

Aleksander A. Ziemny

O PROBLEMATYCE KONCEPTUALIZACJI POJĘCIA GENU

STRESZCZENIE

W tym artykule prowadzona jest wstępna analiza historyczno-problemowa dotycząca konceptualizacji pojęcia genu na gruncie genetyki molekularnej. Punktem wyjścia jest historyczny zarys relacji genetyki klasycznej oraz genetyki molekularnej; wskażę, w jaki sposób bagaż konceptualny genetyki klasycznej wpływał na rozwój pojęcia genu stosowanego w ramach genetyki molekularnej. Następnie zaprezentuję kilka prób uchwycenia w ramach filozofii nauki różnych podejść do zagadnienia pojęcia genu, m. in. sceptycyzmu względem genów oraz koncepcji genu nominalnego. Na bazie tych tropów nakreślę intuicję mówiącą, że koncepcja genu funkcjonująca w ramach genetyki molekularnej powinna być rozpatrywana z punktu widzenia eksperymentalizmu oraz pragmatyzmu. Wydaje się, iż należy pojęcie genu na gruncie genetyki molekularnej konceptualizować możliwie szeroko i w odniesieniu do materiału genetycznego, aby mogło pozostać funkcjonalne.

Słowa kluczowe: filozofia biologii, genetyka, nowy eksperymentalizm.

WPROWADZENIE

Pojęcie genu, obok takich kategorii jak życie, osobnik, organizm czy gatunek, odgrywa we współczesnych naukach biologicznych centralną rolę. Istnieje popularne przekonanie, iż pojęcie genu funkcjonujące w ramach nauk biologicznych jest dobrze ugruntowane. Jednakże konceptualizacji pojęcia genu w ramach nauk biologicznych, w zależności od dyscypliny, istnieje wiele i są one względem siebie do pewnego stopnia niezależne.

Punktem wyjścia dla niniejszego tekstu będzie relacja genetyki klasycznej (potraktowana tutaj — dla uproszczenia — jako dyscyplina jednorodna) do genetyki molekularnej, w ramach której konceptualizacja pojęcia genu istotnie się komplikuje.

W pierwszej części tego artykułu rozpatrzę kwestię uwarunkowań historycznych, które przyczyniły się do rozbicia genetyki na klasyczną oraz molekularną; zostanie pokazane, iż poprzez zaadoptowanie przez biologię

molekularną pojęcia genu, które powstało za sprawą Wilhelma Johannsena, wraz z klasycznymi intuicjami wyrażonymi przez duńskiego botanika przyczyniło się do powstania kryzysu definicyjnego w ramach genetyki molekularnej.

W kolejnej części określę różne ujęcia pojęcia genu. Zaprezentuję też sposób, w jaki tradycja redukcjonistyczna traktowała pojęcie genu. Omówię ponadto również krytyczne względem tej tradycji tropy antyredukcjonistyczne. Przedstawię także koncepcję genu w sensie nominalnym oraz stanowisko sceptycyzmu względem genu. W ramach koncepcji sceptycznej autorzy wskazują, że to materiał genetyczny może stanowić główny poziom praktyki badawczej genetyki molekularnej; pojęcie genu jest wtórne wobec fizyko-chemicznie określonego materiału genetycznego.

W ostatniej części rozważam konceptualizację pojęcia genu w ramach intuicji wywodzących się z nurtu nowego eksperymentalizmu; stanowisko to stawia akcent na szeroko pojętą praktykę badawczą i perspektywę rozwiązywania problemów badawczych; w znacznie mniejszym stopniu nowy eksperymentalizm zainteresowany jest teoretycznym ugruntowaniem badanych przez naukę obiektów. Przedstawienie tradycji nowego eksperymentalizmu posłuży określeniu tego czy podstawowe kategorie wypracowane w ramach tej tradycji mogą zostać odniesione do problematyki pojęcia genu na poziomie molekularnym.

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie wstępnej analizy w kwestii odniesienia konceptu praktyki badawczej do pojęcia genu funkcjonującego w ramach genetyki molekularnej. W szczególności zaś istotnym wydaje się wskazanie, iż na potrzeby omawianej dyscypliny pojęcie genu powinno być możliwie szerokie.

MOLEKULARYZACJA GENETYKI

Trwający już ponad sto lat rozwój genetyki rozpoczął się wraz z ponownym odkryciem prac Gregora Mendla na początku XX wieku; było to zasługą trzech badaczy – Hugona de Vriesa, Carla Corrensa oraz Ericha Tschermaka. Niedługo później William Bateson określa program badawczy genetyki, zaś Wilhelm Johannsen wprowadza fundamentalne dla tej dyscypliny pojęcia: genu, genotypu oraz fenotypu – zastępując tym samym obciążone historycznie i metafizycznie pojęcia stosowane przez Mendla (jak np. określenie „elementów” na jednostki dziedziczenia)¹. Umożliwiło to dynamiczny rozwój

¹ Johannsen wprost wskazywał na tę motywację, pisząc: „Słowo gen jest zupełnie wolne od wszelkich hipotez; wyraża jedynie fakt, iż w każdym przypadku charakterystyka organizmu zawarta jest w komórkach rozrodczych za pomocą specjalnych uwarunkowań [...], które obecne są w unikalny, odrębny, a tym samym niezależny sposób – krótko mówiąc, dokładnie tym co chcemy określać jako »geny« oraz »Gen« jest niczym więcej jak prostym słówkiem, łatwo wiążącym się z innymi, dlatego może okazać się użyteczne dla określenia »jednostek dziedzicznych« w gametach, co zostało pokazane przez współczesne badania mendlowskie” (Keller 2000, 2).

nauk biologicznych poprzez z jednej strony eksperymentalny charakter badań Thomasa H. Morgana, zaś z drugiej konceptualne prace związane z ustanowieniem dla darwinowskiej teorii ewolucji adekwatnej teorii dziedziczenia; badania prowadzone przez wielu biologów oraz matematyków zwieńczone zostały sformułowaniem syntetycznej teorii ewolucji.

Pomimo tych rewolucyjnych osiągnięć na polu nauk biologicznych, sami badacze pozostawali z reguły niechętni w udzielaniu odpowiedzi na pytanie o to czym w zasadzie są geny; Johannsen pisał: „Jeśli [...] chodzi o naturę »genów«, to nie ma sensu proponować jakichkolwiek hipotez; istotne jest, że pojęcie »genu« odnosi się do rzeczywistości w świetle mendelizmu” (Keller 2000, 2). Morgan w mowie noblowskiej wprost stwierdził, iż „...nie ma konsensu pomiędzy genetykami odnośnie tego, czy geny są jednostkami (fizycznie) realnymi, czy czysto fikcyjnymi” (Keller 2000, 2). Najistotniejsze cechy genów wynikały z mendlowskiej koncepcji i stanowiły o eksplanacyjnej sile teorii dziedziczenia; ich dyskretność oraz warunkowanie cech (fenotypu) wraz z zasadami Mendla o czystości gamet i niezależnej ich segregacji zostały przeniesione do XX wiekowej genetyki.²

Na poziomie deklaracji współtwórcy genetyki dalecy byli od jednoznacznego określenia, czym jednostka dziedziczenia miałaby być. Na poziomie teoretycznym i pojęciowym skoncentrowano się na funkcjonalnym charakterze genów: relacji pomiędzy występowaniem cech, genów oraz sposobami dziedziczenia. Na poziomie eksperymentalnym traktowano te funkcjonalne jednostki jako obiekty realne, analogicznie do „atomów w naukach fizycznych” (Keller 2010, 2–3); to, co Morgan nazywał genem, odnosił w zasadzie do jakiejś wyodrębnionej ze względu na funkcjonalność części chromosomu (Burian 2004, 135–138).

W konsekwencji tej swoistej niechęci genetyków do spekulacji odnośnie konstytucji genów, rozpoczął się powolny marsz ku molekularyzacji biologii, a w szczególności genetyki. Uczeń Morgana, Hermann J. Muller, był jednym z inicjatorów tego kierunku badań; kwestią kluczową według amerykańskiego biologa było zrozumienie charakterystyki genu jako obiektu fizycznego. Podobnie jak w dotychczasowym rozwoju genetyki przyjęto mendlowskie założenia — dyskretności i funkcjonalności — dla abstrakcyjnego pojęcia genu, tak Muller o fizycznym nośniku przyjął założenia uzupełniające: zdolność do autokatalizy (zdolność do replikacji jednostek dziedziczenia w fizykochemicznym procesie) oraz heterokatalizy (fizykochemicznych ścieżek wpływania na fenotyp) (Rheinberger, Müller-Wille, & Meunier, 2015). Zachowanie podstawowych intuicji z klasycznej genetyki i uzupełnienie ich opisem odnoszącym się do poziomu fizykochemicznego było bodaj podstawową intuicją w procesie molekularyzacji tej dyscypliny.

² Doszło rzecz jasna do znaczącej modyfikacji wypracowanych przez Mendla „praw”. Wraz z rozwojem genetyki opisano zjawiska kodominacji, plejotropii itp. — ograniczając zastosowanie Mendlowskich zasad. Niemniej, idee dyskretności oraz relacji genotyp-fenotyp pozostały niezwykle istotne.

Ta zmiana sposobu myślenia o genach wymogła trwające kilka dekad poszukiwanie, wśród wielu potencjalnych kandydatów na nośnik informacji dziedzicznej, tej właściwej molekule – DNA. Uznanie tego, jaką fizyczną strukturę posiada kwas deoksyrybonukleinowy, wykroczyło poza hipotezy i stało się powszechnie obowiązującym paradygmatem dopiero dzięki pracy Francisca Cricka, Jamesa Watsona, Rosalindy Franklin i Maurice’a Wilkinsa, której efektem był model podwójnej helisy DNA. Dzięki temu modelowi udało się adekwatnie określić sposób replikacji jako semikonserwatywny (a więc odniesiono się do założenia Mullera dotyczącego autokatalityczności), mniej fortunate było wyjaśnienie zjawiska heterokatalityczności w postaci hipotezy sekwencyjnej Cricka.

Przed omówieniem tego, do jakich komplikacji koncepcyjnych doszło wokół pojęcia genu, istotne jest jeszcze przedstawienie konsekwencji modelu podwójnej helisy, które zaprezentował Crick; wspomniana wcześniej hipoteza sekwencyjna stanowi, iż: „...specyficzność fragmentu kwasu nukleinowego podlega ekspresji wyłącznie według swojej bazowej sekwencji (kolejności nukleotydów) a także, że sekwencja jest prostym kodem dla sekwencji aminokwasów jakiegoś białka” (Crick 1958, 152). Crick wprost określa w ramach tej hipotezy w jaki sposób można byłoby przełożyć klasyczną koncepcję genu na poziom molekularny.

Crick opracował także model przepływu informacji genetycznej, nazwanym Centralnym Dogmatem Biologii Molekularnej, który opisywał w sposób następujący:

„...gdy informacja przejdzie do białka nie jest możliwe by się z niego wydostała. Dokładniej ujmując, transfer informacji z kwasu nukleinowego do innego kwasu nukleinowego lub z kwasu nukleinowego do białka może zajść, lecz transfer (informacji – przyp. A. A. Z.) z białka do białka lub z białka do kwasu nukleinowego jest niemożliwy” (Crick 1970, 562).

Idea Centralnego Dogmatu wydaje się znacznie ogólniejsza niżeli hipoteza sekwencyjna; noblista wskazuje bowiem w jakich kierunkach przepływać może informacja genetyczna.

PROBLEM POJĘCIA GENU

Wydaje się zasadne przyjąć za Lennym Mossem, iż w genetyce klasycznej genem był pewien abstrakcyjno-instrumentalny obiekt, odnoszony do poziomu najwyższej chromosomalnego – zbiór różnych potencjalnych elementów fizycznych, które funkcjonalnie mają wpływ na cechy (fenotyp), jednocześnie możliwe do jednostkowego wskazania. W tym wypadku rozróżnienie na kontekst genetyczny i poza-genetyczny wydaje się nie mieć sensu, bowiem gen nie funkcjonuje jako jednostka fizyczna, a raczej jed-

nostka funkcjonalna. Moss nazywa taką strukturę „Genem-P”³ (Moss 2003, 60)⁴.

Sytuacja mocno by się skomplikowała, gdyby próbować przełożyć w pełni intuicje przyjęte dla „Genu-P”, genu w sensie klasycznym, na poziom molekularny. Wyodrębniona w taki właśnie sposób neoklasyczna koncepcja genu zaistniała dzięki wspomnianej wcześniej hipotezie sekwencyjnej, która reprezentowana była metaforą koralików na łańcuszku (ang. *beads on a necklace*). W propozycji tej Crick zakładał, iż struktura DNA przekładalna jest 1:1 na strukturę białka; w konsekwencji twierdzenie, iż dla pojedynczej struktury genu (ciągu nukleotydów) istnieje jeden efekt białkowy (jeden gen-jedno białko), jest zasadne. Ambicją było zachowanie unifikacyjnej charakterystyki genu klasycznego na poziomie molekularnym.⁵ Hipoteza ta szybko została sfalsyfikowana i porzucona⁶; niemożność sensownego przełożenia koncepcji klasycznej na poziom molekularny⁷ przyczyniła się do poważnego kryzysu definicyjnego w kontekście pojęcia genu (Stotz, Griffiths, Knight 2004; Stotz, Griffiths 2006).

Kontrowersja w kwestii odpowiedniego określenia genu jest wciąż obecna w dyskursie filozoficznym. W ramach filozofii biologii powstało wiele koncepcji starających się opisać owo pojęcie. Wśród nich znajdują się też takie, które przesuwają oś problemu w kwestii funkcjonowania pojęcia genu w ramach szerszych nurtów, jakimi są redukcjonizm oraz genocentryzm. W takiej tradycji znajduje się przykładowo Alexander Rosenberg; ów filozof koncentruje się w znacznie większym stopniu na problematyce eksplanacyjnej i wskazywania na prymat przyczynowo-skutkowy genetycznych zjawisk molekularnych, niżeli na problemie tego czym jest gen lub do czego pojęcie genu się odnosi (Rosoff, Rosenberg 2006; Rosenberg, McShea 2008; Rosenberg 2008).

Inną strategią obrała Evelyn Fox Keller; ta amerykańska filozofka przyjmuje koncepcję antyredukcjonistyczną. Autorka tej interpretacji proponuje by rozważać koncepcję genu jako jednego ze składników procesów rozwojowych. Gen w tym sensie należy rozumieć jako część składową procesów komórkowych i międzykomórkowych, funkcjonujących w wyniku działania złożonego, samo-regulującego, dynamicznego i rozproszonego systemu organizacji, innymi słowy Keller argumentuje za rozpatrywaniem tych zjawisk w sposób holistyczny.

³ „P” odnosi się do fenotypu (*phenotype*).

⁴ Aczkolwiek Burian wskazywał, że już na poziomie klasycznej genetyki odniesienia pojęcia genu były, co najmniej, niejednoznaczne w perspektywie ciągłości badań Mendla, Batesona oraz Morgana (Burian 2004, 137–142).

⁵ Ambicje te są obszernie opisane w kontekście koncepcji redukcjonistycznych (por. np. (Schaffner 1993; Rosenberg 1985; Sarkar 1998).

⁶ Pewne przejawy takiej wersji neoklasycznej koncepcji genu pojawiają się w kontekście zdyskredytowanej idei genetycznego determinizmu (por. np. (Rosoff, Rosenberg 2006)).

⁷ Równie obszerne są dyskusje dotyczące problemu przekładalności koncepcji genu klasycznego na poziom molekularny; obejmują zagadnienia związane z wieloraką realizowalnością (por. np. (Hull 1974)), czy też zastrzeżeniami metodologicznymi: (Robert 2004, 3–4).

W powyższym kontekście Keller wysuwa propozycję wyodrębnienia programu genetycznego, zlokalizowanego w DNA, służącego jako matryca do syntezy sekwencji aminokwasów oraz programu rozwojowego, który jest już nie-genetyczny – rozproszony w rozwijającym się organizmie; składa się nań materiał genetyczny wraz z szeroką strukturą sieci komórkowych pełniących funkcję kontrolną nad DNA. Keller wskazuje, iż kontekst poza-genetyczny pełni istotną rolę w zakresie ekspresji DNA. Powstaje zasadne pytanie, czy koncepcja ta utrzymuje ciągłość względem intuicji wiązanych z pojęciem genu – przede wszystkim dyskretności genów oraz funkcjonalności (Keller 2013). W kwestii dyskretności genu, Keller zdaje się zrywać z tą intuicją: genem nie jest jakiś wyodrębniony obiekt, lecz funkcję tę przejmuje złożona struktura – zawierająca materiał genetyczny oraz czynniki poza-genetyczne. Rozważając drugą kwestię, a mianowicie funkcjonalności można dojść do wniosku, że o ile w ogóle byłoby możliwe przełożenie funkcjonalności genu w sensie klasycznym na tak bogaty opis molekularny, to jak w przypadku większości koncepcji holistycznych problemem jest ustalenie granic. Charakterystyka pojęcia genu przedstawiona przez Keller wydaje się dość radykalnie odmienna względem klasycznych intuicji. Niemniej, proponowane przez nią pojęcie genu nie wydaje się przybliżać do kwestii tego, w jaki sposób funkcjonuje ono w genetyce molekularnej.⁸

Zgoła inną propozycję przedstawiają Paul Griffiths i Karola Stotz: proponują oni koncepcję genu nominalnego. Gen w sensie nominalnym jest ideą prostą: jest to dowolna sekwencja wystarczająco podobna do innych, które nazywane są genami; jest uzależniona od aktualnych potrzeb badawczych i określana bądź ze względu na funkcję, bądź ze względu na strukturę. Choć trudno to uznać za koncepcję spełniającą większe nadzieje w kwestii utrzymania ciągłości między genetyką klasyczną a molekularną, to pojawia się tutaj interesujący motyw: skoncentrowania się na praktyce badawczej.

Wydaje się na tę chwilę niemożliwe by wskazać na poziomie molekularnym obiekt, który odpowiadałby klasycznemu pojęciu genu, jak wskazują Griffiths i Stotz: „na ten moment posiadamy raczej abstrakcyjną, otwartą (na interpretacje) i uogólnioną koncepcję genu, pomimo tego, że nasze zrozumienie struktury oraz organizacji materiału genetycznego jest znacznie większe” (Griffiths, Stotz 2007, 97).

Pojawia się zatem pokusa eliminatywizmu, a przynajmniej sceptycyzmu wobec pojęcia genu w sensie molekularnym. Tego rodzaju propozycje przedstawia choćby Philip Kitcher, który pisał: „...nie ma czegoś takiego jak biologia molekularna genu. Istnieje jedynie biologia molekularna materiału genetycznego” (Kitcher 1982, 357). Richard Burian przeprowadził dosyć obszerną krytykę zagadnienia genu w sensie molekularnym; wskazywał na mętność

⁸ Wydaje się, że Keller zbliża się do tradycji związanej z koncepcjami DST (*Developmental System Theory*) oraz *EvoDevo* (*Evolutionary Developmental Biology*), które w znacznie większym stopniu rozwijają propozycje pewnych kierunków badań, niż podejmują się odtwarzania praktyki badawczej.

w odnoszeniu tego pojęcia do poziomu molekularnego. Argumentacja Buriana ujawnia, iż pojęcie genu na poziomie molekularnym jest zarówno zbyt wąskie (restrykcyjne), bowiem nie pozwala na włączenie elementów molekularnych grających ogromną rolę w ekspresji i regulacji DNA (uderza w warunek funkcjonalności), jak i zbyt niejasne, ponieważ uniemożliwia ustalenie genów jako jednostek (to z kolei narusza warunek dyskretności) (Burian, 2004, 126–144; Waters 2013). W związku z powyższym można wysnuć wnioski, że w odniesieniu do poziomu molekularnego intuicje względem genu w sensie klasycznym nie mogą być spełnione. Z tego powodu autorzy tacy jak Burian proponują by w analizach filozoficznych mówić o materiale genetycznym; stoi za tym szeroko pojęty pragmatyzm.

Przyjmując powyższe założenia, stanowisko sceptycyzmu wobec genów staje się interesujące z kilku powodów: umożliwia przeniesienie ciężaru problematyki na grunt praktyki badawczej genetyki molekularnej (jest to argument, który podnoszą również Griffiths i Stotz), umożliwia rezygnację z perspektywy holistycznej (co stanowi najsłabszą część propozycji Keller), jednocześnie pozostawia miejsce na rozwój dyscypliny umożliwiając badanie innych czynników molekularnych (pozostawia w związku z tym pewien stopień redukcjonizmu, ale bez popadania w fundamentalistyczny genocentryzm).

GEN I MATERIAŁ GENETYCZNY

Przyjąwszy ustalenia wcześniejsze można stwierdzić, że podstawowym obiektem badań genetyki molekularnej jest materiał genetyczny, czy też odnosząc się bezpośrednio do pojęcia genu: taka część materiału genetycznego, którą grupa ekspertów uzna ze względu na strukturę lub funkcję za gen (co jest w gruncie rzeczy zgodne z propozycją genu nominalnego Stotz i Griffithsa). Przyjmując ponadto, że genetyka molekularna jest nauką przede wszystkim laboratoryjną wydaje się możliwe spojrzenie na tak określony obiekt w perspektywie pewnych elementów koncepcji nowego eksperymentalizmu⁹; trudno byłoby w ramach tego krótkiego tekstu dokonywać rekonstrukcji praktyki badawczej genetyki molekularnej w kontekście tej rozległej (ale też niejednorodnej) tradycji,¹⁰ stąd przyjdzie rozważyć tylko pewne aspekty tej koncepcji.

⁹ Nowy eksperymentalizm jest interesującym podejściem w filozofii nauki, stawiającym na znaczenie praktyki badawczej oraz kierującym zainteresowanie na przeprowadzanie eksperymentów, niżeli konstruowanie teorii; obszernie omówienie tego stanowiska odnaleźć można w: (Zeidler, Sobczyńska 1994).

¹⁰ Jak wskazuje Zeidler „Nurt ten jest na ogół, lecz niesłusznie, kojarzony przede wszystkim z I. Hackingiem, [...], i filozoficznymi tezami przez niego głoszonymi. Tymczasem pod tę nazwę podpada szeroka grupa filozofów nauki, którzy za główny przedmiot metodologicznych i filozoficznych analiz uznali eksperymentalną praktykę badawczą nauk przyrodniczych.” Jak dalej stwierdza: nowy eksperymentalizm jako stanowisko polega przede wszystkim na przesunięciu zainteresowania z teorii w stronę eksperymentu (Zeidler 2011, 16).

Jak wskazuje Ian Hacking, jeden ze współtwórców rozważanego tutaj stanowiska, możliwe jest wyodrębnienie kilku istotnych typów działalności w obrębie praktyki badawczej. Według tego filozofa są to: kreowanie nowych zjawisk, umiejętność manipulacji oraz znajomość zależności przyczynowych (Hacking 1994, 10–11). Hacking rozważa w swoich pracach przede wszystkim przypadek fizyki, jednakże wydaje się, że można podjąć próbę przełożenia tych rozważań także na praktykę badawczą nauk biologicznych.

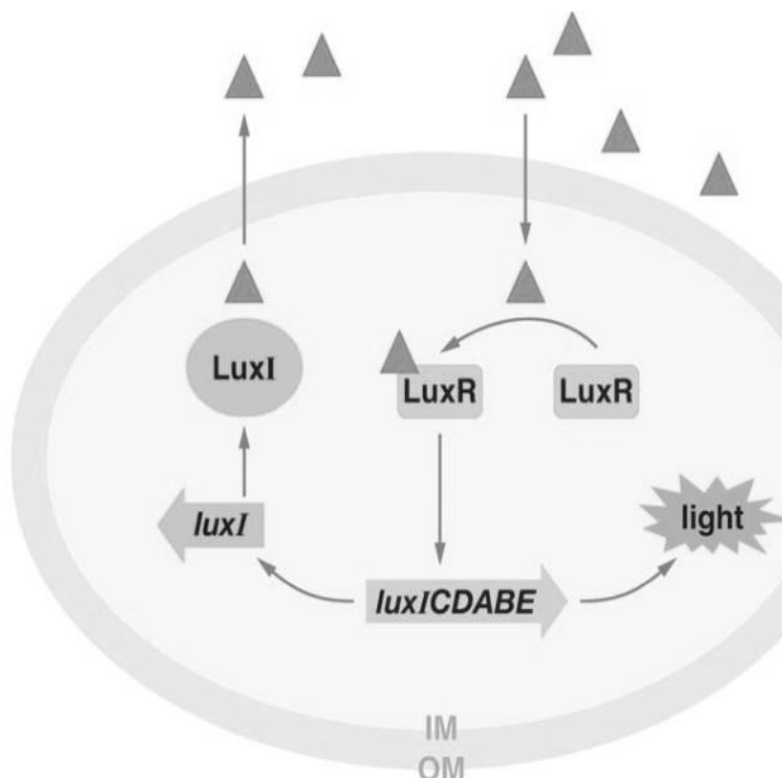
Pierwszym pojęciem, o którym pisze Hacking jest „zjawisko”; koncepcję zjawiska przedstawia w sposób następujący: „Eksperymentatorzy powołują do życia zjawiska, które nie istnieją w przyrodzie w stanie czystym” (Hacking 1994, 10); można przyjąć, iż zjawiska to pewne regularności wytwarzane w laboratorium. Idea ta jest szeroka i można interpretować ją na kilka sposobów (por. (Zeidler 1994)), lecz tutaj przyjąć można tę zasadę całkiem literalnie. Można argumentować, że pewne typy obiektów kreowane w laboratoriach biologicznych będą nosiły znamiona oryginalnych obiektów niewystępujących w przyrodzie „w stanie czystym” (pomimo użycia jak najbardziej fizycznych i chemicznych środków do ich wytworzenia). Przykładem takich mogą być zarówno różne koncepcje sztucznego życia (*artificial life*) (Chodasewicz 2017), jak i mniej abstrakcyjne obiekty, np. syntetyczne analogi kwasów rybonukleinowych, tzw. XNA (*Xeno Nucleic Acids*).¹¹

Hacking wskazuje kolejno zagadnienie manipulacji, które można dla koncepcji nowego eksperymentalizmu przyjąć jako działalność inżynieryjno-badawczą poprzez wykorzystywanie znanych własności jakiegoś obiektu do wytwarzania czegoś nowego. Przykładem mogą być procedury klonowania, zapładniania *in vitro*, czy również modyfikacji struktur genetycznych, np. tak zwane *gene-knockout* (polega na dezaktywacji działającego genu – w zakresie ekspresji, regulacji itp.).

Ostatnia kwestia dotyczy znajomości związków przyczynowych w kontekście badanego obiektu (może to być przykładowo znajomość tego, jaki jest efekt ekspresji pewnej struktury genetycznej). Jak zostało przytoczone wcześniej, Griffiths i Stotz uznają, iż biologia posiada bardzo dobre rozeznanie w funkcjonowaniu, strukturze i organizacji materiału genetycznego; zasób wiedzy na ten temat jest bardzo rozbudowany. Praktyka badawcza zdaje się potwierdzać tę intuicję: istnieje wiele dobrze opracowanych modeli przyczynowych w odniesieniu do funkcjonowania materiału genetycznego (niejednokrotnie przy uwzględnieniu kontekstu poza-genetycznego). Za przykład tego może posłużyć badanie zjawiska bioluminescencji bakterii *V. fischeri*. Kolonie tych bakterii zamieszkują specjalne organy niewielkich kałamarnic z gatunku *E. scolopes*; wspomniane bakterie wytwarzają światło wyłącznie w przypadku dużego ich zagęszczenia w jednym miejscu. Ogólny schemat tego procesu jest opisywany następującym modelem: bakterie znajdujące się

¹¹ Dla bardzo ogólnego i przystępnego zarysowania czym XNA jest zob. np. (Gonzalez, 2012).

w zamkniętym środowisku produkują specjalną molekułę (autoinduktor); gdy w środowisku osiągnięta zostanie graniczna ilość tego związku, uaktywniany jest proces fizjologiczny, regulujący ekspresję odpowiednich sekwencji genetycznych, w efekcie czego *V. fischeri* podlegają bioluminescencji (Dunlap, 1999)¹².



Zjawisko Quorum Sensing zachodzące w populacjach bakterii *Vibrio fischeri*; model przedstawia przebieg autoinduktora w komórce bakterii - LuxI produkuje autoinduktor do środowiska, natomiast LuxR przechwytuje ten związek chemiczny. Efektem działania autoinduktora jest bioluminescencja. Grafika pochodzi z tekstu „Quorum Sensing: Cell-to-Cell Communication in Bacteria” autorstwa Christophera Watersa oraz Bonnie Bassler

Christopher Waters oraz Bonnie Bassler stworzyli model graficzny będący reprezentacją powyższego opisu (Waters, Bassler 2005).

W związku z powyższym przyjąć można, iż opisy zjawisk na gruncie genetyki molekularnej mogą spełniać podstawowe kryteria eksperymentalne przyjęte przez Hackinga. Jak zostało wskazane: materiał genetyczny służy kreacji nowych zjawisk, podlega manipulacji oraz znane są zależności przyczynowe dotyczące jego funkcjonowania.¹³

Teoretyczny wymiar pojęcia genu staje się w tym świetle znacznie mniej istotny. Wcześniejsze konceptualizacje stawiały na ugruntowane teoretycznie definicje tego pojęcia; w perspektywie eksperymentalnej, to sposoby manipulacji materiałem genetycznym wyznaczają sposoby konceptualizowania tego pojęcia. Intuicję tę podejmuje przykładowo Burian wskazując, że istnieje wiele grup eksperckich, które przyjmują bardzo zróżnicowane

¹² Niezwykle ciekawe jest działanie bioluminescencji oraz sposób odkrycia tego zjawiska (por. np. (Waters, Bassler 2005)). Należy nadmienić, że zjawisko to występuje w kontekście szerszego zagadnienia jakim jest *quorum sensing*.

¹³ Natomiast nowe zależności również rozpoznawane są na drodze manipulacji – poprzez choćby wspomniany *gene knockout*.

pojęcia genu. Argumentuje on, iż w wielu dyscyplinach biologicznych można wskazać ugruntowane w ramach tych dyscyplin posługiwanie się pojęciami genu¹⁴, które pozostaną niekompatybilne względem pojęcia przyjmowanego w genetyce molekularnej. Istotny wniosek jaki można wysnuć stanowi, że pojęcie genu jest interpretacyjnie i znaczeniowo otwarte.

Wydaje się, że takie przesunięcie zainteresowania z teoretyczystycznego punktu widzenia w stronę praktyki badawczej umożliwi znacznie lepsze zrozumienie tego, w jaki sposób pojęcie genu w naukach biologicznych funkcjonuje. Oznacza to również, że konceptualizacji tego pojęcia dokonywać można wyłącznie w obrębie kontekstu badawczego pewnej dyscypliny; możliwe nawet, że w kontekście ustalonego problemu badawczego.

KONKLUZJE

Przedstawiona tutaj analiza historyczna, chociaż mocno ograniczona, pozwala przypuszczać, iż wraz z rozwojem nauk biologicznych w ostatnich stu latach pojęcie to przestało spełniać pokładane przez Johannsena nadzieje; gdy na początku XX wieku pisał on, że „...słowo »gen« jest zupełnie wolne od hipotez” (Keller 2000, 2). Obecnie pojęcie genu jest już obciążone „rzeczywistością mendlowską”, która na poziomie molekularnym stanowi istotne ograniczenie. W perspektywie genetyki molekularnej niemożliwe wydaje się utrzymanie podstawowych intuicji i założeń wiązanych z genem w sensie klasycznym – dyskretnością i funkcjonalnością – intuicję tę zdaje się potwierdzać między innymi Burian.

Zaprezentowana tutaj propozycja przesunięcia ciężaru konceptualizacji pojęcia genu z perspektywy teoretyczystycznej w stronę praktyki badawczej ma charakter wstępny; dalszej pracy wymaga z całą pewnością głębsza analiza funkcjonowania tego pojęcia w ramach genetyki molekularnej – chociażby z perspektywy modeli teoretycznych, które stanowią wytwory praktyki badawczej.

ISSUES WITH GENE CONCEPT

ABSTRACT

This article provides an initial analysis, from a historical standpoint, of the problematic nature of conceptualizations of the notion of gene in molecular genetics. The starting point is an historical outline of the relation between classical genetics and molecular genetics; it is indicated how the conceptual baggage of classical ge-

¹⁴ Burian przytacza przykłady biologii ewolucyjnej (zainteresowanej ewolucją aminokwasów) oraz medycyny genetycznej (zainteresowanej chociażby szlakami metabolicznymi). Wskazuje on, że chociaż obie dyscypliny posługują się różnymi pojęciami genu, to są to pojęcia dobrze ugruntowane w ramach ich praktyki badawczej.

netics influenced the development of the concepts of gene used later in molecular biology. I also reveal two problems of genes in the philosophy of science, i.e., skepticism concerning genes and the concept of nominal gene. I conclude that concept of gene functioning within the framework of molecular genetics should be considered from the point of view of experimentalism and pragmatism. It seems that the concept of gene on the molecular level should be conceptualized—in order to remain functional—as broadly as possible and in relation to genetic material.

Keywords: philosophy of biology, genetics, new experimentalism.

BIBLIOGRAFIA

- R. Burian, *The Epistemology of Development, Evolution, and Genetics*, Cambridge University Press, Cambridge 2004.
- K. Chodasewicz, *Definiowanie życia*, w: Główne problemy filozofii biologii, K. Chodasewicz, A. Grabizna, A. Proszewska, A. Stencel, & A. A. Ziemny (red.), IFiS PAN, Biblioteka „Filozofii i Nauki”, Warszawa 2017.
- F. Crick, *On Protein Synthesis*, Proceedings from Symposium Soc. Exp Biol, 1958.
_____, *Central Dogma of Molecular Biology*, Nature, 1970, 227.
- P. V. Dunlap, *Quorum Regulation of Luminescence in Vibrio fischeri*, Journal of Molecular microbiology and biotechnology, 1999, 1.
- R. Gonzalez, *XNA Is Synthetic DNA That's Stronger than the Real Thing*; 15/03/2019 pod adresem: <https://io9.gizmodo.com/xna-is-synthetic-dna-thats-stronger-than-the-real-thing-5903221>, 2012.
- P. E. Griffiths, & K. C. Stotz, *Genes in the Postgenomic Era*, Theoretical Medicine and Bioethics, 2006, 27.
- P. E. Griffiths, K. C. Stotz, *Gene*, w: The Cambridge Companion to the Philosophy of Biology, D. L. Hull, M. Ruse (red.), Cambridge University Press, Cambridge 2007.
- I. Hacking, *Eksperymentowanie a realizm naukowy*, w: Nowy eksperymentalizm. Teoretycznym. Reprezentacja, P. Zeidler, D. Sobczyńska (red.), Wydawnictwo Naukowe Instytutu Filozofii UAM, Poznań 1994.
- D. L. Hull, *Informal Aspects of Theory Reduction*, PSA Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association, 1974.
- E. F. Keller, *The Mirage of a Space between Nature and Nurture*, Duke University Press, London 2010.
_____, *Genes as Difference Makers*, w: Genetic Explanations: Sense and Nonsense, S. Krimsky, J. Gruber (red.), Harvard University Press, Cambridge, MA 2013.
_____, *The Century of the Gene*, Harvard University Press, Cambridge, MA 2000.
- P. Kitcher, *Genes*, The British Journal for the Philosophy of Science, 1982, 33.
- L. Moss, *One, Two (Too?), Many Genes?* A review of *The Concept of The Gene in Development and Evolution: Historical and Epistemological Perspectives*, w: Cambridge Studies in Philosophy and Biology, P. J. Beurton, R. Falk, H.-J. Rheinberger (red.), The Quarterly Review of Biology, 2003, 78.
- H.-J. Rheinberger, S. Müller-Wille, & R. Meunier, *Gene*; dnia 10/03/2019 pod adresem <https://plato.stanford.edu/archives/spr2015/entries/gene/> 2015.
- J. S. Robert, *Embryology, Epigenesis, and Evolution*, Cambridge University Press, Cambridge 2004.
- A. Rosenberg, *Darwinian Reductionism: Or, How to Stop Worrying and Love Molecular Biology*, University of Chicago Press, Chicago 2008.
_____, *The Structure of Biological Science*, Cambridge University Press, Cambridge 1985.
- A. Rosenberg, D. W. McShea, *Philosophy of Biology. Contemporary Introduction*, Routledge, New York 2008.
- P. M. Rosoff, A. Rosenberg, *How Darwinian Reductionism Refutes Genetic Determinism*, Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences, 2006, 37.

- S. Sarkar, *Genetics and Reductionism*, Cambridge University Press, Cambridge 1998.
- K. F. Schaffner, *Discovery and Explanation in Biology and Medicine*, The University of Chicago Press, Chicago 1993.
- K. C. Stotz, P. E. Griffiths, R. Knight. *How Biologists Conceptualize Genes: an Empirical Study*, Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences, 2004, 35.
- C. K. Waters, *Molecular Genetics*; dnia 12/03/2019 pod adresem <https://plato.stanford.edu/archives/fall2013/entries/molecular-genetics/>, 2013.
- C. M. Waters, B. L. Bassler, *Quorum sensing: cell-to-cell communication in bacteria*, The Annual Review of Cell and Developmental Biology, 2005, 21.
- P. Zeidler, *Nowy eksperymentalizm a teoretycyzm. Spór o przedmiot i sposób uprawiania filozofii nauki*, w: Nowy eksperymentalizm. Teoretycyzm. Reprezentacja, P. Zeidler, D. Sobczyńska (red.), Wydawnictwo Naukowe Instytutu Filozofii UAM, Poznań 1994.
- _____, *Chemia w świetle filozofii. Studia z filozofii, metodologii i semiotyki chemii*, Wydawnictwo Naukowe Instytutu Filozofii UAM, Poznań 2011.
- P. Zeidler, D. Sobczyńska (red.), *Nowy eksperymentalizm. Teoretycyzm. Reprezentacja*, Wydawnictwo Naukowe Instytutu Filozofii UAM, Poznań 1994.

O AUTORZE — doktorant, Zakład Filozofii Nauki, Instytut Filozofii UAM, ul. Szamarzewskiego 89c, 60-568 Poznań.

E-mail: aleksander.ziemny@amu.edu.pl