
Історія науки

Б.В. Кожушко, В.А. Шендеровський

Юліуш Планер — першовідкривач рідких кристалів (відновлення пріоритету)

Зроблено спробу змінити традиційний погляд сучасної історії науки на питання пріоритету ботаніка Рейнітцера і кристалофізика Лемана у відкритті рідких кристалів. Вперше у вітчизняній науковій літературі публікуються важливі штрихи життєвого шляху професора Львівського університету Юліуша Планера.

Широкому загалу вчених та інженерів рідкі кристали (РК) як найдзвичайно перспективний матеріал сучасної електронної техніки візуалізації стали відомі відносно недавно (практично за останні чотири десятиріччя), хоча сам факт їх відкриття заглиблюється майже в півторастолітню історію. Важко навіть відшукати в історії науки та техніки інше епохальне відкриття, яке так довго проклало собі шлях до визнання та практичного застосування. Вартує лише згадати, що перша Міжнародна наукова конференція з проблематики РК відбулася в Кентському університеті (США) тільки в 1965 р. Сьогодні РК — це область фізики та хімії конденсованого стану матерії, що динамічно розвивається, стимулюючи бурхливий розвиток в техніці та промисловості. Без них не обходяться лазерна техніка, інформаційні оптичні технології, термооптика, медицина, дисплейні пристрої та системи, телебачення.

Сучасному трактуванню історії відкриття РК притаманна, на жаль, прикра помилка. Так, традиційно вважається,

що відкриття проміжного рідкокристалічного стану речовини належить австрійському ботаніку Фрідріху Рейнітцеру та німецькому кристалографу Отто Леману з Рейнсько-Вестфальського технічного університету в м. Ахені. Працюючи над встановленням хімічної формули холестерину, Рейнітцер отримав його похідну — сполуку холестерилбензоат — і несподівано виявив, що у неї: 1) є дві точки плавлення та проміжна (між твердою фазою і звичайним розплавом) фаза помутніння, яка сильно розсіювала падаюче світло; 2) спостерігається зміна чудесно-яскравих кольорів забарвлення розплаву речовини під час термоциклів нагрівання-охолодження. Рейнітцер описав експеримент в статті [1], яку опублікував в щомісячному австрійському хімічному журналі «*Monatshefte für Chemie*» у 1888 р.

Ці дослідження Рейнітцер виконав, працюючи асистентом професора Вейса в Інституті фізіології рослин при Карловому (німецькому) університеті в Празі. Хоча він одночасно викладав у Вищій німецькій технічній школі (сучасний Чеський технічний університет)

технічну мікроскопію і матеріалознавство, але це не допомогло йому самостійно пояснити нові фізичні явища.

Але вже наступного року трактування деяким незрозумілим для вченого-ботаніка процесам дав німецький фізик О. Леман [2], якому Рейнітцер передав досліджувані ним сполуки та листом попросив допомоги. Застосувавши поляризаційний мікроскоп, Леман встановив, що проміжна фаза помутніння — це кристалоподібна структура, бо речовина у цій фазі є анізотропною (слово походить від грец. *ἀνισος* — неоднаковий і «...тропія»; власне тому у фізиці кристалів анізотропія — неоднаковість механічних, оптичних, електричних, теплових та інших фізичних властивостей речовини в різних напрямках). Оскільки властивість анізотропії характерна лише для твердого кристалу, але речовина в мутній фазі була рідиною, то вчений запропонував для неї новий термін — «рідкий кристал».

Слід принагідно згадати, що навіть після цих публікацій дуже тривалий час науковці принципово не визнавали РК, оскільки сам факт їх існування зруйнував би тогочасну струнку теорію про три агрегатні стани речовини: твердий, рідкий і газоподібний. Саме тому це епохальне відкриття дуже тривалий час не знаходило практичного застосування. Дійсно, РК, будучи унікальною мезоморфною (від грецького *μεζος* — проміжний) фазою речовини, поєднує в собі властивості як твердих тіл (наприклад наявність далекого порядку орієнтації), так і рідин (наприклад прояви текучості, в'язкості), що не так просто було уявити вченим на зламі XIX — XX ст.

Все таки історична правда полягає в тому, що задовго до Рейнітцера і Ле-

мана, ще у 1861 р., професор анатомії Львівського університету Юліуш Планер спостерігав та науково описав оптичне явище, яке пізніше стало характерною класичною ознакою рідкокристалічного стану речовини.

У науковій літературі, яка вивчає питання становлення і розвитку природознавства та техніки в Україні, надто обмежена кількість статей щодо ролі вітчизняної науки у відкритті РК. Першими із таких, де віддається належна шана Планерові, є проведені ще за часів колишньої УРСР дослідження харківських фізиків [3]. У незалежній Україні тільки у двох працях [4, 5] відзначена піонерська роль львівського вченого щодо відкриття нового класу речовини — рідких кристалів, до того ж авторка [5] детально описала методіку досліджень і спостережувані Планером оптико-теплові явища.

Так що ж спостерігав та описав Планер у своїй науковій статті [6] і як це пояснює сучасна наука?

Досліджуючи під мікроскопом властивості холестерилхлориду, похідної сполуки, синтезованої з холестерину, він побачив його унікальні оптичні властивості: «Холестерилхлорид.....плавиться приблизно при температурі кипіння води і його розплавлені кристали в процесі охолодження дають в падаючому світлі яскраво-фіолетове забарвлення, а в прохідному — жовто-зелене» [6]. Як відомо науці тепер, холестерилхлорид є класичним представником *холестеричного* РК (або холестеричної мезофази). Структура холестерика має гвинтову вісь симетрії, і якраз спіральна упаковка молекул в цій мезофазі — причина її оригінальних оптичних властивостей. А вони наступні: а) селективне відбивання циркулярно поляризованого світла, колір якого залежить від кроку

спіралі, та б) оптична активність, яка в тисячі разів перевищує величину, відому для звичайних оптично активних середовищ. Саме останнє і пояснює причину появи чудового яскравого забарвлення, яке так захоплено описували ранні дослідники РК. Колір відбитого світла (або довжина світлової хвилі) змінювався тому, що зміна температури досліджуваної речовини викликала зміну величини кроку спіралі.

Звичайно, у своїй статті Планер не використовує таку сучасну термінологію, як «холестерична фаза», «рідкий кристал», «селективне відбивання», до того ж на той час не було відомо навіть хімічної формули об'єкту досліджень (холестерину). Тим не менше, його робота за суттю, без сумнівів, є першим документальним науковим спостереженням фізичних властивостей термотропних холестеричних рідких кристалів, їх фазових переходів. Таким чином, завдяки Ю. Планеру історія вчення про РК розпочалася з холестерину.

Забігаючи вперед, зазначимо, що теоретичне пояснення зміни забарвлення РК, тобто явища селективного відбивання світла планарною текстурою холестеричної рідкокристалічної фази, було зроблено французьким фізиком Х. де Фрізом майже через століття (в 1951 р.) після експериментів Ю. Планера. Але ще пізніше, в 1963 р., американець Джеймс Фергюсон використав цю відому найважливішу властивість РК — змінювати забарвлення під дією температури — для виявлення невидимих людським оком теплових (інфрачервоних) випромінювань. Після того, як йому видали патент на цей винахід (U.S. Patent № 3114836), інтерес до РК зріс лавиноподібно.

Цікаво знати, що за способом отримання РК поділяються на два типи.

Один із них першим в світі мимоволі відкрив Планер, нагріваючи холестерилхлорид до певної температури. Пізніше такі кристали отримали назву *термотропних*, а вони в свою чергу поділяються на три категорії, однією з яких є вже згадані холестерини. Термотропні РК утворюються при нагріванні твердих кристалічних тіл (або охолодженні ізотропної рідини), а тому можуть існувати лише в певному інтервалі температур. Через це мають обмежене практичне застосування, в основному для термометрії. Принагідно зазначимо, що на практиці знайшли більш широке застосування РК другого типу — *ліотропні*, які утворюються при розчиненні твердих органічних речовин в різноманітних розчинниках.

Явище зміни забарвлення холестериків під дією температури, окрім Планера, до Рейнітцера спостерігали ще двоє вчених. У 1872 р. медик-хімік Вільгельм Льобіш (W. Löebisch), працюючи у Відні в хімічній лабораторії професора Глазіветца, синтезував холестериламін і описав зміну його кольору при 104°C із безбарвного на голубувато-фіолетовий, а також повідомив про таке ж явище у випадку холестерилхлориду [7]. Нарешті, в 1887 р. хімік Богуслав Райманн, на той час доцент Чеського технічного університету, синтезувавши холестерилацетат і холестерилхлорид, також побачив при розплавленні-охолодженні зміну їх забарвлення від зеленого до червоно-оранжевого [8].

Заради справедливості треба відзначити, що в своїй знаменитій публікації Рейнітцер посилається на праці та коментує спостереження, які провели до нього Планер, Льобіш та Райманн. Цікавим є той факт, що вся четвірка вчених, причетних до згаданого від-

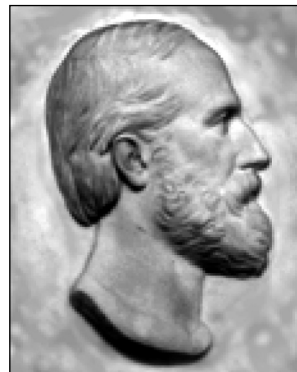
криття, були громадянами і працювали в університетах Австрійської (пізніше Австро-Угорської) імперії за медично-біологічним фахом. Льобіш та Райманн, як і згадувані вже Планер з Рейнітцером, також не змогли самостійно пояснити отримані експериментальні результати і не оцінили їх значення. Планер, на відміну від Рейнітцера, не звернувся за поясненнями до фізиків, напевно, через те, що бурхливий розвиток науки фізики припав якраз на кінець XIX ст. Іншими словами, на нашу думку, львівський вчений випередив свій час.

Правда, треба зазначити, що наприкінці XX ст. — на початку XXI ст. в серйозних наукових монографіях з рідкокристалічної проблематики робляться спроби відновити історичну справедливість щодо першовідкривача РК. Так, наприклад, 2005 року французькі вчені П. Освальд і П. Пізанські видали монографію (обсягом 618 сторінок), де визнали пріоритет Ю. Планера нарівні з Рейнітцером: «Біологи Планер в 1861 р. та Рейнітцер в 1888 р. побачили непрозорість холестерину і зміну його забарвлення...» [9]. В іншій науковій монографії, яка вийшла з друку 1996 року обсягом 505 сторінок, за Планером визнається факт відкриття РК: «...відкриття рідких кристалів (Планер, 1861; Рейнітцер, 1888) і одне з їхніх перших застосувань — використання герметизованих холестеричних рідких кристалів в термометрах (Джонс, 1969; Макдонелл, 1987) — відбулися завдяки саме цьому явищу» [10]. Ще в одній книзі, виданій у 2001 р., автори пишуть: «Перше спостереження рідких кристалів Планером (1861) і Рейнітцером (1888) стало можливим завдяки здатності їх кристалічної структури до селективного

відбивання...» [11]. На щастя, таких авторитетних праць з'являється дедалі більше, що є свідченням поступового визнання вченим світом прикрої історичної помилки.

У всіх українських наукових дослідженнях фактично не описаний життєвий шлях Ю. Планера, а також не відображена його викладацька та наукова діяльність у львівський період життя. Тому основним завданням нашої праці є спроба дещо заповнити цю білу пляму.

Народився вчений 13 серпня 1827 р. в Дьоблінгу, одному з престижних сьогодні районів Відня. У 1845—1849 рр. навчався на медичному факультеті знаменитого Віденського університету. З 1850 по 1854 роки працював у Відні першим асистентом всесвітньо відомого австрійського вченого-медика Карла Рокитанського (здійснив наукову революцію в медицині, зробивши патологічну анатомію основою патології та наукової медицини взагалі; заснував Нову віденську медичну школу). У цей час Планер у досить молодому віці і отримав звання професора з анатомії та фізіології (1851), опублікував відомі наукові праці в області дослідження зв'язку пігментації (зміни забарвлення і появи пігментних гранул) людської крові з різними важкими за-



хворюваннями [12], займається практичним вивченням анатомії людини в міському морзі [13]. На той час медична наукова спільнота вже визнавала заслуги молодого дослідника, а в фаховій медичній літературі [14] його ім'я ставилося в один ряд з такими знаними німецькими і австрійськими патологоанатомами, як Йоган Меккель (піонер в науці тератології: вивчення вроджених дефектів і порушень у процесі ембріонального розвитку організму), Олександр Еккер (відкрив та дослідив розвиток мозкових звивин у зародку), Рудольф Вірхов (основоположник теорії клітинної патології в біології та медицині).

У 1855 р. переїжджає до Львова (в Австрійській імперії місто, відоме під назвою Lemberg) на посаду ординарного професора описової анатомії, завідуючого кафедрою анатомії медично-хірургічного факультету (на той час студії медично-хірургічних досліджень, фактично інституту) при Львівському цісарсько-королівському університеті. Це підтверджують оригінали офіційних тогочасних документів, що збереглися у відділі рідкісної книги наукової бібліотеки Львівського національного університету ім. І. Франка: вперше прізвище вченого з'являється серед штату співробітників університету та у списку публічних лекцій викладачів у літній семестр 1855/56 н.р. [15].

У цьому ж навчальному році Планер викладає для студентів першого курсу щоденно тільки один програмний курс «анатомія людини», який включає розділи: а) загальної анатомії, б) вчення про кістки та зв'язки і в) вчення про м'язи. Але починаючи вже з наступного навчального року як додатковий предмет професор по три години на тиждень начитує курс «топографічна

анатомія» [16]. Крім того, з літнього семестру 1857/58 н.р. Планер чотири рази на тиждень викладає студентам додатковий спецкурс «спеціальна патологічна анатомія» [17]. Починаючи із зимового семестру 1858/59 н.р. професор вводить ще один новий спецкурс — «загальна патологічна анатомія з демонстраціями і практичними заняттями» [18] і проводить його три рази на тиждень.

Окрім начитування студентам додаткових спецкурсів Планер зробив для Львівського університету ще одну чудову справу: заснував окремий патолого-анатомічний музей [19]. До того ж вчений значно оновив фізіолого-анатомічну колекцію музею медицини. Правда, українські дослідники, визнаючи організатором анатомічного музею у Львові професора Йозефа Берреса [20, с.226], який керував кафедрою анатомії від 1817 до 1832 рр., чомусь не згадують про патолого-анатомічний музей Планера.

Цікавий факт: лише в особовій справі професора Планера нам вдалося знайти згадку, що на час приїзду до Львова він вже був членом престижного цісарсько-королівського товариства лікарів у Відні [21].

У жовтні 1863 р. було засновано медичний факультет в університеті м. Граца і першим керівником кафедри анатомії там став Планер, який переїхав сюди зі Львова. Одночасно Планеру було присвоєно звання ординарного професора описової і топографічної анатомії. Крім того, на протязі 1865/66 н.р. вчений обирався деканом медичного факультету. Від самого початку роботи в Граці він активно переймається плануванням, а потім і побудовою сучасних корпусів інституту анатомії, який утворився в 1872 р. на

базі кафедри анатомії. Так в Європі виник науково-навчальний заклад нового типу, який став зразком для наслідування. Планер був першим його директором і на цій посаді беззмінно трудився до самої смерті, яка настала 25 липня 1881 р. Вдячні австрійці помістили на стіні пошани сучасного Інституту анатомії в м. Грац барельєф Ю. Планера (див. його копію у нашій статті).

На завершення необхідно внести ясність власне щодо самого прізвища вченого, оскільки в деяких джерелах воно подається по-різному. В особовій справі професора, яка розпочата 1855 р. і до сьогодні збереглася в архіві Львівської області, дуже розбірливим рукописним текстом каліграфічно виведено *Plauer Julius* [21]. Тому архівна справа, зареєстрована ще в радянські часи, до сьогодні називається «Личное дело профессора Пляуера Юлиуша» (хоча на титульній сторінці збереглися також перекреслені слова «Плянера Юльяна»). У другій частині (написана С. Старжинським) відомої книги «Історія Львівського університету» у списку особового складу медико-хірургічного інституту при університеті по відділу анатомічної медицини згадується *Plauer* (без імені), який мав звання професора від 1851 до 1863 рр. [22]. Книга видана польською мовою, добре збереглася, має чіткий поліграфічний друк. До того ж у першій частині цієї ж книги (написаній колишнім ректором Людвіком Фінкелем) також є згадка, що Юліуш Пляуер (польською *Juliusz Plauer*) у 1855 р. став керівником анатомічної студії (по-сучасному — кафедри) після Августа Войгта [23]. Українські дослідники в переліку всіх професорів, які працювали у Львівському національному медуніверсите-

ті від 1784 р., подають прізвище завідуючого кафедрою анатомії (з 1855 по 1863 рр.) медично-хірургічного інституту при Львівському університеті як подвійне: Пляуер або Планер Юліус (*Plauer / Planer Julius*) [20, с.353].

З іншої сторони, у вже згаданій знаменитій статті, опублікованій в науковому журналі (1861), автор подається як *prof. Planer* (правда, без імені). У відділі рідкісної книги Львівського національного університету ім.І.Франка збереглися друковані оригінали списків викладачів та навчальні програми для студентів тих років, коли в університеті викладав Планер. Якісна поліграфія однозначно чітко зафіксувала — *Julius von Planer*. Саме під таким прізвищем вчений як з'являється в навчальних планах медично-хірургічної студії університету у зимовому семестрі 1855/56 н.р., так і залишає Львів у 1863 р. Наукові звання — доктор медицини та хірургії, ординарний професор анатомії.

У довіднику «Австрійський біографічний лексикон 1815—1950» зафіксована ще одна версія прізвища вченого, а саме *Planner von Plann Julius* [19]. Власне такий же варіант прізвища вченого подається і на офіційному вебсайті університету м. Граца.

Проведений нами аналіз всіх згаданих документів стосовно прізвища дає однозначний результат: у всіх випадках мова йде про одну і ту ж саму людину — першовідкривача рідких кристалів.

Крім того, на нашу думку, потребує роз'яснення ще одне питання. У науковій літературі трапляються також розходження щодо назви журналу, в якому була опублікована знаменита стаття Ю. Планера. Насправді, це найстаріший та історично найбільш важливий в світі науковий журнал у галузі органічної хімії. Його сучасна назва з 1998 р. —

«European Journal of Organic Chemistry». Був заснований у 1832 р. під назвою «Annalen der Chemie» як німецький науковий журнал в галузі хімії. На час публікації Ю. Планером статті (1861) вже називався «Annalen der Chemie und Pharmacie» (з 1840 по 1872 рр.). Згодом відомий в 1873—1874 рр. як «Justus Liebigs Annalen der Chemie und Pharmacie», а пізніше тривалий час називається «Justus Liebigs Annalen der Chemie» (спершу в 1875—1944, а потім в 1947—1978 рр.). До 1997 р. ще двічі змінював назву: «Liebigs Annalen der Chemie» та «Liebigs Annalen». Напевно, з метою спрощення як зарубіжними,

так і українськими дослідниками місце публікації статті професора Планера часом згадується просто як «Liebigs Annalen» або «Annalen der Chemie».

Незважаючи на те, що Ю. Планер не здогадався, яка наукова перспектива відкривається за спостережуваним ним новим фізичним явищем, саме його потрібно вважати першопрохідцем у фізиці РК. Результати, які отримав в ХІХ ст. австрійський вчений, працюючи 9 років в науковому закладі на етнічних українських землях, а нині території сучасної України, ми цілком справедливо можемо вважати також важливим досягненням української науки.

1. Reinitzer F. Beiträge zur Kenntniss des Cholesterins / Reinitzer F. // Monatshefte für Chemie. — 1888. — Bd.9. — S. 421—441.

2. Lehman O. Über fließende Kristalle / Lehman O. // Zeitschrift für phys. Chemie. — 1889. — Bd.4. — S. 462.

3. Семиноженко В.П. Юбилей науки. Жидкие кристаллы: история, проблемы, перспективы / Семиноженко В.П., Лисецкий Л.Н. // К.: Наук. думка. — 1988. — С. 191—202.

4. Природознавство в Україні до початку ХХ ст. в історичному, культурному та освітньому контекстах / Ю. Павленко, С. Руда, С. Хорошева, Ю. Храмов. — К.: Видав. дім «Академперіодика», 2001. — 420 с.

5. Богомоленко О.В. Піонерські дослідження рідких кристалів українськими вченими / Богомоленко О.В. // Наука та наукознавство. — 2007. — № 1. — С. 113—121.

6. Planer. Prof. Notiz über das Cholesterin / Planer // Annalen der Chemie und Pharmacie. — 1861. — Bd.118. — S. 25—27.

7. Loebisch W. Zur Kenntniss des Cholesterins / Loebisch W. // Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft. — 1872. — Bd. 5. — S. 510—514.

8. Raymann B. Contribution a l'histoire de la cholestérine / Raymann B. // Bull. de la Société. Chim. de Paris. — 1887. — Vol.47. — P. 898—901.

9. Oswald P. Nematic and Cholesteric Liquid Crystals. Concepts and physical properties illustrated by experiments / P. Oswald, P. Piezanski // Science. — 2005. — P. 13.

10. Liquid crystals in complex geometries: formed by polymer and porous networks / Ed. by G. P. Crawford, S. Žumer. — CRC Press., 1996. — P. 190.

11. Chirality in Liquid Crystals / Ed. by H.-S. Kitzerow and C. Bahr. — Partially Ordered Systems Series. Published by Springer, 2001.

12. Planer I. Über das Vorkommen von Pigment im Blute / Planer J. // Wiener Zeitschrift. — Feb. 1854. — S. 127—139, 280—298.

13. Planer J. Statistik der Leichenkammer des k. k. allgem. Krankenhauses von Monat November 1854 / Planer I. // Zeitschrift der KK Gesellschaft der Ärzte zu Wien, Wochenblatt. — 1855. — Bd.1. — S. 171.

14. Laycock T. Clinical researches into Morbid Pigmentary changes in the Complexion / Laycock T. // Medico-chirurg. Review (London) — 1861. — Vol. 27. — P. 22.

15. Personalstand der akademischen Behörden und Ordnung öffentlichen Vorlesungen (an der k.k. Franzens-Universität und medicinisch- chirurgischen Lehranstalt zu Lemberg (im Sommer-Semester des Jahres 1855/56). — Lemberg: Aus der k.k. galizischen Aerial-Staats-Druckerei, 1855. — S. 28.

16. Akademischen Behörden (an der k.k. Universität zu Lemberg, sammt der Ordnung Vorlesungen an derselben im Sommer-Semester des Studien-Jahres 1856/57). — Lemberg: Aus de k.k. galizischen Aerial-Staats-Druckerei, 1856. — S. 29.

17. Akademischen Behörden (an der k.k. Universität zu Lemberg, sammt der Ordnung Vorlesungen an derselben im Sommer-Semester des Studien-Jahres 1856/57). — Lemberg: Aus de k.k. galizischen Aerial-Staats-Druckerei, 1857. — S. 30.

18. Akademischen Behörden (an der k.k. Universität zu Lemberg, sammt der Ordnung Vorlesungen an derselben im Winter-Semester des Studien-Jahres 1858/59). — Lemberg: Aus de k.k. galizischen Aerial-Staats-Druckerei, 1858. — S. 29.

19. Österreichisches Biographisches Lexikon 1815 — 1950. — Wien, 1983. — Bd. 8. — (Lfg.37). — S.116.

20. Професори Львівського національного медичного університету ім.Д.Галицького 1784—2006 / Б. Зіменьковський та ін. — Львів: Видав.дім «Наутілус», 2006.

21. Державний архів Львівської області. — ф. № 26, оп. № 5, спр. № 1552, с. 1—2.

22. Finkel L. Historia Uniwersytetu Lwowskiego / L.Finkel, S.Starzynski. — Lwów, 1894. — Czesc II, — S. 349.

23. Там само. — Czesc I. — S.327.

Одержано 06.06.2010

Б.В.Кожушко, В.А.Шендеровский

Юлиуш Планер — первооткрыватель жидких кристаллов (возобновление приоритета)

Сделана попытка изменить сформировавшийся сегодня в современной истории науки взгляд о приоритете ботаника Рейнитцера и кристаллофизика Лемана в открытии жидких кристаллов. Впервые в отечественной научной литературе публикуются важные подробности жизненного пути профессора Львовского университета Юлиуша Планера.

О.В.Романець

Періодизація розвитку генетики: світовий контекст

У статті представлено та обґрунтовано періодизацію розвитку генетики в світовому контексті. Визначено найбільш важливі відкриття, котрі стали етапними в розвитку генетики. У кожному з етапів показано накопичення наукових знань, що передувало здійсненню нового важливого відкриття, яке спричинювало перехід науки на новий щабель розвитку.

Питання історії розвитку генетики в світовому контексті висвітлено низкою авторів [1—7]. Найбільш поширеною є періодизація, представлена в більшості видань з історії генетики, що включає три періоди її розвитку. Перший період — з 1900 по 1930 роки: класичної генетики;

другий період — з 1930 по 1953 роки: неокласицизму в генетиці і третій період від 1953 року донині: синтетична генетика [6]. Період від найдавніших часів до 1900 року називають передісторією розвитку генетики, тобто накопиченням знань про спадковість до становлення генетики

© О.В. Романець, 2010