

JAKUB BARCISZEWSKI¹, MACIEJ SZYMAŃSKI², ALEKSANDRA MALESKA¹,
DARIA OLSZEWSKA^{1,2}, WOJCIECH T. MARKIEWICZ¹, JAN BARCISZEWSKI^{1*}

Polskie wątki w początkach rozwoju nowoczesnych nauk o życiu

1. Wprowadzenie

W listopadzie 1918 roku, na mocy postanowień traktatu wersalskiego, po 123 latach nieobecności, na mapę polityczną Europy wróciła niepodległa Polska. Jednak odzyskanie niepodległości nie byłoby możliwe bez aktywnej i konsekwentnej pracy organicznej Polaków, którzy w okresie zaborów przekazywali kolejnym pokoleniom przywiązanie do języka, nauki i kultury narodowej. Nasi przodkowie, żyjący w trzech różnych systemach państwowych, mimo skomplikowanej i niezwykle trudnej historii potrafili odtworzyć wspólnotę narodową. Wspaniałe tradycje, bogate dziedzictwo kulturowe oraz wartości głęboko zakorzenione na tych ziemiach, stworzyły mocny fundament do zbudowania nowej polskiej rzeczywistości. W szerzeniu edukacji i popularyzacji wiedzy wśród ludności polskiej dużą rolę odgrywały organizacje społeczne i towarzystwa, np. Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk, ale nie tylko. Wielkie znaczenie miał indywidualny wysiłek ludzi, którzy na tych terenach się urodzili, a następnie z tych ziem wyszli w świat. Ci ludzie swoimi dokonaniem zbudowali nieocenione kulturalne i naukowe pomosty, których funkcjonowanie widoczne jest do dzisiaj w wielu obszarach aktywności ludzkiej.

W niniejszym opracowaniu przywołujemy wybitne postacie tamtego okresu, okoliczności, wydarzenia oraz fakty, które naszym zdaniem tworzyły subtelną tkankę kultury i życia naukowego. Wydarzenia te wydawać się mogą pozornie mało powiązane, odkrycia naukowe nie od razu w pełni docenione, jednakże w sumie stanowią one podwaliny dyscypliny nauki, którą obecnie uprawiamy, a która od lat 40. ubiegłego wieku nazywana jest biologią molekularną. Szczególną uwagę zwróciliśmy na udział w rozwoju nowoczesnych nauk o życiu ludzi urodzonych, i często wykształconych oraz pracujących, na terenach odradzającej się Polski.

Jako niezależna dziedzina badań biologia molekularna ukształtowała się w latach 50. i 60. XX wieku po odkryciu struktury DNA i kodu genetycznego. U jej podstaw leżał jednakże dynamiczny rozwój badań w dziedzinie genetyki, cytologii, chemii, biochemii i fizyki przypadający na przełom wieków XIX i XX. Odwołujemy się więc nie tylko do ba-

¹Instytut Chemii Bioorganicznej Polskiej Akademii Nauk, Poznań, ²Wydział Biologii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza, * Prof. dr hab. Jan Barciszewski – jan.barciszewski@ibch.poznan.pl

daczy, ale również do postaci, które kreowały twórczą atmosferę tamtych lat oraz stymulowały rozwój nauki. Spojrzenie na rocznicę odzyskania niepodległości przez Polskę przez pryzmat nauk biologicznych oparte jest na współczesnej reinterpretacji najważniejszych ówczesnych zdarzeń, które składają się na początki biologii molekularnej, a w szczególności rzucają nowe światło na nauki o kwasach nukleinowych w ciągu ostatnich 100 lat. Zrozumienie znaczenia minionych wydarzeń wydatnie ułatwia twórczość Wisławy Szymborskiej, która z ironiczną precyzją odsłania prawa biologii i działania historii we fragmentach ludzkiej rzeczywistości (The Nobel Prize 1996).



Ryc. 1. Miejscowości związane z omawianymi faktami dotyczącymi początków rozwoju nauk o życiu. Kropkowana linia pokazuje granice II RP z roku 1921

2. Początki biologii molekularnej

Biologia molekularna, dziedzina nauki zajmująca się budową i funkcjonowaniem naturalnych cząsteczek biologicznych, jest zwieńczeniem badań przyrodniczych, zainicjowanych w XVIII wieku, kiedy pojawiły się pierwsze prace o wpływie środowiska na organizmy żywe i pierwsze idee ewolucyjne. Dla rozwoju współczesnej biologii kluczowe znaczenie miały jednak prace Karola Darwina, który w 1859 roku przedstawił spójną teorię wyjaśniającą zmienność i ewolucję świata żywego na drodze doboru naturalnego. Kilka lat później, w 1866 roku, Gregor Mendel opisał prawidłowości związane z przekazywaniem cech u roślin, które dały podstawy genetyce. Po roku od tych wydarzeń na świat przychodzi w Warszawie podwójna noblistka Maria Skłodowska.

Tabela 1. Miejsca urodzenia niektórych osób związanych z rozwojem nauk o życiu

L.p.	Nazwisko i imię	Nazwa miejscowości		Rok
		dawniej	obecnie	
1	Altmann Richard	Eylau	Ława	1852
2	Michelson Albert	Strelno	Strzelno	1852
3	Bering Emil	Hansdorf	Ławice k. Ławy	1854
4	Nerst Walther	Briessen	Wąbrzeźno	1864
5	Ehrich Paul	Strehnen	Strzelin	1854
6	Haber Fritz	Breslau	Wrocław	1863
7	Born Max	Breslau	Wrocław	1882
8	Berguis Friedrich	Goldschmieden	Złotniki	1884
9	Domagh Gerhard	Lagow	Łagów	1895
10	Reichstein Tadeusz	Włocławek	Włocławek	1897
11	Rabi Isidor	Rymanów	Rymanów k. Krosna	1898
12	Adler Kurt	Konigshitte	Chorzów	1902
13	Chargaff Erwin	Czernowitz	Czerniowcy	1905
14	Goeppert-Mayer Maria	Kattowitz	Katowice	1906
15	Frankel-Conrad Heinz	Breslau	Wrocław	1910
16	Bloch Konrad	Neisse	Nysa	1912
17	Szyborska Wisława	Prowenc	Kórnik	1923
18	Klug Aaron	Żelvos	Pozelwa	1926
19	Wittmann Heinz-Günter	Gross Sturlach	Sterławki Wlk.	1927
20	Blobel Günter	Waltersdorf	Niegosławice	1936
21	Hoffmann Roald	Zołocziw	Złoczów	1937
22	Erdmann Volker	Sttetin	Szczecin	1941
23	Klitzig Klaus	Schrode	Środa Wlkp.	1943

Tabela 2. Pierwsze laureatki Nagrody Nobla

L.p.	Nazwisko i imię	Miejsce i rok urodzenia	Dyscyplina, rok nadania, osiągnięcie
1	Maria Skłodowska-Curie	Warszawa 1867	Fizyka, 1903 <i>Za badanie nad zjawiskiem promieniotwórczości odkrytym przez Henri Becquerela</i>
2	Maria Skłodowska-Curie	Warszawa 1867	Chemia, 1911 <i>Za wydzielenie czystego radu i uzyskanie radu w postaci krystalicznej</i>
3	Irena Joliot-Curie	Paryż 1897	Chemia, 1935 <i>Za syntezę nowych pierwiastków promieniotwórczych</i>
4	Maria Goeppert-Mayer	Katowice 1906	Fizyka, 1963 <i>Za odkrycia związane z powłokowym modelem jąder atomowych</i>

Dwadzieścia lat wcześniej, w 1847 roku, miało miejsce odkrycie, które możemy traktować jako początek historii współczesnej biologii molekularnej. Było to wydzielenie przez Justusa von Liebiga kwasu inozynowego (Liebig 1847). Związek ten jest jedną z zasad azotowych występujących w kwasach rybonukleinowych (RNA) i jako nukleozyd jest obecnie powszechnie stosowany jako lek do zwalczania infekcji wirusowych. W 1869 roku, w Tybindze, Friedrich Miescher zidentyfikował nukleinę (DNA) jako substancję będącą głównym składnikiem jąder komórkowych leukocytów izolowanych z ropy z bandaży uzyskanych z lokalnego szpitala (Gabryelska 2009). Formalnie nazwę kwasu nukleinowe wprowadził dopiero w 1889 roku jeden z jego uczniów Richard Altmann urodzony w Hławie w 1852 roku. W sąsiednich Ławicach urodził się Adolf Emil Behring, który za badania nad toksyną błonicy i opracowanie surowicy przeciwko tej chorobie został nagrodzony w 1901 roku Nagrodą Nobla. Jego rówieśnikiem był immunolog Paul Ehrlich urodzony w Strzelinie, noblista z 1908 roku. Nasze spojrzenie na historię chcieliśmy zakończyć, przywołując wkład Michaela Slii w odkrycie kodu genetycznego. Wspominamy także opracowanie przez Piotra Chomczyńskiego metody wyodrębniania (izolacji) RNA, która zrewolucjonizowała badania w tej dziedzinie (Chomczynski 1987).

3. Polskie wątki w początkach rozwoju nauk o życiu – kalendarium

Przytoczone poniżej kalendarium obejmuje wybranych badaczy mających bezpośredni wkład w rozwój nauk o życiu, głównie polskich i związanych z Polską. Oczywiście nie przedstawia ono pełnej i wyczerpującej historii rozwoju biologii molekularnej. Jednakże naszym zdaniem większość wymienionych osób i przywołanych zdarzeń wносиła znaczący wkład w rozwój nowoczesnej biologii. Inne z kolei odegrały istotną rolę w kształtowaniu się polskiego środowiska intelektualnego i w szerszym kontekście również zasługują na przypomnienie.

Okres do 1900

1847

Justus von Liebig – wyizolował pierwszy nukleotyd, kwas inozynowy, z tkanki mięśniowej (Liebig 1847). Opracował także metodę określania mocznika i chloru w moczu (Buttner 2000).

Wilhelm Marcei Nencki – urodził się w Boczach koło Łodzi. Badał związki azotowe, kwas moczowy, mocznik i ich pochodne. Odkrył rodaminę. Interesował się chemią puryn (Nencki 1877). Prowadził badania nad sokami żołądkowymi. Zsyntetyzował salol – ester kwasu salicylowego z fenolem oraz przypisał mu bardzo silne działanie bakterio-bójcze. Odkrył bakterie mogące żyć w warunkach beztlenowych. Badał strukturę i produkty rozpadu hemoglobiny (Wojtczak 2001).

1852

Richard Altmann, urodził się w Iławie koło Olsztyna. Był uczniem J.F. Mieschera. Opracował metodę utrwalania i wybarwienia tkanek oraz komórek. Odkrył i opisał „bioblasty” jako autonomicznie funkcjonalne struktury, które okazały się mitochondriami (O'Rourke 2010). Zaproponował określenie kwasy nukleinowe. W 1889 opracował metodę izolacji kwasów nukleinowych z drożdży (Altmann 1889).

1854

Emil Behring – urodził się w Ławicach koło Iławy, bakteriolog– teorec immunologii, współpracował z Robertem Kochem. Laureat Nagrody Nobla z roku 1901, w dziedzinie medycyny, za prace nad seroterapią i jej zastosowaniem w leczeniu błonicy. W późniejszych latach zajmował się badaniami nad gruźlicą (Linton 2005).

Paul Ehrlich – urodził się w Strzelinie koło Wrocławia. Opracował metodę wybarwienia komórek krwi barwnikami anilinowymi. Odkrył lek na kiłę. W 1908 roku otrzymał Nagrodę Nobla w dziedzinie medycyny za wkład w immunologię (Silverstein 2002).

1859

Karol Darwin – opublikował książkę *O powstawaniu gatunków* przedstawiającą podstawy teorii ewolucji w procesie naturalnej selekcji.

1862

Benedykt Tadeusz Dybowski – urodził się w roku 1833 w Adamarynie koło Mińska. Biolog. Pierwszy w Warszawie objaśniał i szerzył teorię ewolucji gatunków zaproponowaną przez Karola Darwina. Wybitny uczyony, powstaniec styczniowy trafił na Syberię. Słynny badacz jeziora Bajkał.

1864

Walther Nernst – urodził się w Wąbrzeźnie koło Torunia. Badał efekty galwanomagnetyczne oraz termomagnetyczne, skonstruował lampę emitującą światło zbliżone do dziennego. Opracował trzecie prawo termodynamiki. W 1920 roku otrzymał Nagrodę Nobla w dziedzinie chemii za badania w zakresie termodynamiki (Bartel 2007).

1866

Gregor Johann Mendel – zauważył, że cechy grochu zwyczajnego są przekazywane niezależnie od siebie. Jedna cecha nie wpływa na dziedziczenie drugiej. Jednostki dziedziczenia mogą występować jako dwa allele. Sformułował prawo czystości gamet oraz prawo niezależnej segregacji. W roku 1868 przedstawił wyniki badań na temat hybrydizacji roślin (Gabryelska 2009).

1867

Maria Skłodowska – urodziła się w Warszawie. Rozwinęła teorię promieniotwórczości, opracowała technikę rozdzielania izotopów promieniotwórczych. Była prekursorką

radiochemii. Podczas I wojny światowej zorganizowała służbę radiologiczną na potrzeby szpitali wojskowych i sama brała w niej aktywny udział wraz z córką Ireną. Z jej inicjatywy rozpoczęto w Warszawie budowę Instytutu Radowego. Przyjaźniła się z Albertem Einsteinem. W roku 1903 wraz z mężem otrzymała Nagrodę Nobla z fizyki za badania nad zjawiskiem promieniotwórczości. W 1911 roku uzyskała drugą Nagrodę Nobla w dziedzinie chemii za odkrycie polonu i radu (Dobrzyńska 2017).

1868

Fritz Haber – urodził się we Wrocławiu. Prowadził badania w zakresie elektrochemii, badał m.in. przepływ prądu przez elektrolity czy różnice potencjałów elektrycznych na granicach faz roztworu oraz procesy katalizy – przyspieszania reakcji chemicznej pod wpływem katalizatora. Zainspirowany badaniami J. von Liebiga wraz z Carlem Boshem opracował metodę otrzymywania amoniaku na skalę przemysłową. Twórca broni chemicznej użytej Niemców podczas obu wojen światowych. W 1918 roku został laureatem Nagrody Nobla w dziedzinie chemii za syntezę amoniaku z azotu i wodoru (Bretislav 2005).

1869

Johann Friderich Miescher – wyizolował z bandaży nasiąkniętych ropą pacjentów nukleinę. Określił jej składniki jak wodór, tlen, azot i fosfor. Zidentyfikował nietypowy stosunek fosforu do azotu. Zaobserwował, że kwasy nukleinowe znajdują się głównie w chromosomach. W spermie łososi znalazł protaminę, sól kwasu z organiczną zasadą. Nauczyciel R. Altmanna (Skarżyński 1956).

1870

Ludwik Pasteur – badał rolę i znaczenie mikroorganizmów. Przedstawił hipotezę o istnieniu enancjomerów, związków chemicznych, których cząsteczki są dla siebie odbiciami lustrzanymi. Prowadził badania nad procesem fermentacji, co przyczyniło się do opracowania metody wyjaławiania lub sterylizacji tzw. pasteryzacji. Jego badania z zakresu mikrobiologii i wirusologii były podstawą do stworzenia pierwszej szczepionki przeciwko wściekliźnie dla ludzi. W 1891 roku został członkiem Poznańskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk (Kwiatkowski 1994).

1871

Robert Koch – interesował się gruźlicą oraz metodami jej leczenia. Pracował w Szpitalu im. Augusta Hohenlohe w Sławęcicach koło Gliwic. Wykazał, że przyczyną gruźlicy jest mikroorganizm, którego siedliskiem jest krew. Był także lekarzem powiatowym w Wolsztynie koło Poznania. Wprowadził metody barwienia mikroorganizmów za pomocą barwników anilinowych oraz hodowle kultur bakterii na żelatynie. W 1905 roku otrzymał Nagrodę Nobla z medycyny za badania i odkrycia związane z gruźlicą (Zwolska 2010).

1879

Max von Laue – urodził się w miejscowości Pfaffendorf w pobliżu Koblencji. Ukończył Królewskie Gimnazjum Fryderyka Wilhelma w Poznaniu. Zaobserwował zjawisko interferencji promieniowania rentgenowskiego w kryształach za co otrzymał w roku 1914 Nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki (Więckowski 2014).

1882

Max Born – urodził się we Wrocławiu. Badał strukturę kryształów. Zaproponował, że w mechanice kwantowej powinno się traktować osobno elektrony oraz jądro atomu. Opracował metodę rozdzielania fotonów i elektronów z materii. Był przyjacielem Alberta Einsteina. Laureat Nagrody Nobla w 1954 roku za określenie gęstości prawdopodobieństwa znalezienia cząstki (gęstość elektronowa) (Russo 1996).

1883

Rudolf Stefan Jan Weigl (Weigel) – urodził w Prerowie koło Brna. Wynalazca pierwszej w świecie szczepionki przeciw tyfusowi plamistemu. Wprowadził wesz odzieżową do hodowli riketsji. Po II wojnie światowej kontynuował swoje badania m.in. na Uniwersytecie im. Adama Mickiewicza w Poznaniu (Brock 2001).

1884

Jakub Karol Parnas – urodził się w Mokrzanach koło Lwowa. Zastosował metody izotopowe w badaniach metabolizmu, za pomocą których śledził przemiany związków fosforowych w mięśniach. Badał proces glikogenolizy i glikolizy, które doprowadziły do odkrycia beztlenowej przemiany glukozy (szlak Embdena-Mayerhofa-Parnasa). W 1929 wykazał powstawanie adenozy-5-monofosforanu (AMP) z monofosforanu inozyny (IMP) w wyniku reakcji amidacji (Barańska 2008).

Ludwik Hirsfeld – urodził się w Warszawie. Otrzymał habilitację za badania nad związkiem zjawisk odpornościowych i krzepliwości krwi. Zwalczał epidemię tyfusu plamistego w Serbii w czasie I wojny światowej. Współtwórca Państwowego Instytutu Higieny w Warszawie (Hirsfeld 1946). W 1952 roku został dyrektorem Instytutu Immunologii i Terapii Doświadczalnej we Wrocławiu (Lonc 2012).

Friedrich Bergius – urodził się w Złotnikach koło Wrocławia. Pracował w Instytucie Nernsta w Berlinie, a następnie w laboratorium Fritza Habera. Opracował metody pracy w laboratorium pod ciśnieniem (do 300 atmosfer). Za badanie nad uwodornieniem węgla i ciężkich olei pod zwiększonym ciśnieniem w 1931 roku otrzymał Nagrodę Nobla w dziedzinie chemii (Stranges 2000).

1892

Hermann von Helmholtz – zajmował się ruchem mięśni i procesami z tym związanymi. Zasugerował, że ruch ten jest spowodowany zmianami chemicznymi i zmianami temperatury. Przedstawił zasadę zachowania energii. Wynalazł oftalmoskop, urządzenie

służące do obserwacji siatkówki oka, oraz oftalmometr do pomiaru krzywizny oka (Farage 2008). Był członkiem Poznańskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk.

1895

Gerhard Domagk – urodził się w Łagowie koło Gorzowa Wielkopolskiego. Zaproponował chemioterapię jako sposób walki z nowotworami oraz gruźlicą. Dokonania w zakresie mikrobiologii doprowadziły do powstania prontosilu, pomarańczowoczerwonego barwnika z grupy sulfonamidów, który skutecznie zwalcza infekcje powodowane przez paciorkowce. W 1939 roku za to odkrycie przyznano mu Nagrodę Nobla w dziedzinie fizjologii lub medycyny, którą odebrał w roku 1947 (Grundmann 2002).

1897

Tadeusz Reichstein – urodził się we Włocławku. Interesował się substancjami aromatycznymi w kawie. Zsyntetyzował witaminę C (Rutkowski 2009). Wyodrębnił i określił skład aldosteronu. Wyizolował kortyzol oraz przypisał mu terapeutyczne właściwości w leczeniu artretyzmu reumatoidalnego, za co w 1950 roku otrzymał Nagrodę Nobla (Grzybowski 2012).

1898

Isidor Issac Rabi – urodził się w Rymanowie koło Krosna. Zaprojektował metodę rezonansu magnetycznego z wiązką atomową i molekularną do obserwacji widm atomowych (Shampo 2012). Umożliwiło to pomiar właściwości magnetycznych atomów, jąder atomów oraz molekuł. Metoda ta opiera się na zmierzeniu jądrowych momentów magnetycznych. Laureat Nagrody Nobla w 1944 roku w dziedzinie fizyki (Ramsey 1993).

Okres 1900–1953

1900

Hugo de Vries, Carl Correns, Erich Tschermak – potwierdzili wyniki prac Mendla na groszku, kukurydzy i roślinach kwiatowych z użyciem metod mikroskopowych.

1902

Kurt Alder – urodził się w Chorzowie. Wraz ze swoim nauczycielem Otto Dielsem odkrył metodę syntezy dienów, którą opisali jako reakcję Dielsa-Aldera (Mayo 2011). Otrzymali Nagrodę Nobla w 1950 roku w dziedzinie chemii.

1905

Erwin Chargraff – urodził się w Czerniowicach, obecnie Ukraina. W 1950 roku przedstawił prawa określające zawartość zasad azotowych w DNA, znane jako reguły Chargraffa: ilość zasad purynowych równa się ilości zasad pirymidynowych; ilość adeniny jest

równa ilości tyminy; ilość guaniny jest równa ilości cytozyny (Chargraff 1950), które okazały się przydatne dla odkrycia struktury podwójnej helisy DNA (Gabryelska 2009).

1906

Maria Goepfert-Meyer – urodziła się w Katowicach. Specjalizowała się w fizyce kwantowej. Otrzymała Nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki w 1963 roku za odkrycia dotyczące struktury powłokowej jądra atomowego (Sachs 1979).

1907

Albert Abraham Michelson – urodził się w 1852 roku w Strzelnie koło Inowrocławia. Skonstruował interferometr, przyrząd pomiarowy oparty na zjawisku interferencji fal. Wykazał, że światło porusza się ze stałą prędkością we wszystkich inercyjnych układach odniesienia. W 1907 roku otrzymał Nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki (Kardaś 2004).

1908

Phoebus Aaron Levene – odkrył rybozę oraz 20 lat później deoksyrybozę. Wykazał, że DNA zbudowany jest z jednostek będących połączeniem fosforanu, cukru i zasady azotowej. Jednostki te nazwał nukleotydami. Stwierdził, że cząsteczka DNA składa się z szeregu nukleotydów tworzących jej szkielet (Fry 2016).

1909

Wilhelm Johannsen – wprowadził pojęcie genu, genotypu i fenotypu. Wykazał, że potomstwo w linii czystej jest identyczne genetycznie, jakiegokolwiek zmiany zachodziły wskutek wpływu środowiska, nie były dziedziczne (Thomas 1991).

1910

Tadeusz Baranowski – urodził się we Lwowie, był uczniem Parnasa. Wyizolował i opisał dehydrogenazę fosfoglicerolową. Był jednym z pierwszych, którzy przeprowadzili krystalizację białek. Współtworzył Wydział Lekarski we Wrocławiu.

Heinz Ludwig Fraenkel-Conrat – urodził się we Wrocławiu. Prowadził badania nad wirusem mozaiki tytoniu. Wykazał, że infekcyjność wirusa zależy od kwasu nukleinowego (Fraenkel-Conrat 1999).

1912

Konrad Emil Bloch – urodził się w Nysie. Prowadził badania nad sterolami u owadów oraz biosyntezą cholesterolu, co pozwoliło wskazać, jak powstają sterydy (Heller 1957). W roku 1964 otrzymał Nagrodę Nobla za badania dotyczące mechanizmu i regulacji metabolizmu cholesterolu i kwasów tłuszczowych (Kresge 2005).

1914

Wanda Mejbaum-Katzenellenbogen – urodziła się we Lwowie, uczennica Jakuba Parnasa. Opracowała metody analizy pentoz, białek, alkilorezorcynoli, garbników i gliko-

protein w preparatach biologicznych. Opisała turbimetryczną metodę charakteryzowania białek oraz ich zagęszczania za pomocą taniny i kofeiny (Mejbaum-Katzenellenbogen 1967).

1915

David Shugar – urodził się w Józefowie. Pracował nad mechanizmami mutagenyzy oraz naprawy DNA, a także fosforylacją nukleozydów. W 1952 roku przedstawił formy tautomeryczne kwasów nukleinowych. Twórca polskiej szkoły biofizyki molekularnej. Był kierownikiem Zakładu Biochemii w Państwowym Zakładzie Higieny w Warszawie (Wierzchowski 2015).

1916

Hilary Koprowski – urodził się w Warszawie. Twórca pierwszej doustnej szczepionki przeciwko wirusowi polio, wywołującemu chorobę Heinego-Medina. Prowadził badania nad stwardnieniem rozsianym i nowotworami (Legocki 2013).

1918

Powstanie Instytutu Biologii Doświadczalnej im. Marcelego Nenckiego w Warszawie. W instytucie prowadzone są badania w zakresie biologii molekularnej i komórkowej, biochemii i neurobiologii. Instytut prowadzi badania w dziedzinie neurobiologii na każdym poziomie – od molekularnego po systemowy (Kuźnicki 2008).

1921

Wacław Szybalski, urodził się we Lwowie. Pracował w zespole R. Weigla. Opracował metody wirowania i rozdzielania kwasów nukleinowych w chlorku i siarczanie cezu. Pracował nad mechanizmami chemicznej mutagenyzy i dostarczył bezpośrednich dowodów na przyczynowy związek między mutagenizacją a karcinogenezą (Dulak 2013).

1922

Piotr Słonimski – urodził się w Warszawie. Pionier genetyki mitochondriów, jeden z odkrywców dziedziczenia pozajądrowego. Badał mutanty drożdży *Saccharomyces cerevisiae*. Odkrył maturazy, enzymy biorące udział w dojrzwaniu (splicingu) prekursorowego mRNA (Dujon 2009).

1923

Wisława Szymborska – urodziła się w Prowencie (Kórnik), laureatka Nagrody Nobla w dziedzinie literatury w 1996 roku za poezję, która z ironiczną precyzją pozwala kontekstowi historycznemu i biologicznemu wyjść na światło dzienne we fragmentach ludzkiej rzeczywistości.

1924

François Chapeville (Franciszek Chrapkiewicz) – urodzony w Godowej koło Rzeszowa. W roku 1962 pokazał kluczowe znaczenie aminoacylacji tRNA w procesie roz-

poznawania kodon-antykodon. Te oddziaływania, a nie przyłączony do cząsteczki tRNA aminokwas, decydują o specyfice kodowania (Gabryelska 2011). Członek PAN.

Michael Sela – urodził się w Tomaszowie Mazowieckim jako Mieczysław Salomono-wicz. Wybitny ekspert w zakresie chemii peptydów i białek. Współpracował z M. Niren-bergiem w rozszyfrowywaniu kodu genetycznego. Wprowadził syntetyczne polipeptydy w roli antygenów. Wynalazca copaxonu, leku stosowanego w terapii przy stwardnieniu rozsianym (Steinman 2014).

Georges Charpak – urodził się w Dąbrowicy, obecnie Ukraina. Badał strukturę białek stosując promienie rentgenowskie. Interesował się receptorami mózgowymi. W 1992 roku został laureatem Nagrody Nobla za opracowanie detektorów cząstek, głównie wielodrutowej komory proporcjonalnej (Giomataris 2010).

1926

Julius Marmur – urodził się w Białymstoku. Pracował w laboratorium Wacława Szybalskiego. Analizował DNA bakterii *Bacillus* i opracował procedurę jego izolacji. Później skupił się na biologii molekularnej drożdży (Szybalski 1997).

Andrew Schally, urodził się w Wilnie. Wykazał obecność czynnika uwalniającego korty-kotropinę (CRF) w tkankach przysadki i podwzgórza. Pracował nad tyreoliberyną, gona-doliberyną oraz somatostatyną. Laureat Nagrody Nobla w 1977 roku za odkrycia doty-czące produkcji hormonów peptydowych w mózgu (Wade 1978).

Aaron Klug – urodził się w Pozełwie na Litwie. Wykazał, że wirus polio i małe sferycz-ne wirusy roślinne mają blisko spokrewnioną strukturę. Opracował pierwszą metodę obliczania obrazów trójwymiarowych struktur z zestawu dwuwymiarowych projekcji (tomografia). Odkrył budowę wirusa mozaiki tytoniu. W 1974 roku odkrył strukturę przestrzenną krystalów tRNA^{Phe} z drożdży. W 1982 roku otrzymał Nagrodę Nobla z che-mii za rozwinięcie mikroskopii elektronowej i analizę struktury kompleksów białek i kwasów nukleinowych (Holmes 2017).

1927

Heinz-Günter Wittmann, urodził się w Sterławkach Wielkich koło Giżycka. Badał białko płaszczka wirusa mozaiki tytoniu. Zaproponował uniwersalność kodu genetycz-ne-go (Wool 1990). Interesował się strukturą i funkcją rybosomów. Uzyskał pierwsze krysz-tały podjednostki rybosomalnej 50S z *Bacillus stearothermophilus* (Sprinzl 2009).

1928

S. Wingard zauważył zjawisko interferencji RNA (RNAi). Wykazał, że nekroza występuje tylko u pierwotnie zainfekowanych liści tytoniu, a liście z wyższych poziomów stały się odporne i nie przejawiały jej obecności, tzn. obumierania w postaci ciemnienia tkan-ki roślinnej, wysychania i kruszenia się (Baulcombe 2004).

Ludwik Hirsfeld – odkrył prawa dziedziczenia grup krwi i wprowadził ich oznaczenie jako 0, A, B i AB, przyjęte na całym świecie (Balińska 2010). Oznaczył również czynnik Rh i odkrył przyczynę konfliktu serologicznego.

1933

Andrzej Krzysztof Tarkowski – urodził się w Warszawie, twórca szkoły naukowej embriologii doświadczalnej ssaków. Udowodnił, że dwukomórkowe zarodki myszy można mechanicznie rozdzielić, wszczepić do macicy i uzyskać normalne płodne osobniki. Pobudzał oocyty do rozwoju zarodkowego bez udziału plemników. Opracował metody umożliwiające łączenie i uzyskanie zarodków aneuploidalnych (tetraploidalnych) i mozaikowych (Kubiak 2017).

1936

Günter Blobel – urodził się w Niegosławicach koło Żagania. Odkrył sekwencje aminokwasowe, które są sygnałami do specyficznego transportu białek w komórce (Blobel, 1999). W 1999 roku został laureatem Nagrody Nobla w dziedzinie medycyny (Rolle 2013).

1937

Roald Hoffmann – urodził się w Złoczowie koło Lwowa. Był chemikiem, opracował teorię przebiegu reakcji chemicznych w oparciu o budowę orbitali atomowych (Hoffmann 1981).

1939

Wanda Mejbaum-Katzenellenbogen, opracowała metodę ilościowego oznaczania pentoz. Jest to procedura orcynolowa umożliwiająca oznaczania ilości RNA, powszechnie stosowana w latach 50. i 60. Praca, w której ją opisała znalazła się na 8. miejscu w klasyfikacji cytowań artykułów biologicznych w latach 1945–1988 (Mejbaum 1967).

Volker Alfred Erdmann – urodził się w Szczecinie, był chemikiem skupiającym się na badaniach rybosomów. Pracował wraz z Heinzem Wittmannem. Udało im się jako pierwszym wykryształizować rybosomy bakteryjne (Wittmann 1982).

Klaus von Klitzing – urodził się w Środzie Wielkopolskiej, fizyk. Laureat Nagrody Nobla w 1985 roku za odkrycie kwantowego efektu Halla.

1949

Conrad Waddington – przedstawił hipotezę, że środowisko ma wpływ na geny. Zjawisko to nazwał epigenetyką. Obserwował zmiany chorobowe u osób, które przeżyły głodową zimę w Holandii i na tej podstawie sugerował, że warunki, z jakimi musiały się zmagać, miały wpływ na ich późniejszy fenotyp. Postrzegał różnicowanie się komórek jako wędrówkę po pełnym rozmaitych przeszkodach decydujących o ich finalnym zróżnicowaniu „wyboistym terenie”, po którym toczy się każda komórka, wpadając w „szczeliny” i zatrzymując się na finalnym etapie różnicowania.

Okres od 1953–1989**1953**

Francis Crick i James Watson – opracowali model podwójnej helisy DNA (Watson, Crick 1953). Składa się on z dwóch splecionych ze sobą łańcuchów, połączonych wiązaniami wodorowymi, które znajdują się pomiędzy parami zasad A-T oraz C-G. Twórcy modelu otrzymali Nagrodę Nobla w 1962 roku.

1954

Powstaje „RNA tie club”. Badacze należący do tej nieformalnej grupy skupiali się na badaniach, w jaki sposób informacja genetyczna jest przepisywana na język aminokwasów. Klub krawatów RNA liczył dwudziestu uczonych. Każdy z członków klubu przyjął pseudonim od jednego z dwudziestu aminokwasów. Członkami byli między innymi Watson (prolina), Crick (tyrozyna), Rich (arginina) (Gabryelska 2011).

1955

Francis Crick – przedstawił hipotezę istnienia adaptorowych cząsteczek RNA, będących pośrednikami w biosyntezie białka.

1956

Francis Crick zaproponował centralny dogmat biologii molekularnej wyjaśniający sposób powstawania białek na matrycy DNA. Stwierdził, że informacja genetyczna zapisana w DNA, przechodzi do RNA, a następnie białka. „Kiedy tylko przekaz stanie się białkiem, nie ma możliwości, aby wrócił do poprzedniego stanu” (Crick 1956). W następnych latach dogmat ten uległ licznym modyfikacjom.

1958

Mahlon Hoagland i Paul Zamecnik – potwierdzają istnienie tRNA. Dzięki wykorzystaniu RNA połączonym ze znakowanymi radioaktywnie aminokwasami, wykazują istnienie specyficznego typu kwasu rybonukleinowego, biorącego udział w transporcie aminokwasów w procesie biosyntezy białka. Odkryte cząsteczki RNA zostają nazwane transportowym RNA (Hoagland 1958).

1961

Marshall Nirenberg – odkrył kod genetyczny. Do syntezy białka wykorzystał kwas poliurydylowy, czyli RNA zbudowany jedynie z reszt urydyny, oraz bakterie *E. coli*. W identyfikacji wyników pomógł mu Michael Sela, proponując unikalną metodę rozpuszczania zsyntetyzowanych peptydów. Eksperyment wykazał, że łańcuch RNA złożony z reszt urydyny, stanowi matrycę dla syntezy fenyloalaniny. W ciągu następnych kilku lat laboratorium Nirenberga odkryło sekwencję kodującą pozostałych 19 aminokwasów.

1962

Alexander Rich – przedstawił hipotezę „świata RNA”, w której RNA stanowiło życie, pełniąc rolę zarówno nośnika genów, jak i katalizatora reakcji tak jak białka enzymatyczne. Zaproponował również koncepcję antysensowych RNA (Rich 1962). Badając heksamery nukleotydów (1979), zauważył, że ma on formę lewoskrętnej helisy, z dwoma antyrównoległymi łańcuchami. W szkielecie lewoskrętnego DNA linia łącząca atomy fosforu jest zygzakowata i dlatego nazwano go Z-DNA.

1964

Zofia Opara-Kubińska i Henryk Kubiński – odkryli, że zdenaturowane, a następnie szybko schłodzone DNA może tworzyć kompleksy hybrydowe z RNA. Stworzyli hybrydę DNA-RNA z *Bacillus subtilis* (Opara-Kubińska 1964).

1965

David Shugar – objął kierownictwo Katedry Biofizyki Uniwersytetu Warszawskiego, gdzie prowadzono badania mutagenyzy, związku strukturalno-funkcjonalnego między analogami nukleotydów a ich potencjałem antywirusowym.

1968

James Watson – napisał książkę *Double helix*, w której opisał osobistą wersję wydarzeń, które doprowadziły do odkrycia modelu struktury DNA, a samemu autorowi przyniosły Nagrodę Nobla.

1971

Har Gobind Khorana – zsyntezował na drodze chemicznej pierwszy gen. Był to gen tRNA dla specyficznego dla alaniny z drożdży. Khorana znał sekwencję nukleotydów tego tRNA z badań struktury pierwszorzędowej (Holley 1965).

1977

Fredrick Sanger – opracował metodę określania sekwencji kwasów nukleinowych (Sanger, 1977), za którą otrzymał Nagrodę Nobla w dziedzinie chemii w roku 1980. Pierwszą taką nagrodę otrzymał w 1958 roku za metodę oznaczania sekwencji aminokwasowej peptydów.

Phillip Sharp i Richard Roberts – odkrywcy mechanizmu usuwania sekwencji niekodujących (intronów) z pierwotnych transkryptów genów (Roberts 1977). W 1993 roku odkrycie to zostało uhonorowane Nagrodą Nobla.

1978

Walter Gilbert i Allan Maxam – przedstawili chemiczną metodę sekwencjonowania kwasów nukleinowych, wykorzystującą degradację łańcucha DNA znakowanego na jednym z końców radioaktywnym izotopem fosforu. Sekwencjonowanie składało się z czterech reakcji, w których kolejno modyfikowano puryny, adeniny, pirymidyny, cytozyny.

Kolejność zasad odczytywano z autoradiogramów żeli poliakryloamidowych (Maxam 1977).

1985

Kary Mullis – opracował reakcję łańcuchową polimerazy (PCR), pozwalającą na namnożenie fragmentów DNA z użyciem termostabilnej polimerazy DNA (Mullis 1990).

1987

Piotr Chomczyński – opracował nową jednostopniową metodę izolacji RNA za pomocą Trizolu (Chomczyński 1987). Opublikował jedną z pięciu najczęściej cytowanych prac naukowych (van Noorden 2014).

4. Podsumowanie

W ciągu ponad 100 lat biologia molekularna badająca podstawy funkcjonowania organizmów żywych, strukturę makrocząsteczek biologicznych i mechanizmy realizacji przekazywania informacji genetycznej stała się dziedziną wiedzy, bez której niemożliwy byłby postęp medycyny i biotechnologii. Jak pokazaliśmy w powyższym opracowaniu, na początku była to raczej *terra incognita* oferująca śmiałkom możliwość poznania otaczającego świata z zupełnie nowej perspektywy. Przedstawieni przez nas badacze pochodzili z różnych zakątków świata i różnych miejscowości leżących na terenach państwa polskiego. Wywodzili się oni z różnych warstw społecznych i kręgów kulturowych. Wszyscy jednak mieli jedną wspólną cechę. Chcieli i potrafili często mówić „nie wiem”. Jak powiedziała Wisława Szymborska w swoim wystąpieniu przed Akademią Szwedzką, odbierając Nagrodę Nobla w 1996 roku, „gdyby Izaak Newton nie powiedział sobie „nie wiem”, jabłka w ogródku mogłyby spadać na jego oczach jak grad”. W sposób, jakże prosty, historia przedstawionych przez nas badaczy, w tym wielu noblistów, pokazuje nam nie tylko początki biologii molekularnej, ale również całej nauki. Rozwiązanie struktury lub odkrycie nowego organizmu nie stanowi końca badań, jest co najwyżej wstępem do rozpoczęcia następnych, ponieważ wszelka wiedza, która nie inspirowuje do zadawania kolejnych pytań, staje się w szybkim czasie martwa.

Literatura

- Altmann R. (1889) *Über nukleinsäuren*, *Archiv für Anatomie und Physiologie*. *Physiol.*, 524.
- Balińska A.M., Schneider H.W. (2010) *Ludwik Hirszfeld, The Story of One Life*, University Rochester Press.
- Baltimore D. (1970) *RNA-dependent DNA polymerase in virions of RNA tumour viruses*. *Nature*, 27, 1209–1211.
- Barańska J., Dżugaj A., Kwiatkowska-Korcza J. (2008) *Życie i tragiczna śmierć Jakuba Karola Parnasa, wybitnego polskiego biochemika, współodkrywcy glikolizy*, *Kosmos*, 57, 1–17.

- Baulcombe D. (2004) RNA silencing in plants. *Nature*, 43, 356–63.
- Beadle G.W., Tatum E.L. (1941) *Genetic Control of Biochemical Reactions in Neurospora*. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 15, 499–506.
- Bretislav F. (2005) *Fritz Haber (1868-1934)*. Angew. Chem. Int. Ed. Engl., 44, 3957.
- Brock H. (2001) *Zwyciężyć tyfus – Instytut Rudolfa Weigla we Lwowie. Dokumenty i wspomnienia*, red. Stuchly A.Z., Wrocław: Sudety.
- Buttner J. (2000) *Justus von Liebig and his influence on clinical chemistry*. *Ambix*, 47, 96–117.
- Chargraff E. (1950) *Chemical specificity of nucleic acids and mechanism of their enzymatic degradation*. *Experientia*, 15, 201–209.
- Chomczynski P., Sacchi N. (1987) *Single-step method of RNA isolation by acid guanidinium thiocyanate-phenol-chloroform extraction*. *Anal. Biochem.* 162, 156–159.
- Crick F. (1970) *Central dogma of molecular biology*, *Nature*, 8, 561–563.
- Dobrzyńska M. (2017) *Maria Skłodowska-Curie, her life and work – the 150 anniversary of her birthday*. *Rocz. Panstw. Zakł. Hig.* 68, 309–312.
- Dujon B. (2009) *In Memoriam Piotr Slonimski (1922–2009), The Unconventional Yeast Geneticist*, *Genetics*, 183, 1–2.
- Dulak J. (2013) *Profesor Waclaw Szybalski – prekursor terapii genowej*, *Wszechświat*, 114, 1–3.
- Farge M. (2008) *Hermann von Helmholtz (1821–1894)*, Cambridge University Press.
- Fraenkel-Conrat H., Singer B. (1999) *Virus reconstitution and the proof of the existence of genomic RNA*, *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B: Biol. Sci.*, 354, 583–586.
- Fry M. (2016) *Landmark Experiments in Molecular Biology*, red. Leonard J., Academic Press.
- Gabryelska M.M., Barciszewski J. (2011) *Odyseja 1961: 50 lat kodu genetycznego*. *Nauka*, 3, 77–88.
- Gabryelska M.M., Szymański M., Barciszewski J. (2009) *DNA: od Mieschera do Ventera i dalej*. *Post. Biochem.*, 55, 342–354.
- Giomataris I. (2010) *Georges Charpak (1924–2010)*. *Nature*, 467, 1048.
- Grundmann E. (2002) *Gerhard Domagk The First Man to Triumph over Infectious Diseases*, LIT Verlag Münster.
- Grzybowski A., Pietrzak K. (2012) *Tadeusz Reichstein (1897–1996): a cofounder of modern steroid treatment in dermatology*. *Clin. Dermatol.*, 30, 243–247.
- Günter Blobel (1999) *Protein targeting*. Nobel Lecture, 244–287.
- Heller J. (1957) *Sprawozdanie z podróży naukowej do USA*. *Post. Biochem.*, 3, 360.
- Hirszfeld L. (1946) *Historia jednego życia*. Czytelnik.
- Hoagland M., Zamecnik P. (1958) *A soluble ribonucleic acid intermediate in protein synthesis*. *J. Biol. Chem.*, 231, 241–257.
- Hoffmann R. (1981) *Building Bridges between Inorganic and Organic Chemistry Nobel lecture*, 34–66.
- Holley R.W. (1968) *Alanine Transfer RNA*. Nobel Lecture, 324–337.
- Holmes K. (2017) Klug A. *A Long Way From Durban*, Cambridge University Press.
- Kardaś T., Kardaś S. (2004) *Albert Abraham Michelson – noblista ze Strzelna*, *Foton* 84, 25–36.
- Kłobukowska J. (2013) *Laureaci Nagrody Nobla w dziedzinie nauk ekonomicznych. Historia i wkład laureatów do współczesnej myśli ekonomicznej*. *Opium*, 4, 145–146.
- Kresge N., Simoni R., Hill R. (2005) *Chargaff's Rules: the Work of Erwin Chargaff*. *J. Biol. Chem.*, 280, 21.
- Kresge N., Simoni R.D., Hill R.L. (2005) *The Biosynthetic Pathway for Cholesterol: Konrad Bloch*. *J. Biol. Chem.*, 280, 7.

- Kubiak Z.J., Ciemerych A.M., Żernicka-Goetz M., Borsuk E., Modliński A.J., Malaszewski M. (2017) *Nulla Dies Sine Linea – Andrzej Krzysztof Tarkowski, embriolog, 1933–2016*. Kosmos, 66, 1, 1–5.
- Kuźnicki L. (2008) *Instytut Biologii Doświadczalnej im. Marcelego Nenckiego Historia i Terazniejszość*. Inst. Biol. Doświadcz. PAN (red. Kuźnicki L., Sikora J.).
- Kwiatkowski A.Z. (1994) *Ludwik Pasteur (1892–1895) życie i dzieło*, Post. Mikrobiol., 33, 3–8.
- Legocki A. (2013) Hilary Koprowski (1916–2013), Nauka, 2, 181–188.
- Liebig J. (1847) *Ribosyl purine nucleotides of muscle. Muscle inosinic acid (5-phospho-inosine)*. Ann. Chem. 62, 257–259.
- Linton S.D. (2005) *Emil von Behring Infectious Disease, Immunology, Serum Therapy*, American Philosophical Society Philadelphia.
- Lonc E., Gościniak G. (2012) *Professors Rudolf Weigl and Ludwik Hirszfeld– in the meanders of History*. Ann. Parasitol. 58, 189–199.
- Maxam A.M., Gilbert W. (1997) *A new method for sequencing DNA*. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 74, 560–564.
- Mayo D.W., Pike R.M., Forbes D.C. (2011) *Microscale Organic Laboratory with multistep and mutliscale syntheses*. John Willey and Sons, Inc (red. Yee J.).
- McClintock B. (1951) *Chromosome Organization and Genic Expression*. Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology, 16, 13–47.
- Mejbaum W. (1939) *Über die Bestimmung kleiner Pentosemengen, insbesondere in Derivaten der Adenylsäure*. Z. Physiol. Chem. 258, 117–120.
- Mejbaum W. (1967) *Preparation of bovine thyroid-stimulating hormone using the tannin and caffeine procedure*. Biochim. Biophys. Acta, 136, 159–161.
- Mullis K.B. (1990) *The unusual origin of the polymerase chain reaction*. Sci. Amer., 262, 56–65.
- Nencki M. (1877) *Ueber die Einwirkung der Monochloressigsäure auf Sulfozycansäure und ihre Salze*. J. Prakt. Chem., 16, 1–17.
- Opara-Kubińska Z., Kubiński H. (1964) *Interaction between denaturated DNA, polyribonucleotides, and ribosomal RNA: attempts at preparative separation of the complementary DNA strands*. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 52, 923–930.
- O'Rourke B. (2010) *From Bioblasts to Mitochondria: Ever Expanding Roles of Mitochondria in Cell Physiology*. Front Physiol., 1, 7, 1–4.
- Paterson B.M., Roberts B.E., Kuff E.L. (1977) *Structural gene identification and mapping by DNA-mRN-hybrid-arrested cell-free translation*. Natl. Acad. Sci. USA, 74, 4370–4374.
- Ramsey F.N. (1993) *I.I. Rabi 1898-1988*. National Academy of Sciences USA 309–324.
- Rich A. (1962) *On the problems of evolution an biochemical information transfer in Horizons Biochemistry*. Academic Press, New York, Kasha M., Phulman B. eds, 103–126.
- Rolle K., Majsner K., Barciszewski J. (2013), *Günter Blobel – wielki naukowiec i wspaniały mecenas kultury i sztuki*, Arch. Hist. Fil. Med. 76, 35–41.
- Russo R., Starita G. (1996) *Mathematical Problems in Elasticity*. Red. Russo R., World Scientific Publishing Co Pte Ltd.
- Rutkowski B., Ostrowski J. (2009) *Tadeusz Reichstein: from description of coffee aroma to discoveries of cortisone and aldosterone*. J. Nephrol., 22, 80–85.
- Sachs G.R. (1979) *Maria Goeppert-Mayer 1906–1972*. National Academy of Sciences USA, 309–328.

- Sanger F., Nicklen S., Coulson A.R. (1977) *DNA sequencing with chain-terminating inhibitors*. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 74, 5463–5467.
- Shampo M.A., Kyle R.A., Steensma D.P. (2012) *Isidor Rabi – 1944 Nobel Laureate in Physics*. Mayo Clin. Proc., 87, 11.
- Silverstein M.A., Ehrlich P. (2002) *Paul Ehrlich's Receptor Immunology: The Magnificent Obsession*, Academic Press.
- Skarżyński B. (1956) *Dzieje zagadnienia kwasów nukleinowych*. Post. Biochem., 2, 3–5.
- Sprinzel M., Erdmann V.A. (2009) *Protein biosynthesis on ribosomes in molecular resolution: Nobel Prize for chemistry 2009 goes to three chemical biologists*. Chembiochem. 10, 2851–2853.
- Steinman L., Shoenfeld Y. (2014) *From defining antigens to new therapies in multiple sclerosis: Honoring the contributions of Ruth Arnon and Michael Sela*. J. Autoimmun., 54, 1–7.
- Stranges N.A. (2000) *The German Chemical Industry in the Twentieth Century*, Springer Science & Business Media (red. Lesch J.E.).
- Szybalski W. (1997) *In memoriam. Julius Marmur (1926–1996)*. Gene, 204, 1–3.
- Thomas D.R. (1991) *Biographies of Scientists for Sci-Tech Libraries: Adding Faces to the Facts*, red. Stankus T., CRC Press.
- Wade N. (1978) *Three-lap race to Stockholm*. New Scientist, 78, 301–303.
- Watson J., Crick F. (1953) *Molecular structure of nucleic acids; a structure for deoxyribose nucleic acid*. Nature, 25, 737–738.
- Więckowski Andrzej B. (2014) *Max von Laue (1879–1960)*. Nauka, 2 151-170.
- Wierzchowski L.K. (2015) *Stulecie urodzin profesora Davida Shugara*. Post. Biochem., 61, 234–235.
- Wittmann H.G. (1982) *Crystallization of Escherichia coli ribosomes*. FEBS Lett., 146, 217–220.
- Wojtczak L. (2001) *Marceli Nencki – człowiek i uczonek w setną rocznicę śmierci*. Kosmos, 50, 3, 179–191.
- Wool I. (1990) *Heinz-Günter Wittmann*. Trends Biochem. Sci., 15, 332.
- Zwolska Z. (2010) *Koch i jego dokonania – rys historyczny*. Post. Mikrobiol., 49, 139–150.

Polish elements in the early development of life sciences

This review compiles the pioneers of biological sciences who have been born and educated on the territories, which has got political independence as Poland state in 1918. Their work and passing knowledge to the next generations had a great impact not only on the progress in science but also on a newly formed Polish society. Many of these contributions laid foundations for chemistry, physics, biochemistry, genetics and other biological sciences.

Key words: development of life sciences, molecular biology, Polish scientific contributions