростинних клітин, є здібний всмоктувати дрібнесенькі краплі товщу. З другого боку, через роздроблення товщу, особливий фермент черевослинної залози краще розщеплює цей товщ на гліцерин і масні кислоти. Масні кислоти сполучаються з лугом і витворюють мила; при цьому не відомо, які саме частини товщу підлягають омилюванню. Досі вченим не пощастило розв'язати питання, чи розщеплюється увесь товщ, а потім кишки всмоктують гліцерин і масні кислоти, — чи розщеплюється лише частина товщу, а друга частина всмоктується просто у вигляді дрібнесеньких зерняток незміненого товщу. Нарешті, товщ спалюється в тваринному організмі, даючи йому велику кількість калорій тепла, й останнім витвором цього горіння є CO_2 й H_2O . Двоокис вугля виділюється диханням і знову вступає до світової виміни творива; вода виділюється нирками, потом і т. д. В ростинному організмі, як ми бачили вище, товщі перетворюються у вуглеводні і в такому вигляді вступають до виміни творива ростинного організму.

ГЛАВА XIV.

Білковина.

Студіюючи біологічну хемію, легко помітити, що подібно до того, як в органічній хемії головну роль відіграє вугіль, і органічна хемія є хемія злук вугля, тут найбільшу роль відіграє азот. Через це з тямкою організованої матерії тісно зв'язана тямка білковини, під нею завжди мислять надзвичайно складні злуки, що обов'язково мають азот. Далі в хемічній структурі білковини клітинного ядра висувається велике значіння фосфору, який в найбільш складних клітинах центральної нервової системи вже є настільки важливий, що вчений фізіолог Молешот дозволив собі відомий вираз «без фосфору нема думки». Отже, ідучи від мертвої неорганізованої матерії до матерії, що досягає найбільшого ускладнення структури й най-

більших функціональних можливостей, — до думки включно, — ми будемо бачити, як, з одного боку, все збільшується складність хемічної структури молекули цих субстанцій, а, з другого боку, як в їх склад входять і стають конечними нові хемічні елементи — спочатку вугіль, потім азот, нарешті, фосфор, як головний типовий елемент найвищих конструкцій. Тому можна висловитись: без вугля нема складних злук, без азоту нема живих, без фосфору —думаючих.

Білковинні тіла (альбуміни, протеїни) є субстанції безумовно конче потрібні для живої субстанції і вони саме витворюють найбільшу кількість усіх органічних злук клітинного тіла. Білковина складається з хемічних елементів — вугля, водня, сірки, кисня й азоту, з яких останній і є характеристичним елементом. Через це, протиставляють азотову субстанцію — білковину, двом другим субстанціям, що входять в склад живої матерії, — вуглеводню і товщам, цеб-то, безазотовим субстанціям. Молекула органічних вугляних злук, в тому числі вуглеводнів і товщів, вже досить складна й важка, — в білковинних субстанціях досягає надзвичайної складности. Білковинна молекула є велетень в порівнянні з молекулами всіх других хемічних злук. Не дивлячись на великі успіхи хемії білковини за останні 25 років, структура білковинної молекули ще остаточно не з'ясована. Можна лише ствердити за допомогою аналізу, при котрій білковинна молекула розкладається на велику кількість, порівнюючи більш простих, але-ж ще досить складних молекул, що будова молекули білковини надзвичайно складна. Тут, в білковинній молекулі, світова суть досягає найбільшого ускладнення і відповідно цьому набуває найбільш складних і незрозумілих атрибутів — здібність почувати, рухатись, думати, розплоджуватись.

Життя є атрибут найбільш ускладненої в своїй структурі світової суті, субстратом чого є жива білковина.

Не дивлячись на те, що білковина складається лише з п'яти елементів (C, H, S, O й N), її молекула має в собі кількість атомів, що перевищує тисячу. Так аналіза гемоглобіну білковинної субстанції, що знаходиться в крові та обарвлює її, дала таку формулу молекули: $C_{630} H_{960} N_{154} Fe_1 S_3 O_{179}$. Білковина, що знаходиться в насінні гарбуза, має таку формулу: $C_{292} H_{481} N_{90} O_{83} S_2$. Гемоглобін конячої крові ще складнішу: $C_{712} H_{1130} N_{214} O_{245} Fe_1 S_2$.

Подібні формули одержано при аналізі білковини курячого яйця й інших. Склад білковини з вищезазначених п'яти елементів колихається поміж слідуючими числами.

C	50,0—55,0%
H	6,5— 7,3%
N	15,0—17,6%
O	19,0—24,0%
S	0,3— 2,4%

Білковинні субстанції не розчиняються в етері й спирті. Деякі з них розчиняються в воді, інші лише при наявності лугів або кислот. Розчин білковинних субстанцій впливає на поляризований промінь і відхиляє рівень поляризованого світла ліворуч. При нагріванні розчинених білковинних субстанцій, при діланні деяких реагентів, а також в організмах, ці субстанції, що можуть переходити до нерозпускального стану — зсідуються. Білковина наближається по своєму хемічному характеру то до немічних лугів то до немічних кислот; останні з окисами важких металів витворюють солеподібні злуки. При нагріванні з міцними кислотами або лугами білковинні субстанції гублять воду і розкладаються на амоніак, сірководень та амінокислоти (тирозин, левцін, аспарагінову кислоту і т. д.). Білковинні субстанції підлягають також розкладу під впливом ферментів і бактерій. Як що залишити на повітрі білковину, з 15—20 частинами води при $+ 40^{\circ} \text{C}$, то вона розкладається, гниє, і в ній розвиваються різні мікроорганізми. При цьому білковинні субстанції розкладаються на двоокис вугля (CO_2), амоніак (NH_3), левцін, масні кислоти та смердючі індоли й скатолі. В залежності від здатності білковини розчинятись у воді, в неутральних розчинах солей, розбавлених кислотах чи лугах, білковинні субстанції прийнято класифікувати на такі групи.

І. Протеїни — справжня, природна білковина, цеб-то, білковинні тіла в повному розумінні слова, — типова білковина. Вони розчиняються в воді й немічних розчинах солей і відхиляють площу поляризації ліворуч. Їх поділяють на дві групи: а) альбуміни, що розчиняються в дистильованій воді, не випадають ні при насиченні їх розчином звичайної соли або магнезіум сульфідом, ні при напівнасиченні амоніумсульфідом, але випадають при повному насиченні їх амоніумсульфідом. Альбуміни не мають (відріжнення від глобулінів) глікоколя. До них належать: лактальбумін, цеб-то, альбумін, що знаходиться в малій кількості в молоці, сироватчаний альбумін сироватки крови (серум-альбумін), м'язовий альбумін — білковинне тіло м'язових клітин, що розчиняється у воді, ростинний альбумін,

що розчиняється в клітинному соці рослинних клітин, та де-котрі інші альбуміни. До них відносили раніш білковину пташиних яєць (овальбумін), але вона є більш складна злука білковини. б) Глобуліни, що не розчиняються у воді, але розчиняються в неміцних розчинах нейтральних солей або в розведених лугах. Як що наситити соляний розчин глобуліну солями, то глобулін випадає з розчину в вигляді коччя. Так само глобулін випадає з розчинів, коли їх звільнити зовсім від солей за допомогою дифузії в діалізаторі. Відріжняючись цим від альбумінів, глобуліни осідають також від додавання добре розведених кислот та шляхом введення CO_2 . До глобулінів належать: сироватчаний глобулін (серум-глобулін), цеб-то, глобулін розчинений в сироватці крові, далі фібриноген — також білкова сироватки крові, яка, виведена з кровоносних судин, сама собою зсїдається, чим досить часто зупиняється кровотеча без сторонньої допомоги; міозин, цеб-то, глобулін м'язів, що також легко зсїдається. Він виникає, наприклад, в м'язах після смерті й виявляється у відомому трупному застигу. Глобулін рослин, що надає клейкість зернам жита, пшениці та іншим і який утворює клейковину. Ця група широко росповсюджена в рослинному світі (у відміну від тваринного світу); вона добре розчиняється в спирті.

II. Протеїди. Сполучення протеїнів з другими небілковинними, по більшій часті, складними субстанціями, називають протеїдами. При цих злуках білковинна молекула діє хемічно, як неміцна кислота, і її можна витиснути з цих злук міцнішими кислотами, які стають на її місце — тоді білкова звільняється. Протеїди можна поділити на три групи.

А. Хромопротеїди, цеб-то, сполучення білковини з барвниками. Сюди належить хромопротеїд — гемоглобін, що знаходиться в червоних тільцях крові й має в собі коло 0,4% металічного заліза. Гемоглобін буває в двох формах: аморфній та кристалевій. Гемоглобін різних тварин має ріжну кристалеву форму. Він досить легко сполучається з киснем, очевидно, завдяки залізу, що знаходиться в його молекулі й який переводить гемоглобін в оксигемоглобін, що знаходиться в ясно-червоній бючковій крові. Оксигемоглобін дуже нетривкий і, розносячи кисень до всіх клітин тіла, легко віддає їм його, цеб-то, сам відновляється. Такий відновлений гемоглобін знаходиться в темно-червоній крові — жиловій.

Б. Глюкопротеїди — злуки білковини з вуглеводнями

або їх дериватами. При розкладі вони дають вуглеводень — глюкозамін. Між иншим, в справжніх протеїдах знайдено також і вуглеводневі групи; можна думати, що вони взагалі належать до числа витворів розщеплення білкової. В такім разі глюкотеїди відрізняються від справжніх протеїдів лише тим, що мають в собі вуглеводневі групи, як витвори розщеплення, в особливо великій кількості. Передусім до глюкотеїдів належить субстанція, що знаходиться в клітинах слизистих залоз, — слизня (муцин). Вона не розчиняється у воді, але ростягується в ній в формі тягучих слизистих ниток. Слизня знаходиться в слині, жовчі, секретах всіх слизистих залоз і оболонок, слизистих тканинах (пуповиння), в'язлях і т. п. У безхребовців вона знаходиться, головним чином, у слимаків і в шкірі голотурій. Трохи инший, ніж справжня слизня, є мукоїд. Сюди належить мукоїд, що його дістають з білкової курячого яйця, в'язел, костей, хрясток, склистого тіла ока, прозорки і т. д.

В. Нуклеотеїди — злуки білкової з нуклеїною кислотою. Ця остання є сполучення фосфорної кислоти з пуриновими лугами (гуанін, аденін, ксантин, гіпоксантин). Нуклеотеїди витворюють хроматинову субстанцію клітинних ядер й тому вони досить широко розповсюджені в тваринному й рослинному світі. Досить часто в склад нуклеотеїдів входить залізо. На ці субстанції ми звертаємо увагу тому, що вони надзвичайно характеристичні й приступні для вивчення в ядрах клітини. Можливо, що їх роль в житті ядра перебільшена, через те що наші відомості про инші складові частини ядра досить обмежені й не дозволяють зазирнути глибоко в таємницю ядрових функцій.

Г. Парануклеотеїди, або псевдонуклеотеїди — білковинні тіла, що мають в собі фосфор, але різко відрізняються від нуклеотеїдів тим, що не мають нуклеїною кислоти. Сюди належить казеїн молока всіх ссавців — він є псевдонуклеотеїд, сполучений з вапном (з вапнем). Казеїн зсідается від додавання кислоти чи сичуга, але не під час кипіння. При скисанні молока казеїн виділюється і має вигляд драглів — кисле молоко. При нагріванні драглистий казеїн перетворюється в творог. Віталін, що знаходиться в жовтку яйця, також, видимо, відноситься до парануклеотеїдів. У вигляді жовтих платівок кристалі віталіну зустрічаються в яйцях риб, жаб, черепах і т. д. В пташиних яйцях віталін знаходиться в аморфному вигляді.

III. Альбуміноїди. Альбуміноїди, що подібні до білковинних злук, своєю структурою і походженням, стоять досить близько до справжньої білковини, але з хемічного й фізіологічного боку виявляють багато інших особливостей. Вони не кристалізуються, складаються майже з одних моноаміно-кислот, майже зовсім не мають лізину, аргініну, гістидину, в них нема ароматичних груп, та при розщепленні вони не дають тирозину. Де-котрі з них не мають сірки. Вони знаходяться, головним чином, в підпорних й захистних тканинах тваринного організму і в тваринному організмі відповідають клітчанці рослин. Таким чином, більша частина субстанцій, що виділяються клітиною, як шкелет, для підпори або захисту м'яких частин організму, відносяться саме до альбуміноїдів. Так, кератин знаходиться в усіх витворах, що виділяються клітинами наскіря шкіри — в рогах, копитах, волоссі, вовні, пір'ї, нігтях і кігтях. Характерним для кератину є велика кількість сірки, що входить до його складу. Вони дуже тривкі супроти травлення шлунковим і кишковим соком, а також — супроти гниття. В мієлінових оболонках нервів знаходиться неврокератин. Досить близько до кератину стоїть овокератин, що витворює основу яйцевої оболонки в яйцях великої кількості тварин.

Е л а с т и н — основна субстанція еластичних волоконцець, — його багато в потилишнім в'язлі, що з'єднує голову з остюватими виростками шийових хребтів.

К о л л я г е н — головна складова частина злучнотканних волоконцець, в'язел, стяг, тужнів, основна органічна субстанція кісток і хрясток. При кипінні з водою переходить в глютин або клей, чому клей і роблять з кісток.

С п о н г і н — кістякова субстанція морських губок.

К о н х і о л і н — органічна субстанція скоек м'якунів.

К о р н е ї н — також складова частина коралів і багатьох інших подібних субстанцій, що беруть участь в творенні шкелетів безхребтовців.

Ф і б р о ї н і с е р и ц і н, або шовковий клей є головною складовою частиною шовкової павутини комах і павуків.

І х т и л е н і д и н витворює коло $\frac{1}{5}$ усієї органічної субстанції луски риб.

Надзвичайна кількість білковини не лише в складі клітини, а також в складі підпорних і захистних тканин та органів, становить найхарактеристичнішу рису тваринного організму в порівнянні з рослинами. В рстинному світі шляхом комбінації різних вугле-

воднів витворюються різноманітні полісахариди. Подібно до цього з досить однородної білковини їжі тваринний організм витворює різну білковину своїх тканин і клітин. Приклад розглянутих перед цим альбуміноїдів показує, як тваринний організм пристосовує до своїх різноманітних функцій білковинну субстанцію, будуючи з неї такі, наприклад, органи, як роги, копита, кігті і т. д.

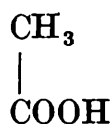
IV. Ензими (ферменти). До альбуміноїдів відносять також ще далеко нез'ясовані хемічні тіла, що грають ролю каталізаторів в ростинних і тваринних організмах. Їх хемічна природа не з'ясована тому, що одержати їх в хемічно-чистому вигляді не вдалося. Пощастило лише виготовити препарати з ферментативним діланням, але-ж вони не давали реакцій білковини. Нема сумніву, що фермент має складно збудовану молекулу; всі ферменти мають азот, більшість ще сірку й фосфор, у де-котрих доведена наявність хлору та заліза. Що-до впливу, то всі ферменти поділяються на: 1) ферменти, що розщеплюють вуглеводні; 2) ферменти, що розщеплюють товщі; 3) — білковину; 4) — що розкладають нуклеїнову кислоту; 5) осадові ферменти; 6) окиснюючі, що допомагають окиснюванню субстанцій, які тяжко окиснюються або оксидази; 7) ферменти, що викликають шумування або зимази і т. д. Ферменти можуть не лише розкладати тіла складної структури, але й можуть діяти у відворотному напрямі, витворюючи синтези.

Після того, як ми старалися дати загальну характеристику білковинних субстанцій та їх класифікацію, ми спробуємо дати загальне уявління хемічної структури білковинної молекули.

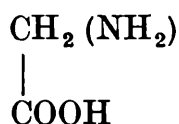
Т о в щ е в и й р я д.

Моно-аміно-моно-карбонові кислоти, цеб-то, кислоти, що мають одну групу — NH_2 і одну — COOH . Сюди належать:

1. **Аміно-оцтова кислота або глікоколь.** Його склад і структуру легко з'ясувати з наступного. Насичений вуглеводень метан CH_4 дає оцтову кислоту такої структурної формули:

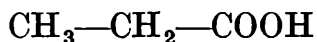


оцтова кислота, утворена заміною в метані одного Н скупченням COOH .



аміно-оцтова кислота, утворена заміною одного Н в оцтовій кислоті скупченням NH_2 .

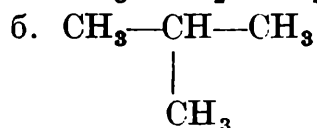
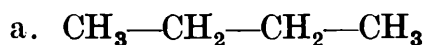
2. А л а н і н а б о α -а м і н о-п р о п і о н о в а к и с л о т а.
Насичений вуглеводень етан (C_2H_6) дає пропіонову кислоту:



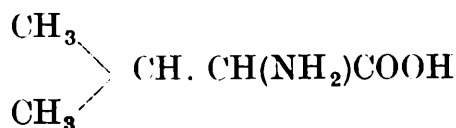
Заміною одного атому Н скупченням NH_2 одержимо аланін:



3. З насиченого вуглеводня (C_4H_{10}) ми маємо валеріанову кислоту. Сам бутан може бути в двох ізомерних формах: а—нормальний бутан й б—ізобутан.



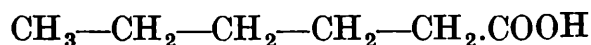
Як що в ізобутані ми замінимо один атом Н скупченням $COOH$, то одержимо ізовалеріанову кислоту. Заміною в ньому одного атома Н групою аміно- (NH_2) одержимо α -а м і н о-і з о-в а л е р і а н о в у к и с л о т у а б о в а л і н:



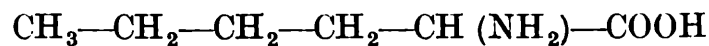
4. Нормальний пентан (C_5H_{12}) має таку структурну формулу:



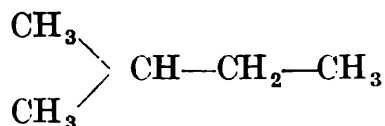
З метану ми можемо вивести капронову кислоту такої формули:



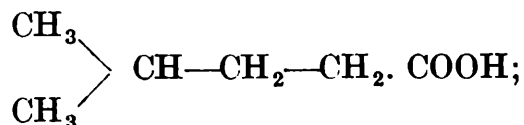
З капронової кислоти можна вивести α -а м і н о-к а п р о н о в у к и с л о т у, що має назву н о р л е в ц і н:



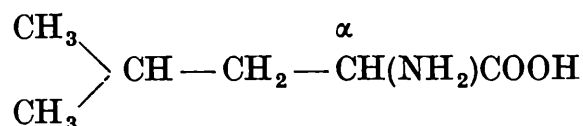
5. Насичений вуглеводень ізопентан (C_5H_{12}) такої формули:



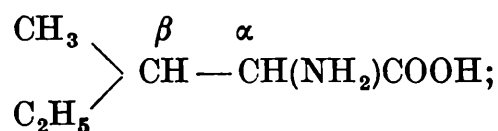
заміною одного атома Н групою $COOH$ дає ізокапронову кислоту:



з неї ми можемо вивести α -аміно-ізо-капронову кислоту, або левцін:

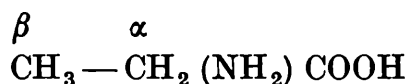


6. Ізолевцін або α -аміно- β -метил- β -етил пропіоновий kwas. Його можна вивести, як що в пропіоновій кислоті замістимо два атоми водня скупченнями метилу (CH_3) й етилу (C_2H_5), а третій атом Н при карбоксилі скупченням —NH_2 . Ізолевцін має таку формулу:

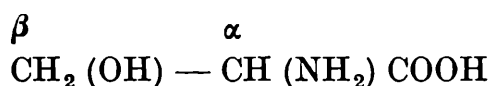


Ізолевцін знайдено спочатку в м'ясі, а потім в тваринній і рослинній білковині.

7. Моно-аміно-оксикислоти: Серин або α -аміно- β -оксипропіонова кислота. Досить близько до аланіну,



стоїть серин; його можна вивести з аланіну, заміною одного атома Н, в положенні β , групою OH— (гідроксиль). Серин має таку формулу:



8. Двоосновні амінокислоти. Аспарагінова кислота або α -аміно-янтарова кислота. Спочатку уявім собі двоосновну янтарову кислоту:



Взагалі двоосновні кислоти виводять з вуглеводнів заміщенням двох атомів водня двома карбоксилями $(\text{COOH})_2$; або їх можна вивести з одноосновних кислот заміщенням в алкіль одного атома Н карбоксилем. Так з метану можна отримати кислоту такої формули:



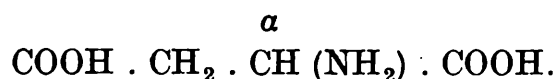
це — мальонова кислота; але її можна також вивести з оцтової кислоти:



заміщенням одного атому Н карбоксилем. Таким чином, в пропіонової кислоти:



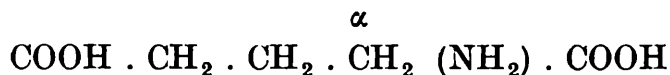
можна вивести янтарову кислоту, а з неї α -аміно-янтарову кислоту заміщенням одного атому Н аміно-скупченням



9. Г л ю т а м і н о в а ч и α - а м і н о-г л ю т а р о в а к и с л о т а. Як що в пропані (C_3H_8) замістити два атоми Н двома карбоксилями (COOH), то ми можемо вивести двоосновну глютарову кислоту:

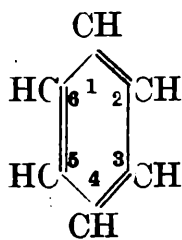


з неї легко вивести α -аміно-глютарову кислоту:



заміщенням одного атому Н в глютаровій кислоті групою аміно (NH_2). Глютамінова кислота у великій кількості входить в склад рстинної білковини, особливо тої, що знаходиться в насінні. Обидві бікарбонові кислоти (8 і 9) дуже розповсюджені в рстинному світі в вигляді амідів. Особливо це відноситься до аміда α -аміно-янтарової кислоти, що має назву а с п а р а г і н.

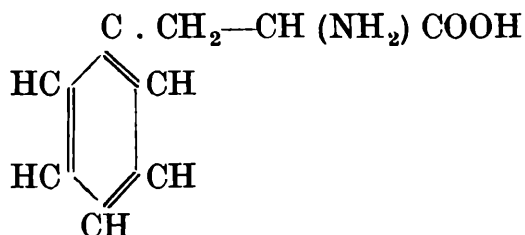
Ароматичні злуки. Представником ароматичних злук, як відомо, є вуглеводень бензол C_6H_6 (ненасичений вуглеводень $\text{C}_n\text{H}_{2n-6}$), який належить до групи злук, що мають замкнуту циклічну групу вугляних атомів, як протилежність масним або аліфатичним злукам, що мають відкрите угруповання вугляних атомів. Як що ми зупинимось на формулі Кекуле (р. 1865), залишивши розгляд інших формул, то структуру бензолу можна уявити собі так:



Всі ароматичні злуки можна вивести з вуглеводня бензолу подібно до того, як всі аліфатичні злуки ми виводили з метану. Через це в аро-

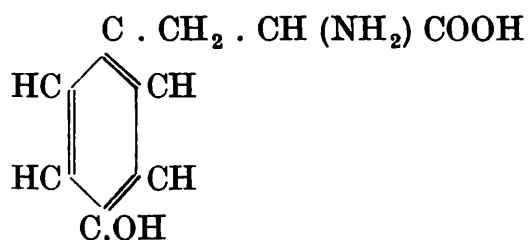
матичних злук завжди мусить знаходитись бензольове ядро, що складається з шести атомів вугля.

10. Таким чином, ароматичні кислоти можна вивести з ароматичних вуглеводнів заміною в останніх атому водня — карбоксилем (COOH). Подібним шляхом ми можемо вивести феніл- α -аміно-пропіонова кислота або фенілаланін з α -аміно-пропіонової кислоти заміною одного атома Н групою феніла (C₆H₅-феніл або радикал бензолу)



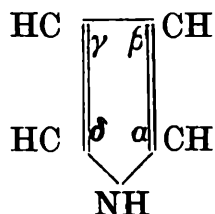
Ця злука має назву фенілаланін; його одержали з етіолізованих виростків лупіну. Тепер він одержується при гідролізі всіх білковинних тіл.

11. Тирозин або пара-окси-феніль- α -аміно-пропіонова кислота, що має таку формулу:

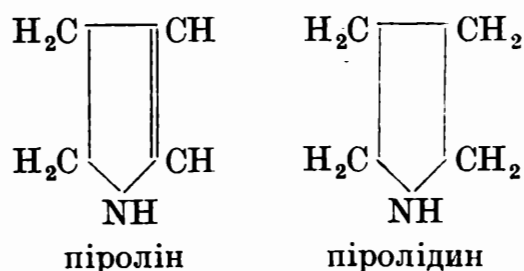


Тирозин дає реакції, властиві білковині, а саме, дає мілонову й ксантопротеїнову реакції.

Гетероциклічні сполуки. Гетероциклічними називаються такі злуки з замкнутими ланцюгами атомів, в яких ланцюг є витворений не лише вуглем (карбоциклічні злуки), але й атомами других елементів. Ланцюг гетероциклічних, так само як і карбоциклічних злук може бути утворений трьома, чотирма й більшою кількістю атомів. До таких злук належить пірол, що має таку структурну формулу:

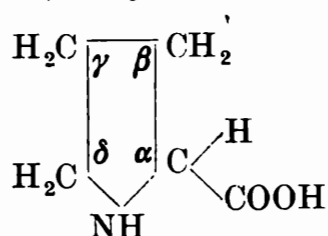


Піролову групу зустрічаємо в багатьох природних тілах, наприклад, в обарвлюючій субстанції крові, в хлорафілі, в де-котерих алкалоїдах і білковинах. При відновленні піролу ми одержуємо опочатку ді-гідропірол, або піролін C_4H_6NH , а потім тетра-гідропірол, або піролідин.

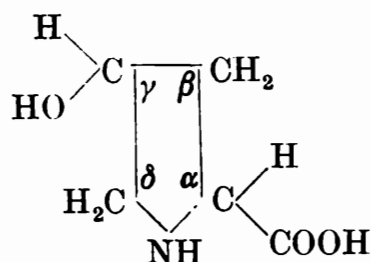


Під час гідролізу білковинних тіл (казеїну, альбуміну, фібрину) ми одержуємо:

12. Пролін або α -піролідин-карбонова кислота, яку ми можемо вивести заміною одного атому Н при С α скупченням $COOH$, цеб-то, ми будемо мати пролін ($C_4H_7 \cdot COOH \cdot NH$)

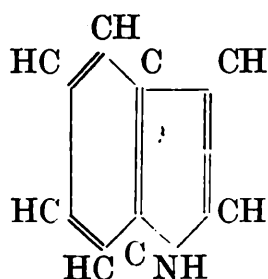


13. З проліну легко вивести окси-пролін заміною одного атома Н в проліні при С γ групою OH . Окси-пролін або γ -окси- α -піролідин-карбонова кислота має таку формулу:



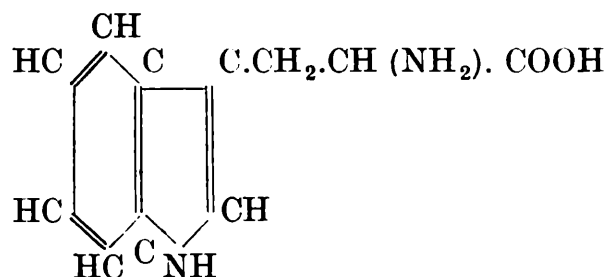
Пролін й оксипролін виділено з витворів розкладу білковинних тіл. Пролін майже завжди знаходиться в складі білковинної молекули.

Індолова група. Як що ми з'єднаємо ядро піролу з бензолевим ядром, то одержимо складний гетероциклічний ланцюг такої структури:



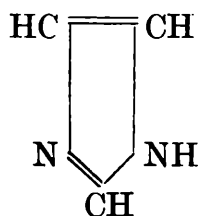
Така злука має назву індол (C_8H_7N); з ним в досить близькому звязку знаходиться всім відомий барвник індиго. Як що в цю складну злуку ввести α -аміно-пропіонову кислоту, то будемо мати таку злуку:

14. β -індол- α -аміно-пропіонова кислота або триптофан або індол-аланін такої формули:

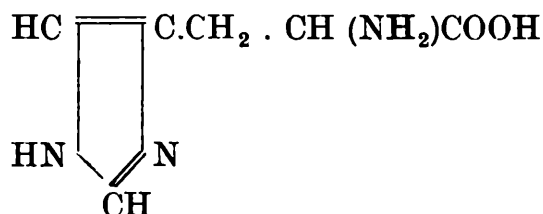


Індол, скатол і триптофан повстають при гнитті білковини.

Імідазолова група. 15. Гістидин або β -імідазол- α -аміно-пропіонова кислота. Візьмим імідазол, цеб-то, тіло такої формули:

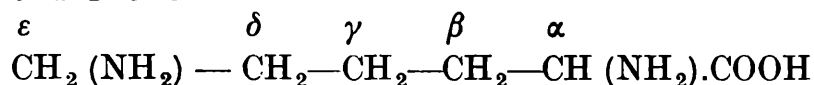


Один водень в імідазолі замістимо аланіном, цеб-то, α -аміно-пропіоною кислотою $CH_3-CH(NH_2)COOH$, і ми одержимо формулу гістидина такої структури:



Діаміно кислоти. Досі ми одержали лише три діаміно-кислоти.

16. Лі з и н а б о α , ϵ -д і-а м і н о-к а п р о н о в а к и с л о-
т а. Капронову кислоту $C_5H_{11}COOH$ можна вивести з пентана C_5H_{12} .
Як-що тепер два атоми Н в капроновій кислоті замінити при
двох С зі значком α й ϵ аміновими скупченнями (NH_2), то будемо
мати таку формулу:



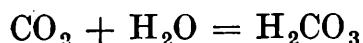
Лізін знайшли при розщепленні казеїну сільною кислотою,
при чому, крім амоніака й моноамінокислот, одержано витвори з
виразними луговими властивостями; між цими витворами її зна-
ходиться лізін. Як що на лізін посіяти бактерії гниття, то з лізину
шляхом відщеплення CO_2 витвориться пента-метил-ді-амін або
кадаверин — надзвичайно сильна трупова отрута. Лізін знаходиться
в складі рослин і досить часто трапляється серед витворів розпаду
білковини.

17. О р н і т и н а б о α - δ -д і-а м і н о-в а л е р і а н о в а
к и с л о т а. Щоб зрозуміти склад цього тіла ми мусимо з'ясувати
собі спочатку його структуру. З бутану вибодимо валеріанову
кислоту C_4H_9COOH , — а з неї заміщенням двох атомів Н при С зі
значком α й δ скупченням NH_2 одержимо орнітин такої формули:

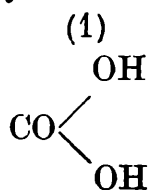


18. А р г і н і н а б о δ -г у а н і д і н о- α -а м і н о-в а л е р і а-
н о в а к и с л о т а. Для зрозуміння її структури ми мусимо по-
дати де-які загальні відомості, що стосуються до цієї кислоти.

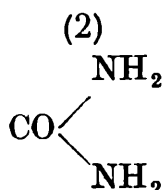
Своїми хемічними властивостями CO_2 є кислий окис (вугляний
ангідрид), що з водою дає вугляну кислоту:



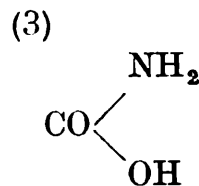
Це надзвичайно нетривка та неміцна кислота, що існує лише у водному
розчині й в чистому вигляді її ще не одержано. Вугляна кислота (1)
може давати цілий ряд влук, а між ними й аміді вугляної кислоти,
а саме, карбамід або мочевину (2) та карб-амінову кислоту (3) такої
формули:



вугляна кислота

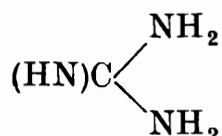


карб-амід або мочевина

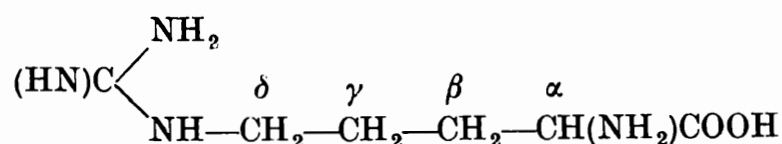


карб-амінова кислота.

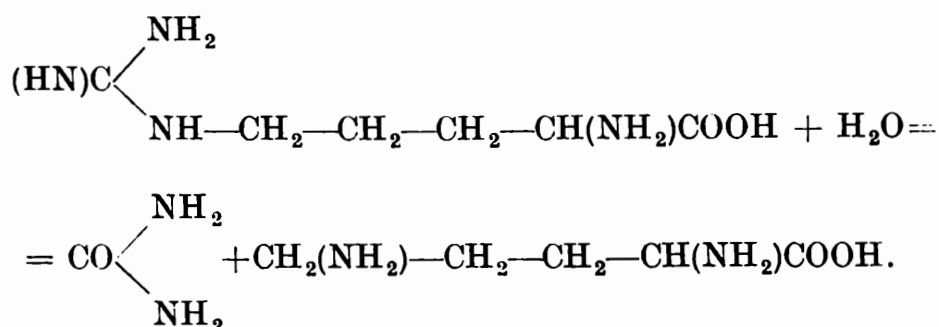
Як що в мочеви́ні замість кисня поставити скупчення «імідо» NH, то ми будемо мати імідо-мочевину або гуанідин:



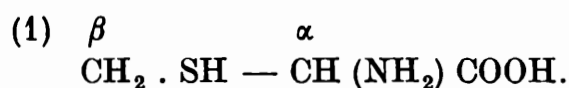
Вищезазначений орнітин постійно знаходиться в сполученні з залишком гуанідину й витворює разом з ним складне тіло аргінін такої формули:



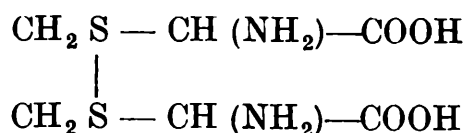
Аргінін під впливом особливого ферменту — аргінази — розщеплюється на орнітин і мочеви́ну. Аргіназа знаходиться в різних органах. Розщеплення відбувається за такою формулою:



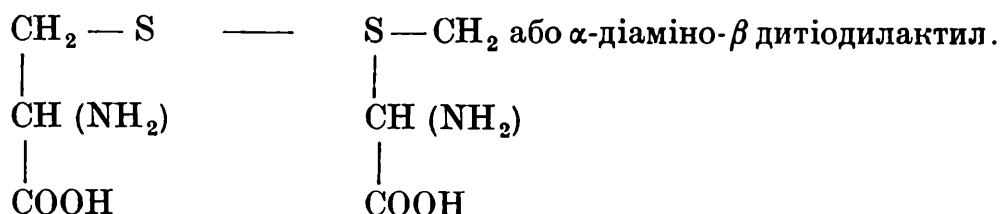
19. Ц і с т и н. Сірка взагалі є інтегральна частина білковинної молекули, але єдиною сірковою субстанцією, що складає білковинну молекулу є цистин, його знайдено між витворами розкладу багатьох білковинних тіл. Спочатку розглянемо цистеїн, що є α -аміно- β -тіо-пропіоновою кислотою (1), яку можна одержати з пропіонової кислоти ($\text{CH}_3 - \text{CH}_2 \text{COOH}$) заміною двох атомів H групами SH й NH_2



З цистеїну виникає цистин, як його дисульфід. Отже формула цистину виглядає так:



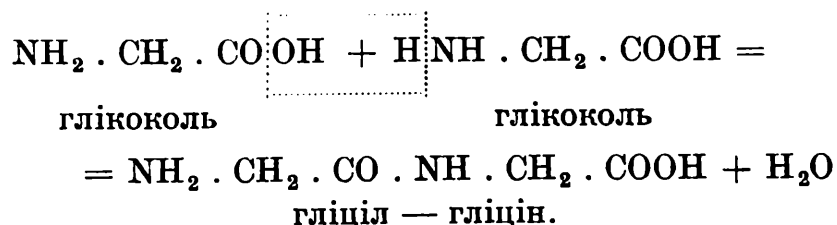
або по Абдергальдену:



Доведено, що в молекулі білковини знаходиться не цистеїн, а цистин.

Всі хемічні злуки, що ми їх перед цим розглянули, можна одержати при ферментній гідролізі білковини. Через те що ферментне розщеплення є одним з самих обережних способів розкладу, то можна припустити, що всі розглянені витвори дійсно беруть участь в будуванні білковинної молекули.

Отже, витворами розщеплення білковини являються, крім амоніака, майже виключно амінокислоти. Через це ми мусимо дивитись на білковинну молекулу, як на надзвичайно складну, та в якій головніші групи атомів зібрані в амінокислоти. Де-котрі з цих амінокислот мають в собі ароматичні скупчення, в інших білковинних тілах амінокислоти сполучені з вугльоводневими групами. Яким способом з'єднуються між собою в білковинній молекулі окремі амінокислоти — зовсім невідомо; можна припустити різні способи, які, може, існують всі разом. До цього часу доведено існування лише одного роду сполучення, де амінове скупчення одної кислоти сполучається з карбоксільовим скупченням другої. Таким чином, з двох молекул глікоколя або аміно-оцтової кислоти утворюється гліцил-гліцин. Сам Е. Фішер думав, що амінокислоти в білковині витворюють злуки по типу кислотних амідів. Він довів, що амінокислоти легко сполучаються одна з одною, і що при цьому виділяється вода. Тут амідове скупчення одної амінокислоти реагує з карбоксилем другої, цеб-то, сполучення йде по такій формулі:



Таким злукам, що складаються з двох або більшої кількості амінокислот, Fischer дав назву пептидів, а для відрізнення їх він називав окремі пептиди за числом амінокислот, що складають даний поліпептид: дипептиди, трипептиди, тетрапептиди і т. д. Поліпептиди можна одержати не лише з однакових, але й з різних амінокислот. Найбільш складним з одержаних таким шляхом поліпептидів є 19-членний ланцюг, що складається з 4 молекул левціну та 15 молекул глікоколю, з молекулярною вагою 1326. Поліпептиди стоять досить близько до білковини й до пептонів (цеб-то, витворів перетворення білковини під впливом шлункового соку й сільної кислоти). Вони дають т. зв. біуретову реакцію, характеристичну для білковини. Також і до гідролізу вони ставляться подібно до білковини, розкладаючись з витвореннями амінокислот. Наслідок впливу черевослинки на білковину й поліпептиди однаковий. Таким чином, між білковою й поліпептидами знайдено цілий ряд спільних властивостей. Крім того, між витворами гідролізу деяких білковинних тіл знайдено поліпептиди, зовсім тотожні з поліпептидами, що їх одержували штучно. Звідціль ясно, що спосіб угруповання амінокислот в білковині й в штучних поліпептидах однаковий. Різні білковинні тіла відрізняються присутністю або відсутністю певних хемічних ядер, неоднаковою кількістю цих ядер і неоднаковим угрупованням ядер в молекулі. Але й при абсолютно однаковому кількісному відношенні ядер, можна одержати майже безмежну кількість їх комбінацій, цеб-то, хемічних ізомерів, шляхом перегруповання окремих ядер в білковинній молекулі. Численні спостереження свідчать, що білковинні тіла різних родів тварин, а може й різних індивідумів, становлять такого роду ізомерні субстанції, і їх надзвичайно гяжко відрізняти за хемічним складом. Тому кожний рід рослинного або тваринного світу характеризується властивою йому одному структурою білковинної молекули (родова властивість білковини). Існує, очевидячки, не лише родова білкова, але й індивідуальна, що властива кожному живому індивідуму й чим небудь відрізняється від білковини другого індивідума. Принаймні спостереження на полі медичної біології виразно стверджують ці думки.

Синтеза білковини в рослинному організмі.

Послідовний ряд хемічних формул, що з'ясували б нам, яким чином рослини будують білковину з вуглеводів, втягуючи під час

цього будування азот і сірку, — лишається невідомим. Але з елементарного складу білкової видко, що будування білкової молекули неможливе без приєднання сірки, фосфору і азоту, тому що цих субстанцій у вуглеводах нема. Спочатку розглянемо більш просте питання — про джерело сірки. Ростина одержує сірку з ґрунту за допомогою коріння. Сірка знаходиться в ґрунті, головним чином, у вигляді лугових сіркових солей і гідроксидів земельних металів (Zn, Na, K, Rb, Cs—Ca, Sr, Ba і т. д.). В рослині сірка витрачається майже виключно для синтезу білкової. Також в тваринній білковій сірка є складовою частиною білкової молекули. При окиснюванні білкової в тілі тварини, сірка, здебільшого, перетворюється в сірчану кислоту, що в вигляді соли лугового металу знов повертається до загального коловороту. Так, напр., в природі знаходиться кальціумсульфід (Ca SO_4) 1) у вигляді гіпсу $\text{Ca SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ чи 2) безводного кальціумсульфіду (Ca SO_4). Ця сіль досить тяжко розчиняється у воді — 2 гр. на один літр. Саморідна сірка витворилася, головним чином, з гіпсу. Порооди, в яких зустрічається саморідна сірка, почасти складаються з гіпсу й вапняка, й просякнуті органічними субстанціями (напр., асфальтом), що поновлюють гіпс. Крім того, поновлюють гіпс вже вищезазначені нами сірчані бактерії, що споживають сірку, перетворюючи її в сірчану кислоту. Кількість вільної сірки в цих бактеріях доходить до 25% ваги їх тіла.

Тепер розглянемо складніше питання про джерело азоту. Найпростіше було б рослині використовувати велику кількість азоту, що знаходиться в атмосфері земної кулі. Однак досліді показали, що фотосинтезуючі зелені рослини зовсім нездатні до використання газового азоту. Досліді робились так, щоб можна було дізнатись, чи збільшується кількість азоту в рослині, коли вона не одержує азоту з ґрунту в вигляді азотистих з'єднань. Для досліді беруть насіння; по аналізі одної частини його другу беруть для експерименту. Насіння треба посадити не в природний ґрунт, але в спеціальний штучний, наприклад, у перепалений і промитий кислотами пісок, або в перетовчену пемзу і т. д. Сам по собі такий ґрунт нічого не може дати рослині, а через це до нього додають необхідних мінеральних субстанцій за винятком азотистих. Ріст насіння іде при світлі, щоб рослина могла витворювати з вугляної кислоти безазотисті субстанції. Коли ріст іде на свіжому повітрі, то аналіз однієї рослини показує деякий невеликий прибуток азоту. Річ в тому, що атмосферне повітря, крім азоту, має ще невелику

кількість амоніакових (азотових) злук. Через це експеримент треба робити так, щоби рослина одержувала повітря, позбавлене амоніакових злук. Для цього потрібно, щоб насіння росло в спеціальній скринці, до котрої повітря проходить через прилад з сірчаною кислотою, що затримує амоніакові злуки. При такому експерименті рослина буде розвиватись гірше, ніж при нормальних умовах, і при аналізі ми матимемо таку саму кількість азоту, яка була в насінні до експерименту.

Отже, рослина не може засвоювати вільний азот і мусить брати його в формі азотових злук, цеб-то, звязаного азота. Через це ми мусимо шукати первісні джерела звязаного азоту. Перед тим було зазначено, що атмосферне повітря має певну кількість азотових злук. А саме, під час бурі повітряна електричність впливає на азот, кисень і водяну пару повітря, при чому витворюється невелика кількість нітратової (HNO_3) й нітритової (HNO_2) кислот. Це ми можемо довести дослідами. Як що в циліндрі над ртуттю ми будемо мати певну кількість газів — азоту та кисня і через них будемо перепускати ряд електричних іскр, то одержимо спочатку окис азоту NO (або N_2O_2), що з киснем повітря легко утворює двоокис азоту, NO_2 , а NO_2 з водою дає мішанину нітратової й нітритової кислот (HNO_3 й HNO_2). Таким чином, рослина після бурі одержує разом з дощовою водою, що падає на неї, азотові злуки, що перед тим повстали. Виявилось, що кількість цих злук невелика, порівнюючи з потребою в них вищих рослин. Цікавий підрахунок зробив Бусеньо. Він знайшов, що в літрі дощової води кількість HNO_3 не перевищує 0,006 гр., звичайна ж кількість HNO_3 є 0,001 — 0,003 гр. Як що взяти на увагу кількість атмосферичних осадів, то кількість звязаного азоту буде рівною 1—6 кілограмів на десятину. Між тим на десятину, зарослу рослинами, потрібно 50 klg. азоту.

Щоби задовольнити потребу в азотових субстанціях, рослина мусить мати в ґрунті вже готові запаси звязаного азоту. Ці запаси знаходяться у вигляді останків померших рослин і тварин. Як що живі істоти — рослини й тварини — гинуть, органічні субстанції їх тіл підлягають гниттю. При цьому більша частина азоту переходить в амоніак. 1) Частина амоніаку відлітає в стані газу до атмосфери, а знов повертається до ґрунту разом з атмосферичними осадами, що дають коло 2 klg. амоніакового азоту на одну десятину. 2) Амоніак залишається в ґрунті і перетворюється в солі нітратової кислоти, головним чином, в салітру, цеб-то, в каліумнітрат (KNO_3). Вже

давно було відомо, що в ґрунті на полях витворюється салітра, а саме, при окиснюванні органічних субстанцій, що мають в собі азот, при вільному приступі повітря та води. Штучно одержують салітру в т. зв. салітарнях, де гній і різні відпадки разом з деревним попілом і вапном підлягають впливу повітря на протязі 2—3 років. По-перше Бертело 1892 р. показав, що витворення салітри — нітрифікація — залежить від життєвої діяльності мікроорганізмів. Виявилось при докладнішому студіюванні, що процес нітрифікації є досить складний і потребує послідовної праці цілого ряду бактерій. Одні бактерії окиснюють амоніак до нітритової кислоти (т. зв. нітритовий мікроб), другі перетворюють нітритову кислоту в нітратову (нітратовий мікроб). Отже ці нітрифікуючі мікроорганізми належать до тієї категорії бактерій, що можуть спалювати неорганічні субстанції замість органічних так само, як і вищезазначені хемосинтезуючі бактерії (сірко-залізо, — водне-бактерії). Нітрифікуючі бактерії здатні відщеплювати вугіль від вугляноквасного газу в цілковитій темряві без допомоги соняшної промінистої енергії. При цьому відщеплення вугля відбувається за рахунок хемічної енергії, що звільняється під час окиснювання NH_3 . Проф. Віноградському вперше вдалося одержати нітрифікуючі мікроорганізми в чистій культурі, й він дав їм назву *Clostridium Pasteurianum* на честь Пастера. Пізніші досліди показали, що в ґрунті і в морській воді існують ще інші мікроби, що зв'язують азот. Так Байєрінк знайшов безбарвний організм, що нагадує синезелений водоріст, і дав йому назву *Azobacter chroococcum*. Агрономічна практика вже давно показала, що бобові рослини мають властивість збагачувати ґрунт азотом. Як що ми будемо на одному ґрунті сіяти скільки років лише хлібні рослини, наприклад, пшеницю, без угноєння, то, наслідком невиспичаючої кількості азоту, матимемо надзвичайно погані врожаї. Але, як що згодом на тому самому ґрунті посіємо, знову без угноєння, конюшину, горох або люпін, або взагалі бобову рослину, то цей ґрунт збагатіє на азот. Коли тепер на слідуючий рік посіємо знов пшеницю без угноєння, то будемо мати добрий врожай з більшою кількістю азоту, ніж до засіву бобовими рослинами. Річ в тому, що на корінцях бобових рослин знаходяться особливі витвори—жовни, в яких живе велика кількість надзвичайно дрібних бактерій в бактероїдній тканині, що витворилась з корінців рослини. Ці жовни розвиваються наслідком зарази корінців бактеріями, що знаходяться скрізь у ґрунті. Як що бобові рослини посадити до ґрунту, що перед

тим був нагрітий — чим знищуються бактерії, то жадні жовни не розвиваються й жадного накопичення азоту не буде. Отже бобові рослини засвоюють вільний азот при допомозі бактерій, що знаходяться в жовнах корінців цих рослин. Можна вважати за цілком доведене, що найважливіші субстанції, які постачають рослині азот, є амоніак і нітратова кислота. Але обидві ці субстанції мусять бути у вигляді солей, бо рослина не переносить вільних кислот і лугів. Досвід показав, що рослина може розвиватися нормально, одержуючи весь азот у вигляді салітри. Рослини, що одержують у вистачаючій кількості салітру, не лише розвиваються добре й мають велику кількість азоту, але також витворюють велику кількість азоту і безазотових субстанцій. Порівнюючі досвіди показують, що засвоєння азоту впливає посереднє на засвоєння вугля. Це зрозуміло, бо апарат для синтезу вуглеводів є клітина, яку не можна уявити собі без білковини, цеб-то, без азота. Як що рослина при недостатці азоту не може витворювати білковинних субстанцій, то незабаром вона не зможе й припасати вуглеводи. Салітра знаходиться в тканинах рослин, а де-які рослини, як соняшник, буряк, мають її в досить великій кількості. Вона знаходиться в корінні, стеблі, бильнику, судинах листків, але в зеленому мякуші її звичайно не буває. Це дозволяє думати, що переробка салітри, цеб-то, виготовлення її без участі білковини, відбувається в зеленому мякуші, а саме там, де витворюються з води й двоокису вугля — вуглеводи. Більшість рослин воліють краще салітру, ніж інші амоніакові злуки. Рослини розвиваються краще, коли одержують нітратову, а не амоніакову сіль, як що кількість азоту в цих злуках однакова і всі інші умовини рівні. Лише дріжджі та цвіль воліють краще амоніак, ніж нітратову кислоту. Ми вже бачили, що витворення нітратової кислоти, що перетворюється в салітру, в ґрунті є наслідок діяльності нітрифікуючих бактерій. Через те умови, що сприяють припиненню життя в ґрунті, припиняють і витворення нітратової кислоти. Отже, коли ґрунт добре нагріти, то кількість нітратової кислоти в ньому не збільшується. Але коли ми додамо до такого ґрунту ненагрітий, свіжий ґрунт, цеб-то, заразимо його нітрифікуючими бактеріями, то здатність витворювати нітратову кислоту знов повернеться. Хлороформування ґрунту також припиняє процес, але після виділення пари хлороформу витворення нітратової кислоти поновлюється. Нітратова кислота та амоніак не є поодинокі джерела азоту для рослини. Існує цілий ряд органічних субстанцій, які можуть постачати рослині азот, за-

ступаючи салітру. А саме — аспарагін, тирозин, левцін — субстанції, що витворюються в рослині з білковини й які накопичуються в ній під час голодування. Крім того, мочеви́на, в котрій у ссавців виділяється з сечею більша частина білковинного азоту, й інші подібні злуки, що їх немає в рослині, можуть цілком заступати салітру. Під впливом де-котрих родів бактерій мочеви́на перетворюється в амоніак, а він, як вже було зазначено, переходить в нітратові солі, а з нітратів рослина може вже витворювати білковинну молекулу. Ця рослинна білкова́на, після смерті рослини, гниє, при чому більша частина азоту переходить знову в амоніак, або рослинна білкова́на з'їдається твариною, розкладається в її організмі й знову у вигляді білковинного азоту виділяється з мочевиною.

Таким чином, азот, перетворюючись з органічних субстанцій в неорганічні, робить певний ко́лоровот.

Як вже було зазначено, думають, що найголовніша роль при синтезі білковини припадає листкам. Думають також, що спочатку витворюються амінокислоти, які сполучуються одна з одною і дають складніші субстанції та, нарешті, витворюють молекулу білковини. Цей процес хоч і не припиняється в темряві, але при світлі йде інтенсивніше. Як витворюються амінокислоти, досі невідомо. Можливо, що вони походять з простіших вугльоводнів, наприклад, з гліцерози; але також можливо, що амінокислоти уявляють в себе безпосередні витвори асиміляції. На особливі труднощі ми натрапляємо, з'ясовуючи асиміляцію нітратів. Нітрати мусять підлягати відновленню. Дійсно, вдається довести утворення нітратів у рослині. Приймають, що HNO_3 переходить в HNO_2 , а нітритова кислота дає $\text{HN} \equiv \text{O}$; тоді під впливом води мусить витворитись гідроксиламін $\text{NH}_2\text{—OH}$, що разом з формальдегідом, який витворюється, як вже було зазначено, при відновленні вугляної кислоти — дає форма́мід CON—NH_2 . Думали також, про можливість витворення ціановодневої кислоти HCN й про поновлення нітратів у амоніак. Однак, певних висновків не можна зробити і витворення амінокислот, а значить, і білковини в рослині ще цілком не з'ясоване. Трохи краще стоїть справа з досліджуванням виміни творива білковини в проростаючому насінні. Зрозуміло, що з крохмалю або товщів не можна збудувати рослину; крохмаль дає матеріял для дихання рослини та для будування оболонок клітини з целюлози, як це ми вже бачили. Але для будування цитоплазми й ядер конче потрібні азотові субстанції. Тому в дорослому насінні майже завжди знаходимо великий за-

пас білковини. Коли насіння починає проростати, то в ньому повстають великі хемічні перетворення, яким підлягають всі складові частини клітинного тіла. Вище ми зазначили перетворення вуглеводів у товщі й навпаки. Одночасно починається гідроліза білковини, що під впливом протеолітичних ферментів розщеплюється на простіші субстанції. При цьому спочатку витворюються пептони, а потім амінокислоти, які почасти підлягають дальшому перетворенню. А саме, при проростанні знаходять иноді в значній кількості такі субстанції, як аспарагін, тирозин, левцін, глютамін. Початок проростання насіння є подібний з хемічного боку до процесу травлення в кишках тварини. Клітини зародка розкладають субстанції, щоб з витворів розщеплення витворити різні складові частини свого тіла. Цікаво підкреслити, що аспарагін, а иноді й глютамін виникають в рослині під час голодування. Як що цілу рослину або, краще, зрізану гілячку держати скільки днів у темряві в вохкому повітрі, то в молодих частинах, що ростуть, виникає аспарагін разом з левціном, тирозином та іншими амінозлуками. Що довше триває голодування, цеб-то, чим більш рослина втрачає своїх вуглеводів, потрібних для росту й дихання, то більше накопичується аспарагіну та споріднених з ним субстанцій. Вони витворюються з білковини та знову можуть дати білковину; лише для цього потрібні вуглеводи. Зараз же після того, як таку голодуючу рослину, в накопиченим аспарагіном, винесемо на світло, аспарагін ступнево зникає, очевидно, разом з вуглеводами і дає знову білковинні злуки.

Тимчасове витворення таких субстанцій, як аспарагін, може бути корисне, через те що вони полегчують рух азотових субстанцій. Білковина, як колоїдна субстанція, тяжко дієсмує та не може проходити з одної клітини в другу крізь оболонку. Аспарагін, як кришталіод, легко розсходиться дієсмогою. Таким чином, рослина надзвичайно оощаджує свої азотові субстанції. А тварина постійно розкладає засвоєну нею білковину і самі витвори розкладу відкидає, як не потрібні (мочевина та інші). Рослина також розкладає білковину, але не виділяє азотових витворів, пускаючи їх знову до обігу, буде з них, за допомогою вуглеводів, білковинні субстанції. Через це рослина може задовольнятися порівнюючи малою кількістю азотових субстанцій, як що вона має достаток безазотових органічних субстанцій.

Фосфор вступає до клітини в вигляді фосфатів, що дуже незначно змінюється, бо частка фосфорної кислоти майже без зміни

входить в склад частки білковини. Думають, що фосфорова кислота в рослині вступає в сполучення з формальдегідом і витворює знайдену в ростинних тканинах оксі-метіл-фосфорову (фітинову) кислоту.

ГЛАВА XV.

Мінеральні чи попільні субстанції в ростинних і тваринних організмах.

Ми раздивились вище походження й долю вуглеводів, товщів і білковин в організмі рослини. В склад цих надзвичайно складних злук входять лише кілька хемічних елементів: саме С. О. N. H. P. S. Як що ми піддамо рослину аналізу, то побачимо, що в склад її тіла входять майже всі відомі нам хемічні елементи. А саме при спаленні рослини улітають в виді газових витворів С. H. N. O, а всі останні елементи залишаються в вигляді попелу, котрий є мішанина всіх неорганічних складових частин рослини, і в котрім аналіза відкриває наявність майже всіх елементів. Загальна кількість попелу, як що його визначати по відношенню до сухої ваги рослини, колихається в дуже широких розмірах. Одні з цих елементів являються конче необхідними для життя організмів, другі не являються такими, нарешті, роля третіх для нас ще зовсім незрозуміла. Вже з попереднього викладу, наприклад, ясно, що в зелених рослинах конче необхідна присутність магнія, тому що він входить в склад хлорофілу. В живих вищих тваринах також необхідна присутність заліза, тому що воно входить в склад гемоглобіну, який просякає червоні кров'яні тільця крові.

Розглянемо питання про попільні субстанції окремо для ростин і тварин.

Ростини. Загальна кількість попелу, взята по відношенні до сухої ваги рослини, цеб-то, ваги рослини після вилучки води, звичайно складається з 3—10%, але може колихатись в дуже широких розмірах для різних видів ростин, а саме, від 1%—30%, і навіть до 50%. Так в буряковинні вона досягає 30%, а в листах кристалевої трави (*mesem bryanthemum cristallinum*) навіть до 50%. Щоби

вислідити питання про необхідність тих або інших попільних елементів для розвитку й зросту рослини, можна користуватися двома методами. Вирощування рослин на штучних ґрунтах і вирощування рослин на водяних розчинах солей — методою водяних культур.

Штучний ґрунт це є якась нерозпускальна в воді субстанція, напр., кварцовий пісок, оброблений міцною соляною кислотою. Сім'я рослини садять в такий ґрунт і поливають його визначеними розчинами мінеральних солей. Метода ж водяних культур полягає в тому, що корінці досліджуємої рослини поринають в розчин мінеральних солей. Один з таких розчинів був запропонований німецьким вченим Кнопом. Для приготування цього розчину беруть слідуєчі субстанції:

- 1) азотового вапнеця — 4 частини.
- 2) азотового калія — 1 частина (салітра).
- 3) фосфоро-кислого калія — 1 частина.
- 4) сірчано-кислого магнія — 1 частина.
- 5) дуже малу кількість фосфоро-кислого заліза.

Беруть одну частину цієї мішанини й розводять її в 1000 частинах перегнаної води. Дослід показав, що, отримавши вищезазначені субстанції, рослини ростуть і розвиваються дуже добре, значить цей розчин вміщає в собі всі конче необхідні рослині субстанції. Легко бачити, що цих потрібних елементів в розчині ми маємо лише 7. А саме: азот, вапнець, калій, фосфор, сірка й залізо.

Як що не буде хоч одного з цих 7 елементів, рослина не матиме змоги звичайно розвиватись. Тому що питання про мінеральне угноювання ґрунту має велике сільсько-господарське значіння, то кожний з вас може бути корисним, вирішивши питання, чого саме бракує даній ниві, і яке саме угноєння є відповідним в данім випадкові. Щоби дати добру раду, не треба робити складної й тяжкої якісної й кількісної аналізи ґрунту. Сама рослина зробить таку аналізу, наколи ви зужите методи культури на штучних ґрунтах або методи водяних культур, або, ще простіше, як це радив проф. Тимирязев, методи маленьких досвідних піль. Додаючи у ґрунт на таких досвідних полях в однім полі салітру, в другім вапно і т. д. і порівнюючи виплекані на цих полях рослини, ви й дізнаєтесь, чи потребує цей ґрунт азоту (наколи рослина виросте найкраще на ґрунті з додатком салітри), чи потребує вапнеця (наколи найкраще виросте рослина на ґрунті з додатком вапна).

Причина, чому для рослини необхідні вищезазначені 7 елементів, не для всіх них ще в'яснена наукою. Нам вповні зрозуміла потреба азоту, фосфору, сірки і магнія, тому що перші три елементи входять в склад білкових субстанцій, а магній, як вже зазначено, являється основним елементом хлорофілу.

Чому для рослин потрібний калій — сказати тяжко, але спроби замінити його іншими металами Zi , Na , Rb , Cs виявились невдалими. Калій лише до де-якої міри може замінятись Na , особливо в нижчих рослин — бактерій і водоростів. Na з свого боку необхідний для морських водоростів і діатомових. Можна лише припускати, що калій входить в склад протоплазми або навіть можливо білкових злук (Любименко).

Ca не являється необхідним елементом для де-яких водоростів, грибів і бактерій; роль його до цього часу залишається загадковою.

Відносно заліза раніш думали, що воно входить в склад хлорофілу, подібно як входить в склад гемоглобіну, однак точна хемічна аналіза відкинула це твердження, і більш певно, що залізо разом з K і Mg входить в склад живої протоплазми.

Як що для нас незрозуміла роль де-котрих з необхідних елементів, то це тим більше треба сказати про роль тих елементів, без яких рослина може обійтись, не дивлячись на те, що вона скупчує іноді ці елементи в дуже великій кількості, значно більшій, ніж кількість необхідних. Звичайно, в попелі рослини виявляється значно більше Na , ніж заліза, хоча Na й належить до групи байдужих елементів. Де-які рослини скупчують в великій кількості Cl , інші Si , часто зустрічаємо Al . В морських водоростях є багато йоду, звідки його й добувають. Водяні й багнові рослини мають Mn .

Можна лише припускати, що ці, т. зв. байдужі елементи грають роль стимуляторів в складнім процесі розвитку рослини.

Всі елементи попелу рослини отримує з ґрунту в виді розчинів солей, котрі в'яструються в коріневі волоски, згідно з законами осмоси. Не треба лише помилково думати, що рослина працює при цьому, як звичайна машина, і скупчує в собі мінеральні субстанції просто пропорційно їх кількості в тому розчині, в котрім поринені її корінці.

З розчину мінеральних солей рослина вибірає необхідні їй елементи і скупчує їх відповідно своїй потребі, користуючись при цьому в міру потреби, вже розгляненим нами, при вивченню осмоси, способом виводу відповідних субстанцій з кола осмотичного впливу.

Попільні субстанції в тваринних організмах. Неорганічні субстанції грають дуже значну роль в житті вищих тварин; це може кожний простежити на собі, а саме, на потребі хлорового натра соли в їжі. Натр і калій зустрічаються в організмі скрізь в виді хлорових фосфорових сірчаноокислих солей. Натр знаходиться, головним чином, в формових елементах. Літ також знайдений в малій кількості в багатьох органах.

Лугові землі. Вапнець і магній в великій кількості входять в склад кісток. Залізо знаходиться в гемоглобіні крові в виді органічних злук. В малій кількості був знайдений, як постійний елемент, також марган. В кров'яних тільцях асцидій знайдено ванадій. В обарвлюючій субстанції м'якунів і раковидних знаходиться мідь. З металоїдів хлор складає, наприклад, в організмі людини 0,123%; особливо шкіра багата на нього. Хлор зустрічається в виді хлоркалієвих солей, головним чином, в течивах організму — крові та пасоці; навіть в виді вільної сілної кислоти в шлунковім соці. Бром був знайдений в дуже невеликій кількості в усіх досліджених органах людини й тварин; найбільше знайшли його в надниркових залозах, в борлаковій залозі, в печінці, в нирках. Йод знаходиться, головним чином, в борлаковій залозі в такій кількості, що здорова залоза людини вміщає в собі завжди 2—9 міліграм. йоду; в усіх останніх органах йод також є, але в дуже малій кількості.

Фтор в дуже малій кількості знаходиться в кістках і зубах, в останніх органах є лише його сліди.

Сірка зустрічається в організмі, майже виключно, в виді органічних злук, переважно в білках; найбільше багате на сірку волосся, потім м'язи. Не в виді білка ми зустрічаємо сірку в хрястках, в жовчі, в слині, в шлунковім соці. Вільну сірчану кислоту зустрічаємо в слині багатьох видів слимаків.

Селен знаходиться в малій кількості в кістках і зубах.

Фосфор, крім протейдів, в виді неорганічних злук, знаходиться в кістках і в крові.

Наявність арсену, як постійної складової частини органів, одні вчені визнають, другі відкидають. В злучнотканині знаходять багато кремнія (сіліцій).

З м і с т.

В і д а в т о р а	5
Передмова	7
Глава I. Джерело життєвої енергії	11
Примітки	20
Глава II. Захоплення сонячної енергії живими істотами	27
Глава III. Розуміння клітини й повстання життя на землі	41
Глава IV. Загальна студія клітини	55
Морфологічний склад клітини	58
Центрозома чи бігунове тільце	65
Оболонка клітини	65
Оболонка рослинних клітин	66
Оболонка тваринних клітин	68
Клітинні долучення	70
Загальні висновки	72
Глава V. Життєві функції клітини	73
Глава VI. Різні види подразнення	85
Хемічні дратівники	85
Осможичні подразнення	89
Механічні подразнення	90
Термічні дратівники	92
Глава VII. Проміньові дратівники	98
Вплив промінів світла	98
Параліжуючий вплив світла	103
Вплив промінів Рентгена	104
Вплив промінів Беккереля. Радій	105
Електричні дратівники	106
Глава VIII. Таксиси чи тропізми	112
Хемотаксис	113
Баротаксис	116
Глава IX. Таксиси чи тропізми (продовження)	119
Фототаксис	119
Термотаксис	121
Гальванотаксис	122
Загальні висновки	123
Глава X. Відживлення живих організмів і виміна творива	124
Глава XI. Загальні міркування. Хемосинтетика	137
Глава XII. Вглеводи	144
Глава XIII. Товщі	150
Глава XIV. Білковина	156
Синтеза білковини в рослинному організмі	172
Глава XV. Мінеральні чи попільні субстанції в рослинних і тваринних організмах	179



УКРАЇНСЬКИЙ ГРОМАДСЬКИЙ ВИДАВНИЧИЙ ФОНД
PRAHA-VRŠOVICE, 665. ČESKOSLOVENSKO

Вийшли до 1/IX. 1925 року:

1. С. РИНДИК — Міцність матеріалів, курс високих технічних шкіл: технологічних інститутів, механічних та інженірних відділів політехнікумів. Зміст: Розтяг, стиск, скіс, кручення, гнуття, динамічний обтяж. 364 ст., 8°. З додатком термінологічного словника та 214 рисунками. Ц. \$ 3.00
2. С. РУСОВА — Теорія і практика дошкільного виховання. 128 ст., 8°. Ц. \$ 0.60.
3. Проф. Др. В. ЯНОВСЬКИЙ — Сучасне лікування венеричних хвороб, з чеської мови перекл. Др. А. Гончаренко. 118 ст. Ц. \$ 0.50.
4. Др. Ф. БУРІАН — Пластична хірургія, з 24 ілюстр., з чеської мови перекл. Др. А. Гончаренко. 32 ст. Ц. \$ 0.30.
5. Проф. О. ШУЛЬГІН — Нариси з нової історії Європи. 220 ст. Ц. \$ 1.00
6. Др. А. ГОНЧАРЕНКО — Загальна гігієна. 204 ст. Ц. \$ 1.00.
7. Проф. Ф. ЯКИМЕНКО — Практичний курс науки гармонії в 2-х част., підручник для шкіл різних типів. З задачник. 132 ст. Ц. \$ 1.00.
8. І. ІВАСЮК — Кубань, економічно-статистичний нарис. 120 ст. Ц. \$ 0.75.
9. М. ПАВЛІЧУК — Коротка анатомія для студентів медицини. З передмовою акад. А. Старкова. 116 ст. Ц. \$ 0.75.
10. Проф. Д. АНТОНОВИЧ — Триста років українського театру (нарис історії українського театру). 276 ст. Ц. \$ 1.35.
11. Др. ЯКИМ ЯРЕМА — Провідні ідеї філософії Т. Г. Масарика. Ц. \$ 0.30.
12. Проф. Б. ІВАНЕНКО — Аналітична геометрія. 424 ст. Ц. \$ 3.50.
13. Проф. Ф. ЩЕРБИНА — Історія статистики і статистичних установ. 288 ст. Ц. \$ 1.50.
14. К. МИХАЙЛЮК — Підручник Молочарство для вищих сільсько-господарських шкіл. Ч. I. Молокознавство. 164 ст. З 63 мал. Ц. \$ 0.90.
15. Проф. М. ЧАЙКІВСЬКИЙ — Алгебра, курс середньої школи і для самонавчання. Кн. I. Ст. XII + 452. Ц. \$ 3.70.
16. Модерне українське мистецтво: Вип. I: Проф. Д. Антонович — Група Празької Студії. Франц. і укр. текст. З 32 репродукціями. Ц. \$ 0.90.
17. Проф. С. БОРОДАЄВСЬКИЙ — Історія кооперації. Ст. 448. Ц. \$ 2.50.
18. М. РАШЕВСЬКИЙ — Рафінація цукру, під редакцією і з додатками інж. Л. Фролова та з 30 мал. 224 ст. Ц. \$ 1.50.
19. ЮРІЙ ДАРАГАН — Сагайдак Вірші. Ст. 64. Ц. \$ 0.45
20. Акад. А. СТАРКОВ — Загальна біологія, з малюнками. Стр. 184

Друкыс: «Legiografie», Praha-Vršovice, Sámová ul. 665.