

Orest Iwachiw

Narodowy Uniwersytet „Lwowska Politechnika”, Lwów

DZIAŁALNOŚĆ NAUKOWA GEORGIJA WORONYJA

SCIENTIFIC ACTIVITY OF GEORGII VORONYI

Streszczenie: Georgij Woronyj (po rosyjsku – Woronoj, 1868–1908) jest jednym z najbardziej znanych matematyków – matematyków, których dała "nauce światowej ziemia ukraińska". Jeszcze za życia jego osiągnięcia naukowe wywoływały zachwyt genialnością pomysłów, był uznany za jednego z najbłyszczących talentów w dziedzinie teorii liczb na przełomie wieków XIX-XX. W ciągu swego krótkiego życia Georgij Woronyj zdążył wytyczyć kilka nowych kierunków we współczesnej teorii liczb: analityczną teorię liczb, algebraiczną teorię liczb, geometrię liczb, rzeczywiste znaczenie jego dorobku naukowego jest odkrywane obecnie, w naszych czasach.

Abstract: Georgii Voronyi (1868–1908) is one of the most famous scientists - mathematicians, who gave the "world science of Ukrainian soil". Still, his scientific achievements sparked the brilliance of ideas; he was recognized as one of the most brilliant talents in the field of number theory at the turn of the century. In his short life Georgii Voronyi has set out several new directions in contemporary number theory: analytic number theory, algebraic number theory, geometry of numbers, the real significance of his scientific achievements is now discovered in our day.

Słowa kluczowe: diagramy Woronoja, komórka Woronoja, mozaika Woronoja, płytki Woronoja, geometria liczb, teoria liczb

Keywords: Voronyi diagrams, Voronyi cell, Voronyi tiling, Voronyi mosaic, geometry of numbers, number theory

„Sama tylko matematyka, jak jasna gwiazda, świeci przede mną, wszystkie moje nadzieje w niej pokładam”.

Georgij Woronyj

1. Wprowadzenie



Georgij Woronyj (1868 – 1908)

Od czasów starożytnych, od czasów przed powstaniem pisma i od czasów przedchrześcijańskich, przodkowie obecnych mieszkańców

Ukrainy i Polski przez wieki żyli obok siebie w jednym państwie, często obcym obu narodom. To wszystko sprzyjało wzajemnej komunikacji tak poszczególnych osób, jak z ich pomocą wspólnot w ogóle: znane są wspólne zwycięstwa pod Grunwaldem, Orszą, Chocimiem i Wiedniem, hasło „Za waszą i naszą wolność” – oficera armii carskiej, Ukraińca Potebni, który zrezygnował ze strzelania w powstańców – warszawian oraz dołączył do nich, aż do „Cudu nad Wisłą” – świadectwa wspólnych zwycięstw żołnierzy generałów Rozwadowskiego i Marka Bezruczka, wyzwolenia Warszawy w roku 1918 roku przez Strzelców pod komendą Lwa Szepetyckiego – rodzonego brata Metropolity Andrzeja.

Świadczenie temu i twórczość opisana w podręcznikach „ukraińskiej szkoły romantyków” w literaturze polskiej – Seweryna Goszczyńskiego, Józefa Bogdana Zaleskiego, Antoniego Malczewskiego, wkład do wspólnej historii Juliusza Słowackiego, Józefa Korzeniowskiego, rodzin Ostrogskich, Sanguszków, Potockich, Sobieskich - Daniłowiczów, Antonowiczów, Rylskich, Lipińskich...

Pewne miejsce na tej liście należy również do Jurija (Georgija) Woronyja, którego diagramy sukcesywnie wykorzystuje współczesna matematyka stosowana. To właśnie Woronyj był nauczycielem i promotorem jednego z sukcesów wybitnego polskiego matematyka Wacława Sierpińskiego. Dzięki tematowi pracy z teorii liczb, który podał Sierpińskiemu zdobył on złoty medal na Wydziale Fizyko-Matematycznym Cesarskiego Uniwersytetu Warszawskiego. Rok 2018 to jubileuszowy rok dla Georgija Woronyja, którego tak krótkie, lecz niezwykle nasycone inspiracjami życie, było podobne do jaskrawego błysku między dwoma datami – 15 (28) kwietnia 1868 roku i 7 (20) listopada 1908 roku.

2. Życiorys naukowca

W niewielkim ukraińskim miasteczku z uroczą nazwą Żurawka nad cichym Udajem urodził się on w rodzinie magistra filologii, pedagoga z powołania Feodosija Woronyja, filologa z zawodu, profesora Niżyńskiej gimnazji i dyrektora Przyłuckiej gimnazji, który jeszcze w czasie swoich studiów na uniwersytecie Kijowskim wyróżniał się postawą obywatelską, uczestniczył w stowarzyszeniu i pracy szkół niedzielnych dla młodzieży pracującej. Razem z synami (miał ich trzech) Feodosij zrobił z Żurawki ośrodek kultury, zbudował szkołę, otworzył bibliotekę, a jeden z synów Georgija Woronyja – Jurij został wybitnym chirurgiem. Jako pierwszy na świecie, w roku 1933 w Chersoniu, przeprowadził przeszczep nerki u człowieka. Niestety sytuacja polityczna w zniewolonej Ukrainie nie dała uczonemu możliwości kontynuowania badań. Rodzina G.Woronyja należała do świadomej ukraińskiej inteligencji i wielu z nich w latach trzydziestych musiało zapłacić za to swoją wolnością a nawet życiem. Nawet mogiła G.Woronyja i jego ojca została sprofanowana. Tak więc Żurawka zaczarowała Georgija na całe życie – każdego lata spieszył się do domu, tutaj odpoczywał, myślał nad swoimi pracami, w sąsiedniej wiosce odnalazł swoją wierną miłość... Jego życzeniem było zostać pochowanym w Żurawce...

W latach 1952 – 1953 Instytut matematyki Akademii Nauk Ukrainy opublikował cały zbiór prac naukowych Georgija Woronyja (w trzech tomach) z obszernymi komentarzami takich wybitnych naukowców jak B.M.Delone, B.A.Wenkow, J.W.Linnyk, J.B Pohrebyskyj, J.Z. Sztokoło. Borys Delone, jeden z najbardziej

utalentowanych uczniów Georgija Woronyja, w roku 1933 pisał: „Prace Georgija Woronyja wyróżniają się swoją głębokością i doskonałą prezentacją. Woronyj stworzył tylko sześć wielkich i małych prac. Każda z wielkich prac – jest albo kapitalna w swojej treści, albo otwiera wielki zakres badań; każda, nawet mała praca Woronyja jest niezwykle oryginalna i czasami w całości nowy i oryginalny sposób wytycza nowe kierunki badań. Głębokość i znaczenie jego badań pozostawiły znaczący ślad we współczesnej teorii liczb. Obok Minkowskiego, Woronyj jest twórcą geometrii liczb. Pracę Georgija Woronyja z 1903 roku o liczbie punktów pod hiperbolą należy uważać za początek współczesnej analitycznej teorii liczb”.

Z biegiem czasu staje się oczywiste, że Georgij Woronyj to jedna z najbardziej błyskotliwych osobistości w historii matematyki. Badając teorię liczb algebraicznych ciała sześciennego zainteresował się kwestiami fundamentalnymi tej teorii oraz genialnie rozwiązał je za pomocą swego uogólnienia ciągłych liczb ułamkowych. Badając problem zredukowania dodatnich form kwadratowych rozwiązywał go dla przypadku dowolnej liczby zmiennych oraz stworzył całkiem nowe jak na owe czasy struktury geometryczne w przestrzeniach wielowymiarowych. Uogólnienia Georgija Woronyja nigdy nie były czymś oderwanym od rzeczywistości. Nowe koncepcje matematyczne tworzył w ściśle określonym celu, którym było rozwiązanie naprawdę ważnych problemów wymagających zaawansowanych metod matematycznych. To praktyczne zastosowania takich nowych koncepcji jest bardzo istotnym osiągnięciem.

Inną cechą charakterystyczną twórczości Georgija Woronyja jest algorytmiczny kierunek badań. To on nadaje charakter jego pracom, dotyczącym liczb arytmetycznych. Wszystkie opublikowane prace G.Woronyja zakończone są wnioskami sformułowanymi w sposób algorytmiczny. Cechą wyróżniającą talentu Georgija Woronyja była harmonijna synteza w jednej osobie geniuszu geometrii i analityki. Właśnie te wyjątkowe zdolności matematyczne Georgija Woronyja pozwoliły mu w ciągu jego krótkiego życia zapoczątkować kilka nowych kierunków naukowych: analitycznej i algebraicznej teorii liczb, geometrii liczb.

Fenomenalnym jest fakt, iż stworzone przez Woronyja obiekty matematyczne okazały się bardzo dogodnym instrumentem dla badaczy rozmaitych dziedzin nauki. Zwłaszcza w bada-

niach związanych z geometriami pewnych równoległościaków (1908) Georgij Woronyj opisał wielowymiarowe struktury równoległościaków. To ułożone w sposób równoległy wypukłe wielościany w n -wymiarowej przestrzeni euklidesowej, które nie przecinają się, mają wspólne ściany oraz wszystkie razem wypełniają n -wymiarową przestrzeń. Wśród nich wyodrębniono klasę prymitywnych równoległościaków, w których w każdym punkcie styka się najmniejsza liczba tych ciał przestrzennych, tzn. $(n+1)$. G. Woronyj znalazł algorytm, który pozwala dla każdego n zbudować wszystkie prymitywne równoległościaki oraz zaoferował narzędzie matematyczne do ich badania.

Zapotrzebowanie rozszczepiania obrazu przestrzeni na osobne komórki dla opisu matematycznego niektórych procesów pojawia się we współczesnych badaniach w najrozmaitszych dziedzinach wiedzy: krystalografia, fizyka, astronomia, astrofizyka, elektronika, fizyka radiacyjna, chemia, inżynieria chemiczna, oftalmologia, mikrobiologia itp. W taki sposób powstało pojęcie „obszaru Dirichleta” («Dirichlet domain») w matematyce, „wielokąt Thyssena” («Thiessen polygon») w geografii, „komórki Mejeringa” («Meijering cell») w hutnictwie, «S- mozaiki» («S-mosaics») w ekologii, „komórki Wignera – Zejtsa” («Wigner-Seitz cell») w krystalografii. Obecnie w większości badań terminologia została zuniifikowana, za powszechnie uznane są terminy „komórka Woronoja” («Voronoi cell»), „mozaika Woronoja” («Voronoi mosaic»), „płytki Woronoja” («Voronoi tiling»), ponieważ metoda Georgija Woronyja została uznana za najdoskonalszą oraz najbardziej priorytetową w dziejach.

Wielką popularność w literaturze matematycznej te pojęcia uzyskały około trzydziestu lat temu. Do teoretycznej komputerowej nauki diagramy Woronyja zostały wprowadzone w artykule M. Shamos i D. Hoey. Od tych czasów diagramy Woronyja zaczęto stosować powszednio w konstrukcjach, związanych z algorytmami geometrycznymi, dlatego niektórzy eksperci uważają, że właśnie od tego wywodzi się komputerowa geometria. W roku 1992 w wydawnictwie John Wiley and Sons (Anglia) wydano monografię A. Okabe, B. Boots, K. Sugihara «Spatial Tesselation: Concepts and Applications of Voronoi Diagrams» («Przestrzenne mozaiki: Pojęcie i stosowanie diagram Woronyja»). Nie mniej ważną jest rola diagramów Woronyja również w takich praktycznie zo-

rientowanych dziedzinach, jak grafika komputerowa, modelowanie geometryczne, konstrukcja robotów, rozpoznanie obrazów, stworzenie geograficznych systemów informatycznych itp. Współczesnym przykładem wykorzystania diagramów Woronyja jest planowanie rozmieszczenia stacji bazowych umożliwiających połączenie użytkownika z siecią telefonów komórkowych. Diagramy Woronyja to całkiem niezłe narzędzie do tworzenia np. map zasięgów nie tylko telefonów ale i np. działania oddziałów regionalnych firmy czy obszarów pracy przedstawicieli handlowych - w dość prosty sposób można podzielić obszar działania firmy tak, by uniknąć tzw. „kanibalizmu” czyli działania dwóch przedstawicieli na tym samym obszarze. Od niedawna badane są diagramy dynamiczne Woronyja, powstające w czasie planowania ruchu robotów, a zwłaszcza gdy punkty nie są przymocowane, a ciągle poruszają się wzdłuż zadanych trajektorii... Oto fragment z artykułu 1998 roku austriackich uczonych – matematyków O. Aichholzera i F. Aurenhammera: „Około dwudziestu lat temu diagramy Woronyja zostały wprowadzone do teoretycznej nauki komputerowej. Odtąd diagramy Woronyja zostały wykorzystane wszędzie w projektach, związanych z algorytmami geometrycznymi, więc niektóre osoby liczą powstanie geometrii obliczeniowej od tych czasów. Oczywiście, wielki procent artykułów w zakresie obliczeniowej literatury geometrycznej bezpośrednio lub pośrednio związany z diagramami Woronyja oraz powiązany z nimi strukturami, one są potrzebne również w bardziej praktycznie zorientowanych dziedzinach, jak to, grafika komputerowa, modelowanie geometryczne, konstruowanie robotów, rozpoznanie obrazów oraz geograficzne systemy informatyczne. Tę listę można kontynuować: krystalografia, fizyka, astronomia, astrofizyka, elektronika, radiacyjna fizyka, chemia, inżynieria chemiczna, oftalmologia, mikrobiologia, problemy sztucznego intelektu. Strona internetowa „diagramy Woronyja” zawiera powyżej kilkuset stron internetowych”.

Uwaga skierowana ku twórczości Georgija Woronyja wskazuje, że chociaż prace naukowe ukraińskiego matematyka zostały uznane za genialne jeszcze za jego życia, jednak prawdziwe znaczenie jego naukowego dziedzictwa ujawnia się dopiero w naszych czasach.

3. Literatura

- [1]. I.R. Brajcew, G. F. Woronyj (Nekrolog), Wiadomości Charkowskiego matematycznego zrzeszenia. 1910. Druga seria, t. XI, nr. 6, 197-210.
- [2]. D.O.Grawe. O uogólnieniu algorytmu Woronyja. 1933. Czasopismo cyklu matematycznego WUAN, t.1, nr 2, 17-23.
- [3]. B.Delone, Jurij Todosiowycz Woronyj. Czasopismo cyklu matematycznego WUAN, t.1, nr 2, 15-16.
- [4]. B.Delone. Georgij Feodosijowycz Woronyj, syn. 1947. W ks.: Petersburska szkoła teorii liczb. Wydawnictwo ANZSRR, Moskwa – Leningrad.
- [5]. I.B.Pohrebysskij, I.Z.Sztokało. Życie i działalność naukowa G.F.Woronyja. 1953. W ks. G.F.Woronyj. zbiór prac, t.3, 253-302.
- [6]. H.Syta. Bohater nauki z ukraińskiej Żurawki. Mozaiki Woronyja. „Ukraiński forum”. 29.04.1999.
- [7]. Wpływ dorobku naukowego G.Woronyja na współczesną naukę. Red. H.Syta, A.Juraczkowskiego. NAN Ukrainy. Instytut matematyki. Kijów. 2003. 238 s.
- [8]. Ł.Bondaruk. Ukraiński geniusz matematyki. „Droga zwycięstwa”. 11.02.2004.
- [9]. D.Romaneć. Diagramy Woronyja. «Ukraina młoda». 25.04.2008.
- [10]. Naukowo – popularne czasopismo dla młodzieży „Kraina wiedzy”. WMOP „Sojusz utalentowanej młodzieży”.
- [11]. "Voronoy summary," [Online]. Available: [view-source:http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Mathematicians/Voronoy.html](http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Mathematicians/Voronoy.html). [Accessed 14 10 2017].
- [12]. "Voronoy biography," [Online]. Available: <http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Biographies/Voronoy.html>. [Accessed 14 10 2017].
- [13]. "Wacław Sierpiński - Wikipedia," [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Wac%C5%82aw_Sierpi%C5%84ski. [Accessed 14 10 2017].
- [14]. "Sierpinski biography," [Online]. Available: <http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Biographies/Sierpinski.html>. [Accessed 14 10 2017].

Autor

Prof. dr hab.inż. Orest Iwachiw jest szefem Zakładu Mechaniki Precyzyjnej w Instytucie Technologii Komputerowych, Automatyki i Metrologii Politechniki Lwowskiej
e-mail: oresti@polynet.lviv.ua