

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

як науки. У зв'язку з розшифруванням геному людини, становленням генної інженерії та іншими новітніми досягненнями в останні роки ця традиційна періодизація генетики зазнала подальшої розробки. Переважно дослідники виокремлюють період після розшифрування геному людини (2001), а також виділяють перші десять або двадцять років двадцятого століття. У підручниках з генетики, виданих в останні роки, автори вміщують нариси з історії генетики та періодизації її розвитку, котрі дещо відрізняються одна від одної [8, 9]. Розробка питань періодизації історії генетики залишається актуальною, оскільки дозволяє чітко усвідомити важливі віхи її розвитку, що базуються на найбільш епохальних відкриттях. Дану тематику нами розроблено на основі оригінальних праць, присвячених найважливішим відкриттям в галузі генетики. У результаті здійснення даної роботи нами запропоновано та обгрунтовано наступну схему періодизації розвитку генетики.

Передісторія становлення науки про спадковість охоплює два періоди: перший — від найдавніших часів до відкриття законів Г.Менделя (1866). У цей період відбулось накопичення та трактування даних про передачу ознак в епоху ранніх цивілізацій, античність (VIII ст. до н.е. — V ст. н.е.), в період середньовіччя (VI — XIV ст.) та Відродження (XV — XVI ст.). Погляди щодо передачі спадкових ознак висвітлено в працях Емпедокла (490—430 рр. до н.е.), Демокріта (460—370 рр. до н.е.), Гіпократів (460—377 рр. до н.е.), Аристотеля (384—322 до н.е.). Уявлення про спадковість людини відображено в працях Лукреція Кара (99—55 рр. до н.е.), Клавдія Галена (129—201) [10—13]. Середньовічні (VI—XIV ст.) уявлення в західній Європі показано в працях Аль-

берта Великого (1206—1280) і Венсана де Бове (1190—1264) [1]. Переважно це перекази поглядів Аристотеля, а також типово середньовічні містичні фантазії. На Близькому Сході та в Середній Азії в епоху середньовіччя природознавство зазнавало значного розвитку. У «Каноні лікарської медицини» (бл. 1020) Авіценни (Ібн-Сіні) (бл. 980—1037) викладено погляди античних авторів та оригінальні дані з медицини і біології [14]. У період Відродження (XV-XVI ст.) природознавство в Європі почало розвиватись більш інтенсивно. У сімнадцятому столітті на тлі становлення класичної науки, розвитку мікроскопічних методів розпочались експериментальні дослідження спадковості. Схрещування рослин різних видів уперше застосував німецький ботанік Й.Кельрейтер (1733—1806). У 1760—1766 рр. він вивів гібриди гвоздики і тютюну. Й.Кельрейтер спостерігав основні явища успадкування (гетерозис, неповне домінування), але не знайшов для них наукового пояснення. Англійський природодослідник Т.Найт (1759—1838) вивчав способи гібридизації плодів дерев та гороху. Він описав явище домінування кольору насіння і квіток у гороху, однак також не зрозумів закономірностей спадкової передачі ознак. Французький біолог О.Сажре (1763—1851), вивчаючи властивості гібридів дині, виділив п'ять пар альтернативних ознак. Він частково висвітлив закономірності, які пізніше повністю пояснив Г.Мендель [15, 16]. У 1859 р. англійський природодослідник Ч.Дарвін (1809—1882) опублікував працю «Походження видів шляхом природного добору, чи збереження порід, що мають сприйнятливості, у боротьбі за життя» [17], в якій пояснив походження видів дією спадковості, мінливості та природного добору. У праці «Зміна до-

машніх порід тварин і сортів культурних рослин» (1868) він висловив гіпотезу пангенези, згідно котрої від всіх частин організму відділяються мікроскопічні зародки — гемули, які через кров потрапляють у статеві клітини [18].

Закони спадковості відкрив чеський природодослідник Г.Мендель (1822—1884). На прикладі гороху посівного — самозапильної рослини — він встановив, що потомство в першому поколінні від схрещування чистих ліній гороху однаманітне — виявляється лише домінантний стан ознаки. При схрещуванні гібридів першого покоління між собою в другому поколінні розщеплення за кожною ознакою становить 3 до 1. Результати своїх досліджень Г.Мендель опублікував у 1866 році у книзі «Досліди над рослинними гібридами» [16]. Від дати опублікування праці Г.Менделя, на нашу думку, бере початок другий період передісторії генетики. Така незвичну періодизаційну схему виправдовує наступне історичне протиріччя: після відкриття законів спадковості становлення генетики як науки не відбулось. Тому потрібно окремо окреслити стан біологічної науки в період з 1866 по 1900 роки. У цей час здійснювались важливі відкриття, які готували ґрунт для становлення нової науки. Зокрема, відбулося відкриття (Ф.Мішер), вивчення та встановлення будови нуклеїнових кислот (Ф.Мішер, А.Коссел, Р.Фьольген). У 1869 році швейцарський лікар Ф.Мішер (1811—1887) відкрив в ядрах лейкоцитів, виділених з гною, речовину, котру назвав нуклеїн [19]. Пізніше (1889) нуклеїн було перейменовано в нуклеїнову кислоту на пропозицію німецького анатома і гістолога Р.Альтмана (1852—1900). У 1879 році відкритий Ф.Мішером нуклеїн став об'єктом досліджень німецького хіміка А.Коссела (1853—1927). Пізніше (1910) за здобутки в галузі дослідження

нуклеїну А.Коссел отримав Нобелівську премію з фізіології та медицини. Під час другого етапу передісторії генетики формувався ґрунт для майбутніх досліджень хромосом. У 1883 році ідею щодо диференціюючих поділів ядер клітин зародка було висловлено німецьким анатомом і ембріологом В.Ру (1850—1924). Вивчаючи індивідуальний розвиток тварин, він створив напрямок, котрий назвав механікою розвитку. Висновки В.Ру сприяли створенню теорії зародкової плазми німецького вченого А.Вейсмана (1834—1914). Згідно цієї теорії, сформульованої в 1892 році, спадкова субстанція має зв'язок з ядерною речовиною статевих клітин. Спочатку В.Ру, а потім А.Вейсман висловили гіпотезу про лінійне розташування в хромосомах спадкових факторів, чим передбачили майбутню хромосомну теорію спадковості. А.Вейсман дійшов висновку про існування в організмі двох клітинних ліній — зародкових і соматичних [20]. Наприкінці ХІХ ст. завдяки роботам цитологів, що відкрили хромосоми, вивчили мітотичний (Е.Страсбургер, 1875, В.Флеммінг, 1892) і мейотичний (Т.Бовері, О.Гертвіг, 1884) поділ ядра, формувався ґрунт для усвідомлення вченими перерозподілу спадкового матеріалу під час поділу клітин [1]. Поділ передісторії розвитку науки на два періоди є незвичним, однак особливістю розвитку генетики було те, що після відкриття її основних законів становлення науки не відбулось. Світова наукова спільнота не була широко поінформована про відкриття Г.Менделя та не змогла оцінити його важливість. Водночас ще не відбулось накопичення достатнього рівня знань зі спадковості та методів її дослідження, що спричинило б становлення нової науки. 1900 рік історики науки одностайно вважають роком виникнення науки про спадковість, однак назву цієї

науки «генетика» запропоновано лише кількома роками пізніше (1906). З огляду на визнані низкою авторів періодизації розвитку генетики та на основі аналізу найбільш визначних робіт нами запропоновано наступну періодизаційну схему.

Перший етап розвитку генетики, в який відбулось становлення основних її положень та методів, охоплює 1900—1910 рр. У 1900 році для перевірки ідей А.Вейсмана було здійснено дослідження з кількісним обрахунком, в результаті яких нідерландський ботанік Г.де Фріз (1848—1935), німецький ботанік К.Корренс (1864—1933) та австрійський генетик Е.Чермак (1871—1962) незалежно один від одного відкрили закономірності, встановлені Г.Менделем. Англійський учений У.Бетсон (1861—1926) здійснив видання праці Г.Менделя англійською мовою і запропонував (1906) назвати науку про спадковість та мінливість «генетикою». У 1901—1903 рр. голландський ботанік, генетик Гуго де Фріз (1848—1935) відкрив явище мутацій — змін, що успадковуються від покоління до покоління, і сформулював мутаційну теорію мінливості. У 1909 році датський біолог, один з основоположників сучасної генетики В.Югансен (1857—1927) в праці «Елементи точного вчення спадковості» (1909) назвав одиницю спадковості геном, ввів поняття «генотип» та «фенотип». Створене цим вченим вчення про чисті лінії заклало ґрунт для формування сучасних принципів селекції [21].

У перші роки двадцятого століття продовжувалось вивчення будови нуклеїнових кислот, розпочате наприкінці ХІХ ст. Ф.Мішером, А.Косселом та іншими. Німецький хімік Е.Фішер (1852—1919) отримав рибозу синтетичним шляхом і був удостоєний за вивчення цукрів Нобелівської премії з хімії (1902). У 1909 році російському хіміку-органіку Ф.Левену

(1869—1940) вдалось виділити рибозу при вивченні нуклеїну, однак виділити дезоксирибозу цьому ж вченому вдалось лише через двадцять років (1929). Після перевідкриття законів Г.Менделя вчені намагались застосувати їх до різних видів тварин і рослин. У 1909 році цим питанням зацікавився американський вчений Т.Морган (1866—1945). Будучи зоологом, він досліджував процеси розмноження морських безхребетних. Зацікавившись успадкуванням ознак, вчений вирішив виявити, де знаходяться «фактори» (за визначенням Г.Менделя) спадковості. Таке зацікавлення спрямувало його дослідження, що врешті привело до формування хромосомної теорії спадковості [22]. Загалом можна констатувати, що в перше десятиліття ХХ ст. відбулось становлення цитогенетики — науки, що вивчає закономірності спадковості у взаємозв'язку з будовою і функціями різних внутрішньоклітинних структур, на основі даних гібридологічного аналізу і цитології. Важливим також в цей період було незалежне відкриття англійським математиком Г.Харді (1877—1947) і німецьким лікарем В.Вайнбергом (1862—1937) закону щодо частоти розподілу ознак у популяції (1908—1909).

Другий етап генетики, в який відбулось формування хромосомної теорії, дослідження хромосом, встановлення явища мутагенезу та трансформації, охоплює 1910—1928 рр. Т.Морган обрав об'єктом досліджень мушку дрозофілу і з 1910 року було розпочато експериментальні дослідження успадкування мутацій у дрозофіли, котрі здійснювали американські генетики Т.Морган, К.Бріджес (1889—1938), А.Стертевант (1891—1970) та американський цитолог У.Саттон (1877—1916). Було доведено, що гени, котрі знаходяться в одній хромосомі, передаються при схре-

шуванні сукупно. Завдяки цитогенетичним експериментам (А.Стертевант, К.Бріджес, Г.Мьоллер, 1910) було встановлено участь деяких хромосом у визначенні статі. У дрозофіли, наприклад, водночас з трьома парами аутосом було знайдено пару статевих хромосом. У розробці хромосомної теорії спадковості, котра тривала впродовж 1910—1925 років, брали участь Т.Морган, А.Стертевант, американський генетик Г.Мьоллер (1890—1967). У процесі вивчення хромосом було відкрито явище кросинговеру. Окрім досліджень Т.Моргана, в означений період відбулось ще декілька важливих відкриттів, що готували ґрунт для переходу генетики на новий щабель і спрямували подальший її розвиток. Одним з найбільш визначних здобутків можна назвати відкриття радянським генетиком, ботаніком, географом, творцем сучасних наукових основ селекції та вчення про світові центри походження й еволюції культурних рослин М.І.Вавиловим (1887—1943) закону гомологічних рядів у спадковій мінливості (1920), згідно котрого ознаки у схожих видів змінюються однаково чи гомологічним чином [23, с. 5]. Завдяки працям (1924) американського генетика, еволюціоніста, статистика С.Райта (1889—1988), англійського статистич-

ного, еволюційного біолога, евгеніста, генетика Р.Фішера (1890—1962), англійського генетика, еволюційного біолога Дж.Холдейна (1892—1964), а також роботі (1926) російського генетика, ентомолога С.С.Четверикова (1880—1959) в даний період було закладено основи популяційної генетики. Важливою віхою стало відкриття мутагенної дії рентгенівських променів та становлення радіаційної генетики завдяки роботам (1925) російського, радянського мікробіолога та ботаніка Г.Надсона (1867—1939), російського мікробіолога Г.Філіпова (1900—1934), а також роботам (1927) американського генетика Г.Мьоллера (1890—1967). У 1928 році англійський мікробіолог Ф.Гріффіт (1877—1941) відкрив явище трансформації — включення чужорідної ДНК у геном клітини-господаря. У той час вважали, що білок також має властивості носія спадкової інформації. Це помилкове уявлення завадило усвідомити значення результатів німецького хіміка Р.Фьольгена (1884—1955), який в 1924 році встановив, що до складу хромосом входить ДНК. Він запропонував гістохімічний метод забарвлення ДНК тварин, рослин і мікробів (реакція Фьольгена) [4].

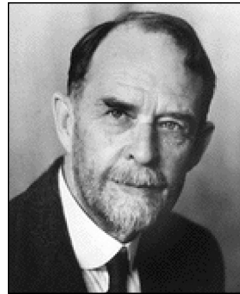
У третій етап генетики (1929—1952) створювались передумови розвитку



Г. Мендель
(1822-1884)



Г. де Фріз
(1848-1935)



Т.Морган
(1866-1945)



П. Берг
(н. 1926 р.)

молекулярної генетики: відбувалось дослідження молекулярної структури носія спадковості. Період починається від встановлення наявності в нуклеїновій кислоті дезоксирибози. Це відкриття здійснив в 1929 році російський хімік-органік Ф.Левен (1869—1940). Ф.Левен сформулював тетрануклеотидну теорію будови ДНК, котру підтримував і А.Коссел: четвірки нуклеотидів одноманітно повторюються в нуклеїновій кислоті, що не має якогось особливого значення. Важливим відкриттям в означений період також було встановлення хімічних мутагенів (1934) радянським генетиком, одним з основоположників вчення про хімічний мутагенез В.Сахаровим (1902—1969) та радянським генетиком і фізіологом М.Лобашовим (1907—1971). У цей же період американські генетик Дж. Бідл (1903—1989) та біохімік і генетик Е.Тейтем (1909—1975) сформулювали теорію «один ген — один фермент» (1941). Ці вчені встановили, що при опроміненні грибка (хлібної плісняви) рентгенівськими променями в його генах відбуваються мутації. Вони виявили, що мутації одного гена призводять до зміни функції одного білка-фермента, внаслідок чого відбуваються порушення обміну речовин. Разом з американським генетиком і біохіміком Д.Ледербергом (1925—2008) в 1947 році Е.Тейтем відкрив у бактерій явище генетичної рекомбінації. У 1958 році Дж.Бідл, Е.Тейтем і Д.Ледерберг отримали Нобелівську премію з фізіології і медицини за дослідження з генетики мікроорганізмів. У 1944 році один з перших американських молекулярних біологів О.Ейвері (1877—1955), канадсько-американський генетик К.Мак-Леод (1909—1972) та американський генетик М.Мак-Карті

(1911—2005) переконливо довели, що генетичні функції в клітині притаманні саме ДНК, а не молекулі білка [1]. Висновки О.Ейвері було підтверджено роботами (1952) американських бактеріолога і генетика А.Херші (1908—1997) і генетика М.Чейз (1927—2003), які довели, що геном бактерії являє собою ДНК. Це відкриття стимулювало вивчення нуклеїнових кислот в багатьох лабораторіях світу, привернуло пильну увагу дослідників саме до ДНК, що сприяло розвитку генетики на молекулярному рівні.

У четвертому етапі генетики (1953—1971) відбулось становлення молекулярної генетики. Даний етап розпочинається з відкриття (1953) Ф.Кріком, Дж. Ватсоном, М.Вілкінсом та Р.Франклін структури ДНК. До 1952 року вважали, що молекули ДНК складаються з чотирьох видів нуклеотидів, котрі одноманітно повторюються, однак всі молекули майже однакові і не можуть переносити інформацію. Американський біохімік Е.Чаргафф (1905—2002), детально проаналізувавши склад ДНК різноманітних організмів, виявив, що нуклеотиди спостерігаються в них в певному співвідношенні, котре отримало назву правило Чаргаффа. Результати, отримані Е.Чаргаффом та його співробітниками, остаточно заперечили тетрануклеотидну теорію будови нуклеїнових кислот. Американський хімік Л.Полінг (1901—1991) висловлював думку, що ДНК має форму спіралі. Врахувавши дані, котрі отримали Е.Чаргафф, А.Херші і М.Чейз, американський молекулярний біолог Дж.Ватсон (н. 1928 р.) і британський молекулярний біолог, лікар, нейробіолог Ф.Крік (1916—2004) дослідили будову ДНК. Встановлення структури ДНК було здійснено за участі

британських фізика, кристалографа, молекулярного біолога М.Вілкінса (1916—2004) та біофізика, рентгенографа Р.Франклін (1920—1958). Ось як описали своє відкриття самі автори: «Ми хочемо запропонувати структуру солі дезоксирибонуклеїнової кислоти (ДНК). Ця структура має дуже незвичайні властивості, що становлять значний біологічний інтерес... Вона утворена двома спіральними ланцюжками, закрученими навколо загальної осі... Обидві спіралі праві, але... послідовності атомів в них взаємно протилежні... Між собою ці ланцюги утримуються за рахунок основ, з'єднаних попарно, причому аденін може з'єднуватись тільки з тиміном, а гуанін — тільки з цитозином. Між основами існують слабкі водневі зв'язки, в котрих злегка від'ємно заряджені атоми кисню і нітрогену пов'язані між собою через водень, котрий має невеликий позитивний заряд. Дуже цікавий спосіб, в який ланцюжки утримуються разом... Пуринові і пиримідинові основи утворюють пари, при цьому пуринова основа однієї пари з'єднується водневими зв'язками з пиримідиною основою іншої... Якщо одна з основ пари — це аденін, то... другою основою повинен бути тимін; те ж саме відноситься до гуаніну і цитозину. Послідовність основ у полінуклеотидному ланцюгу може бути будь-якою». Основи, котрі пов'язані одна з одною, є комплементарними, що визначає механізм спадковості. Запропонована Дж.Ватсоном і Ф.Кріком модель пояснила правило Чаргаффа і можливість ДНК переносити спадкову інформацію. «Дуже важливо, що із запропонованого нами механізму специфічного спарювання безпосередньо походить можливість копіювання генетичного матеріалу»

[24, с. 45]. У статті, котра вийшла за кілька місяців після першої, Дж.Ватсон і Ф.Крік уточнюють: «Цукрофосфатний скелет у нашій моделі абсолютно постійний, але в цю структуру може вписатись будь-яка послідовність пар нуклеотидів... У даній молекулі можливе безкінечне число перестановок, і нам здається цілком імовірним, що точна послідовність основ містить у закодованому вигляді генетичну інформацію» [24, с. 45]. За десять років, котрі пройшли після опублікування теорії подвійної спіралі ДНК і принципу комплементарності, були розкриті молекулярні механізми реплікації; встановлені процеси, що відповідають за розшифровку генетичної інформації і регуляцію синтезу генних продуктів; з'ясовано численні причини, за якими ці продукти синтезуються в змінному вигляді. Встановлення структури ДНК уможливило розробку технологій рекомбінації ДНК [24, с. 45]. У 1962 році Ф.Крік, Дж.Ватсон та М.Вілкінс отримали Нобелівську премію з фізіології та медицини «за відкриття, що стосуються молекулярної структури нуклеїнових кислот та їх значення для передачі інформації в живій матерії».

Після цих відкриттів постало питання щодо встановлення принципів генетичного коду. Радянський і американський фізик-теоретик Г.Гамов (1904—1968), осмислюючи дану проблему, дійшов висновку, що код однієї амінокислоти мусить бути потрійним. Це була суто теоретична, але вірна концепція. Троє французьких вчених — мікробіолог і генетик Ф.Жакоб (н. 1920 р.), біохімік і мікробіолог Ж.Моно (1910—1976), мікробіолог А.Львов (1902—1994) — висловили ідею про існування в клітині рибонуклеїнової кислоти (РНК), що може переносити

ти інформацію від ДНК до рибосом. Інформаційна РНК була відкрита одночасно американським біофізиком М.Дельбрюком (1906—1981) і американським молекулярним біологом У.Гілбертом (н. 1932 р.). Ці відкриття уможливили розуміння механізму синтезу білку. У 1965 році Ф.Жакоб, А.Львов та Ж.Моно отримали Нобелівську премію з фізіології і медицини «за відкриття, що стосується генетичного контролю синтезу ферментів та вірусів». У 1959 році іспанський і американський біохімік С.Очоа (1905—1993) і американський біохімік А.Корнберг (1918—2007) отримали Нобелівську премію з фізіології і медицини за те, що їм вдалось виділити фермент ДНК-полімеразу і здійснити синтез ДНК. У 1961 році американський біохімік М.Ніренберг (1927—2010) довів, що амінокислоту фенілаланін визначає кодон з трьох певних нуклеотидів. Американський молекулярний біолог Х.Корана (н. 1922 р.) синтезував ген, здатний працювати, а американський біохімік Р.Холі (1922—1993) описав структуру молекули РНК. У 1968 році Х.Корана, Р.Холі і М.Ніренберг були удостоєні Нобелівської премії з фізіології і медицини «за розшифровку генетичного коду і його ролі в синтезі білків». У 1969 році Нобелівську премію з фізіології і медицини отримали американські біофізик М.Дельбрюк (1906—1981), мікробіолог С.Лурія (1912—1991), біохімік і генетик А.Херші (1927—1997) «за відкриття, що стосуються механізму реплікації і генетичної структури вірусів» [1, 4].

Потрібно зазначити, що епохальні відкриття, про які йдеться, відбувались переважно в закордонних лабораторіях, оскільки в тогочасному СРСР генетика переживала трагічні сторінки го-

нинь та занепаду. Так, розпочаті вітчизняним генетиком С.М.Гершензоном (1906—1998) ще в 1939 році роботи зі спричинення спрямованих мутацій у дрозофіли, були перервані в результаті війни, засилля лисенківщини тощо. Повернувшись до цієї проблематики в 1960 році, С.М.Гершензон отримав результати, котрі свідчили, що інформація може зчитуватись не лише з ДНК на РНК, але й навпаки. Дослідження з даної тематики, розпочаті С.М.Гершензоном, не були завершені внаслідок об'єктивних причин. Водночас американський генетик Г.Тьомін (1934—1994) працював над виділенням ферменту, що уможлилював зворотну транскрипцію: зчитування інформації з РНК на ДНК. У 1970 році він повідомив про відкриття такого ферменту одночасно з американським біохіміком, молекулярним біологом і вірусологом Д.Балтімором (н. 1938 р.). Фермент отримав назву «зворотна», або «реверсивна», транскриптаза, яка уможлилює синтез нуклеїнової кислоти від РНК до ДНК. Радянський біохімік В.Енгельгард (1894—1984) запропонував назвати її «ревертазою». У 1975 році Г.Тьоміну, Д.Балтімору і італійському вірусологу Р.Дульбекко (н. 1914 р.) вручили Нобелівську премію «за відкриття, що стосуються взаємодії між онкогенними вірусами і генетичним матеріалом клітини». Звичайно, це стало можливим завдяки досконалому технічному оснащенню американських лабораторій, котрим радянські вчені не володіли [4].

П'ятий етап генетики (1972—2000) пов'язаний зі становленням генетичної інженерії. Поштовхом до її становлення стало відкриття ферментів «рестриктаз», що розрізають ланцюг ДНК, швейцарським мікробіологом

і генетиком В.Арбером (н. 1929 р.). Американський мікробіолог Г.Сміт (н. 1931 р.) синтезував цей фермент, а американський мікробіолог Д.Натанс (1928—1999) почав його застосовувати. Всі троє вчених отримали за відкриття рестрикційних ферментів Нобелівську премію з фізіології і медицини в 1978 році. Отримання перших гібридних молекул ДНК було здійснено американським біохіміком П.Бергом (н. 1926 р.) у 1972 році. П.Берг та його співробітники отримали *in vitro* першу рекомбінантну молекулу ДНК шляхом поєднання фрагментів ДНК з допомогою штучно створених липких кінців. Важливим в даний період було відкриття способу отримання моноклональних антитіл — імунних білкових антитіл «підвищеної специфічності». У 1975 році моноклональні антитіла було одержано німецьким біологом і імунологом Ж.Кьоллером (1946—1995), аргентинським і британським імунологом С.Мільштейном (1927—2002), датським імунологом Н.Ерне (1911—1994). У 1984 році ці троє вчених отримали Нобелівську премію з фізіології та медицини «за теорію відносної специфічності в розвитку і контролі імунної системи і відкриття принципу корекції моноклональних антитіл». Також в цей період відбулось становлення генно-інженерних технологій виготовлення ліків. У 1973 році американський молекулярний біолог У.Гілберт (н. 1932 р.) створив метод прочитання генів. Фундаментальною наукою було створено підґрунтя для розвитку генно-інженерних технологій отримання ліків і постало питання про практичне впровадження цієї ідеї. Вчені почали працювати над виділенням гену інсуліну, гену інтерферону людини. У 1980 році У.Гілберт, П.Берг, Ф.Сенджер

отримали Нобелівську премію з хімії «за внесок у визначення основних послідовностей у нуклеїнових кислотах». Англійський біохімік Ф.Сенджер (н. 1918 р.) отримав ще одну Нобелівську премію з хімії (1958) за створення власного методу зчитування генетичної інформації. 14 жовтня 1980 року повідомлення про нагородження трьох учених досягло Уолл-Стріту і ціна акцій компанії «Джінентек», де вони працювали, піднялась більше ніж вдвічі впродовж одного дня. Це був прорив із замкненого світу науки, в якому жила обмежена кількість учених, заглиблених у незрозумілі для більшості проблеми, у раціональний світ великого бізнесу, в світ, котрий належить усім, котрий апелює мовою грошей, благополуччя, хвороб, котрий зрозумілий для всіх. У даний період здійснювались сміливі масштабні проекти на ґрунті даних, отриманих фундаментальною наукою: було народжено першу дитину, зачату екстракорпоральними методами, розпочато створення трансгенних рослин [25] та тварин, роботи зі стовбуровими клітинами, соматичне клонування тварин. Відповідно розпочався бурхливий розвиток біоетики, законодавче регулювання діяльності в галузі біотехнології.

У шостий етап генетики (2001—донині) відбулось становлення геноміки, біоінформатики, молекулярної медицини, ноетики. Поштовхом до становлення геноміки — розділу генетики, присвяченого вивченню геному і генів живих організмів — стало розшифрування геному людини (2001). Міжнародний проект «Геном людини» стартував у 1990 році з ініціативи американського уряду. У його роботі брали участь дослідники з Англії, Франції, Японії, США, України, Німеччини та

інших країн. Значний внесок у прочитання генетичного коду людини здійснили вчені біотехнологічної компанії «Селера Геномікс» під керівництвом американського генетика К.Вентера (н. 1946 р.). Було використано методику, розроблену наприкінці 1970 років американським біохіміком Ф.Сенджером (н. 1918 р.). Експертна рада Гарвардської медичної школи схвалила проєкт «Персональний геном», що є логічним продовженням проєкту «Геном людини» [7]. Внаслідок розшифрування геному людини логічно постало питання розвитку генної терапії: методики введення фрагменту ДНК в клітини хворої людини з метою заміщення функції мутантного гена й лікування спадкових хвороб. Ще в кінці 60-х років виявилось, що клітини тварин і людини здатні поглинати екзогенну ДНК, вводити її в свій геном, після чого проявляється експресія введених генів у вигляді відсутніх раніше білків та ферментів. Було розроблено методи доставки ДНК в клітини за допомогою вірусів та інших носіїв. Нині налічується понад 40 захворювань, за яких випробовується генна терапія — від рідкісних форм до поширених, таких як хвороби серцево-судинної терапії та імунodefіциту. Здійснюються спроби генної корекції СНІДу, артритів, хвороби Паркінсона, серпоподібно клітинної анемії тощо. Ствобурові клітини — це єдині клітини, що містять не лише інформацію про організм, а й схему її послідовного розвитку. У дорослому організмі ствобурові клітини знаходяться в основному в кістковому мозку і в дуже невеликих кількостях в усіх органах і тканинах. Вони забезпечують відновлення ушкоджених ділянок органів і тканин: можуть відновити практично будь-яке ушкодження, перетворюючись в кіст-

кові, гладких м'язів, печінкові, серцевого м'яза, нервові клітини. Досягнення клітинної медицини в напрямі лікування цирозу, інсульту, діабету роблять можливості терапевтичного використання ствобурових клітин практично безмежними [7].

Міжнародне регулювання питань генетичних досліджень відбувається на основі низки важливих документів, що отримали визнання і практичне застосування в різних державах світу. Одним з таких документів стала Декларація про генетичне консультування і генну інженерію, котра була прийнята 39-ю Всесвітньою медичною асамблеєю (Мадрид, 1987) і доповнена в 1992 році. Положення Декларації стосуються генетичного консультування і генної інженерії.

Всесвітня організація охорони здоров'я в 1995 році узагальнила міжнародний досвід вирішення етичних проблем, що виникають в ході медико-біологічних досліджень, в «Керівництві з етичних підходів в медичній генетиці і наданні генетичних послуг». У 1997 році 29-та сесія Генеральної конференції ЮНЕСКО прийняла Загальну декларацію про геном і права людини, спрямовану на попередження використання генетичної інформації з порушенням прав і фундаментальних свобод людини, її людської гідності або ж з метою суспільної ізоляції окремих індивідів, родин, груп чи спільнот. Базовим документом Ради Європи, спрямованим на захист прав і свобод людини в зв'язку з використанням досягнень біології і медицини, слугує «Конвенція про захист прав і достоїнства людини в зв'язку із застосуванням досягнень біології і медицини: Конвенція про права людини і біомедицину» (1997). Україна підписала цей до-

кумент в 2002 році [7]. Клонування — це процес отримання генетично ідентичних потомків шляхом нестатевого розмноження. В Європі базовий документ, що регулює діяльність людини в галузі клонування, — Конвенція про права людини і біомедицину. Для конкретизації норм Конвенції відповідно до окремих галузей біології і медицини Керівний комітет з біоетики Ради Європи розробляє додаткові протоколи. Загальна декларація про геном людини і права людини також декларує неприпустимість практики клонування людини. Клонування для медичних досліджень дозволено в Англії, Японії в 2004 році. У США в 1997 році конгрес проголосував за повну заборону експериментів, пов'язаних з клонуванням людини, однак в 2001 році було відновлено державне фінансування досліджень в галузі використання людських ембріонів. У Російській Федерації, як і в більшості країн, роботи з клонування людини призупинено. У США прийнята «Система дозволів заходів для процедур генної терапії в США». У Росії наукові дослідження в галузі генної терапії і генної інженерії регулюються федеральним законом «Про державне регулювання в галузі генно-інженерної діяльності» (1996). В Україні також проходить процес становлення нормативно-правової бази, що регламентує генно-інженерну діяльність. Вимагають філософського, наукового осмислення, законодавчого регулювання і питання створення трансгенних рослин і тварин. Певний рівень новітніх генетичних знань стає необхідною складовою не тільки спеціальної, але і загальної грамотності людини. Вітчизняними вченими

розроблено вчення про ноетику — етику інтелектуальної діяльності людини, згідно котрого гуманістичний аспект завжди повинен переважати цінність наукового пошуку [26].

Отже, на основі представлених даних нами розроблено та обґрунтовано наступну періодизаційну схему розвитку генетики. Передісторія становлення науки про спадковість охоплює два етапи: від найдавніших часів до 1866 року та від 1866 року до 1900 року. Виділено шість етапів розвитку генетики. Перший етап генетики: 1900—1910. Другий етап: 1910—1928. Третій етап: 1929—1952. Четвертий етап: 1953—1971. П'ятий етап: 1972—2000. Шостий етап: 2001-донині. В основу розробки даної періодизації покладено важливі відкриття, а також ступінь накопичення наукових даних для переходу генетики на новий етап розвитку. Важливими віхами для обґрунтування даної періодизації є наступні відкриття: відкриття законів спадковості (1866), перевідкриття законів спадковості (1900), формування хромосомної теорії спадковості (1910), встановлення будови ДНК (1929), відкриття структури ДНК (1953), отримання гібридних молекул ДНК (1972), розшифрування геному людини (2001). Певний етап розвитку генетики триває, доки здійснюється розробка провідної в даному періоді наукової проблематики. Після отримання визначних результатів, що відкривають перспективи подальшого наукового пошуку, а також в результаті накопичення даних, що спричиняють постановку наступних наукових задач, розпочинається наступний етап розвитку науки.

1. История биологии с древнейших времен до начала XX века / Под ред. С.Р.Микулинского. — М.: Наука, 1972. — 563 с.

2. Генетика / Гуттман Б., Гриффитс Э., Сузуки Д., Куллис Т. — М.: Фаир-Пресс, 2004. — 448 с.

3. Гайсинович А.Е. Зарождение генетики / Гайсинович А.Е. — М.: Наука, 1967. — 196 с.
4. Гайсинович А.Е. Зарождение и развитие генетики / Гайсинович А.Е. — М.: Наука, 1988. — 422 с.
5. Захаров И.А. Генетика в XX веке. Очерки по истории / Захаров И.А. — М.: Наука, 2003. — 75 с.
6. Голда Д.М. Генетика. Історія. Відкриття. Персоналії. Терміни / Голда Д.М. — К.: Укр. фітосоціол. центр, 2004. — 127 с.
7. Генетическая медицина / Запорожан В.Н., Кордюм В.А., Бажора Ю.И., Кресюн В.И., Трахтенберг И.М., Левицкий Е.Л., Чехун В.Ф., Полишук Л.З., Бучинская Л.Г., Аряев Н.Л., Деряби на Е.Г., Хабибулла Ч.М., Хусс Р., Уитли Д., Бутенко Г.М. — Одесса: Одесский гос.ун-т., 2008. — 432 с.
8. Нарійчук М.Д. Медична біологія / Нарійчук М.Д., Решетняк Т.А. — К.: Медицина, 2009. — 264 с.
9. Путинцева Г.Й. Медична генетика / Путинцева Г.Й. — К.: Медицина, 2008. — 392 с.
10. Семушкин А.В. Эмпедокл / Семушкин А.В. — М.: Мысль, 1994. — 251 с.
11. Материалисты Древней Греции. Собрание текстов Гераклита, Демокрита и Эпикура / Под ред. М.А.Дынина. — М.: Гос. изд-во полит. лит., 1955. — 238 с.
12. Гиппократ. Избранные труды / Под ред. В.П.Карпова. — М.: Биомедгиз, 1936. — 736 с.
13. Тіт Лукрецій Кар. Про природу речей / Тіт Лукрецій Кар. — К.: Дніпро, 1988. — 190 с.
14. Абу Али ибн Сина. Канон врачебной медицины / Абу Али ибн Сина. — Ташкент: Фан, 1981.
15. Кельрейтер Й. Учение о поле и гибридизации растений / Кельрейтер Й. — М.; Л.: Сельхозгиз, 1940. — 251 с.
16. Мендель Г. Избранные работы / Мендель Г., Ноден Ш., Сажрэ О. — М.: Медицина, 1968. — 174 с.
17. Дарвин Чарльз. Происхождение видов / Дарвин Чарльз. — Сочинения. Т.3. — М.: Изд. АН СССР, 1939.
18. Дарвин Чарльз. Пангенезис / Дарвин Чарльз. — СПб, 1898. — 232 с.
19. Мишер Ф. Труды по биохимии / Мишер Ф. — М.: Наука, 1985. — 323 с.
20. Бируков Борис. К вопросу о наследственности функциональных изменений. (Теория наследственности Вейсмана и возражений Спенсера) / Бируков Борис. — СПб, 1895. — 31 с.
21. Иоганнсен В.Л. О наследовании в популяциях и чистых линиях / Иоганнсен В.Л. — М.-Л., Сельхозиздат, 1935. — 77 с.
22. Морган Т.Г. Избранные работы по генетике / Морган Т.Г. — М.-Л.: Сельхозиздат, 1937. — 285 с.
23. Вавилов Н.И. Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости / Вавилов Н.И. — Саратов, 1920. — 16 с.
24. Глик Б. Молекулярная биотехнология. Принципы и применения / Глик Б., Пастернак Дж. — М.: Мир, 2002. — 585 с.
25. Конов А. Генная инженерия растений в компании Монсанто: от первых лабораторных опытов до практического применения во всем мире / Конов А., Велчев М., Парсел Д. // Цитология и генетика. — 2005. — № 3. — С. 3-12.
26. Запорожан В.Н. Путь к ноозтике / Запорожан В.Н. — Одесса: Одесский ун-т, 2008. — 283 с.

Одержано 07.12.2010

О.В.Романец

Периодизация развития генетики: мировой контекст

В статье представлена и обоснована периодизация развития генетики в мировом контексте. Определены наиболее важные открытия, ставшие этапами в развитии генетики. В каждом из этапов показано накопление научных знаний, предшествовавших осуществлению нового важного открытия, послужившее переходу науки на новую ступень развития.