ROCZNIKI POLSKIEGO TOWARZYSTWA MATEMATYCZNEGO
Seria II: WIADOMOŚCI MATEMATYCZNE XXVII (1986)

wmptm 1897

ROMAN DUDA (Wrocław)

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

Paweł Siergiejewicz Aleksandrow

Paweł Siergiejewicz Aleksandrow urodził się 7 maja 1896 roku w Bogorodsku pod Moskwą (obecnie Noginsk). Dziad po kądzieli, Joachim Zdanowski, był szlachcicem z Podola. Po Powstaniu Styczniowym musiał on ujść z ojcowizny i resztę swego życia spędził w gubernii tulskiej, najmując się jako rządca u rosyjskich właścicieli ziemskich. Swoim dzieciom zapewnił jednak solidne wykształcenie: Michał (1846–1915) został lekarzem ziemskim gubernii tulskiej, a Cezarea (1861–1946), matka Pawła, ukończyła klasyczne gimnazjum żeńskie w Smoleńsku, po którym została jej świetna znajomość łaciny, francuskiego i niemieckiego, a także wysoka kultura osobista.

Dziad po mieczu, Paweł Pietrowicz Woronin, był bogatym kupcem moskiewskim. Miał on romans z prostą dziewczyną wiejską Barbarą Wasiljewną z gubernii włodzimierskiej, a owocem tego romansu był Siergiej Aleksandrowicz Aleksandrow (1858–1920), ojciec Pawła. Kupiec łożył na wykształcenie syna, który dzięki temu mógł ukończyć gimnazjum w Kazaniu i później medycynę na uniwersytecie moskiewskim, a także zajął się jego matką, wydając ją za mąż w Paryżu. Po studiach Siergiej pracował jako lekarz w różnych szpitalach gubernii jarosławskiej i moskiewskiej, aż w 1897 r. osiadł w Smoleńsku jako starszy lekarz gubernialnego szpitala ziemskiego. Z tytułu stanowiska otrzymał piękny dom w obszernym ogrodzie szpitalnym na obrzeżach miasta, i w tym to domu, wśród pięknej przyrody, biegło szczęśliwe dzieciństwo Pawła.

W wieku lat 4 Paweł dostał niemiecką bonę, która w czasie długich spacerów uczyła go języka, a potem czytywała w oryginale bajki braci Grimm i w niemieckim przekładzie baśnie Andersena. Tak się zaczął jego związek z niemiecką kulturą, która mu odtąd zawsze będzie bardzo bliska. Matka czytywała mu najpierw rosyjskie bajki, potem rosyjskich klasyków, a także Schillera i Szekspira, wcześnie więc zaczął sobie przyswajać wielką wrażliwość na piękno i siłę słowa. Ponadto sam zaczął czytywać książki popularnonaukowe, przede wszystkim przyrodnicze i geograficzne, i już wówczas dał o sobie znać ów tak charakterystyczny

dlań później rys: znacznie bardziej interesowały go wielkie koncepcje teoretyczne, znacznie mniej — konkretne fakty i zastosowania.

Ojciec wywarł wpływ na Pawła nieco później, głównie przez swoją postawę, pełną oddania i poświęcenia, a także przez swoje umiłowanie pracy i wielki szacunek dla nauki. Sam był znanym ginekologiem i twórcą metody operacyjnej, która weszła do literatury medycznej. Miał też Paweł liczne rodzeństwo: trzech braci oraz dwie siostry (jedna z nich przedwcześnie zmarła w 1912 r.), które z zapałem poświęcało się studiom muzycznym w klasach fortepianu, skrzypiec i śpiewu; dom rodzinny był więc także pełen dobrej muzyki. W 1902 r. matka zaprowadziła 6-letniego chłopca nad Dniepr i zaczęła go uczyć pływać. Paweł okazał się uczniem nad wyraz pojętnym i od tej pory pływanie stało się jego wielką życiową namiętnością. W 1904 r., za pieniądze Woronina, rodzice kupili 150-hektarowy majątek Michajewo, położony o jakieś 30 km na wschód od Smoleńska i tam aż do roku 1918 rodzina spędzała każde lato. Dalszych wyjazdów nie było.

W takiej atmosferze rósł Paweł. Do szkoły nie chodził aż do wiosny 1909 r., kiedy to został uczniem IV klasy prywatnego gimnazjum męskiego w Smoleńsku. Miało ono znakomitych nauczycieli i wielu z nich Paweł zachował we wdzięcznej pamięci, wśród nich Polkę Józefinę Zaleską, wdowę po generale, nauczycielkę języka francuskiego, oraz matematyka Aleksandra Eigesa. Nie przepadał za algebrą, w której widział tylko zadania i gdzie miewał kłopoty ze znakami (wiele lat później Hopf żartował, że dla takich matematyków jak Aleksandrow zostały wymyślone homologie modulo 2), od razu natomiast polubił geometrię, bo w niej były i aksjomaty, i twierdzenia, i dowody, poznanie zaś geometrii Łobaczewskiego było dlań wstrząsem, który zadecydował o wyborze dalszej drogi. Wiosną 1911 r., po ukończeniu V klasy, Paweł opuszcza gimnazjum, w ciągu zimy samodzielnie przechodzi dwie kolejne klasy i wiosną 1912 r. wraca, ale już do klasy VIII, ostatniej. Kończy ją ze złotym medalem i świadectwem dojrzałości, zamykając w ten sposób okres szczęśliwej, choć omroczonej śmiercią siostry, młodości.

Jesienią 1913 r. podejmuje studia matematyczne na uniwersytecie moskiewskim. Oczytany matematycznie już w szkole, nudzi się i doznaje rozczarowania, uczucie to jednak mija, kiedy trafia do biblioteki matematycznej i zaczyna samodzielnie czytać teoriomnogościowe memoriały Cantora. Ogarnia go zachwyt, jak kiedyś w szkole przy zetknięciu z geometrią nieeuklidesową, i ugruntowuje się chęć poświęcenia się matematyce.

Na pierwszym roku studiów trafia na seminarium D. F. Jegorowa (1869–1931), które było niemal instytucją i na swoje posiedzenie plenarne ściągało wszystkich aktywnych matematyków moskiewskich. Tematem tego seminarium były wówczas ciągi nieskończone, praca zaś wyglądała tak, że najpierw każda podgrupa tematyczna przygotowywała (w mieszkaniu Jegorowa) jeden lub dwa odczyty, które następnie były wygła-

szane na posiedzeniach plenarnych. Aleksandrow był w podgrupie ciągów funkcji i miał odczyt o klasyfikacji Baire'a.

Gwiazdą wśród uczniów Jegorowa był N. N. Łuzin (1893–1950), który wtedy świeżo wrócił z dłuższej podróży zagranicznej. Przyciągał jak magnes, co w przypadku Aleksandrowa wyglądało tak ([10], str. 8–9): „Po wykładzie Łuzina zwróciłem się do niego o radę, jak mam dalej zajmować się matematyką. Byłem wstrząśnięty wnikliwością, z jaką odniósł się do mnie, 18-letniego studenta. Od razu też zostałem jego uczniem, a było to w okresie największej jego siły twórczej. Patrząc w tym czasie na Łuzina, widziałem w nim potęgę natchnienia naukowego. Nie tylko uczyłem się odeń matematyki, ale otrzymywałem także lekcje tego, kim jest prawdziwy uczony, a także lekcje tego, kim może i powinien być profesor uniwersytetu. Wtedy też pojąłem, iż rozwijanie nauki i wprowadzanie do niej młodych ludzi, to dwie strony tej samej działalności uczonego."

Dodajmy, że wokół Jegorowa i Łuzina zaczęła się już wkrótce skupiać znaczna część młodzieży matematycznej Moskwy, dając początek sławnej później „Lusitanii". Była to „jedyna w swoim rodzaju i niepowtarzalna grupa młodzieży żyjącej wytężonym i oddanym matematyce życiem, pełnym wszakże radości i wesela. Taka grupa mogła powstać tylko w pierwszych latach rewolucji, kiedy to cały kraj przeżywał jedyny w swojej historii, niepowtarzalny zryw we wszystkich dziedzinach życia. Wesołe i niezwykle ożywione lusitańskie zebrania, na których, nawiasem mówiąc, nie było ani kropli wina, odbywały się przy stałym udziale nauczycieli tej młodzieży — D. F. Jegorowa i N. N. Łuzina, co świadczy i o tym, jak proste i niewymuszone mogą być stosunki między nauczycielem i uczniami" ([9], część II, str. 273).

W późniejszych latach Lusitania ulegnie całkowitemu rozpadowi, życie Jegorowa zamknie się gorzką kartą w kazańskiej klinice, Łuzina zaś opuszczą wszyscy i samotnie będzie przeżywał swój ból i upokorzenie. Pod koniec życia odzyska jednak dobre imię, a dziś uznaje się w nim jednego z twórców moskiewskiej szkoły matematycznej.

Wiosną 1915 r. N. N. Łuzin postawił przed Aleksandrowem problem mocy zbiorów borelowskich, podówczas uważany za jeden z centralnych problemów teorii mnogości. Pracę nad tym problemem Aleksandrow zaczął od rozpatrzenia przypadków szczególnych i dowiódł, że każdy zbiór nieprzeliczalny typu $F_{\sigma\delta\sigma\delta}$ ma moc continuum. Pozwoliło mu to na dostrzeżenie ogólnej idei polegającej na tym, że każdy zbiór nieprzeliczalny tego typu może być otrzymany przez zastosowanie pewnej operacji do zbiorów domkniętych i że każdy zbiór nieprzeliczalny otrzymany w ten sposób zawiera zbiór doskonały, a więc jest mocy continuum. W lecie 1915 r., które spędził w Michejewie, miał już ogólną definicję tej operacji i ogólne rozwiązanie problemu. Związało się to w jego pamięci z sonatą skrzypcową *c*-moll Griega, którą wówczas studiowali jego bracia.

Na odczyt Aleksandrowa w październiku 1915 r. z przedstawieniem tych wyników przyszła cała matematyczna Moskwa, a m.in. W. Sierpiński (podówczas internowany w Moskwie), M. Ja. Suslin, P. S. Urysohn i, oczywiście, N. N. Łuzin i D. F. Jegorow. Rozmowa z Suslinem przeciągnęła się potem długo w noc, Aleksandrow opowiadał mu bowiem szczegóły. Wtedy to miał Suslin zaproponować, by nową operację, jeszcze wówczas bez nazwy, nazwać na cześć Aleksandrowa operacją $\mathcal{A}$, a zbiory, które się otrzymuje w wyniku zastosowania tej operacji do zbiorów domkniętych, nazwać $\mathcal{A}$-zbiorami (przez analogię i dla odróżnienia od borelowskich B-zbiorów). Gdy wiele lat później Łuzin zaczął traktować $\mathcal{A}$ jako skrót słowa „analityczny", Aleksandrow odczuł to bardzo boleśnie, ale wówczas stosunki między nimi były już złe (por. [9], część I, str. 235).

Na razie jednak Aleksandrow drążył problem, były to bowiem lata, kiedy sądzono (zgodnie ze znanym twierdzeniem Lebesgue'a), że wszystkie „porządne" zbiory są borelowskie i wobec tego, całkiem naturalnie, przez cały rok 1916 Aleksandrow próbował dowieść, że każdy $\mathcal{A}$-zbiór jest borelowski. Porzucił tę robotę dopiero jesienią, kiedy Suslin podał przykład $\mathcal{A}$-zbioru, który nie jest borelowski. Oddajmy na chwilę głos W. Sierpińskiemu (cytuję za [17], str. 11): „Przypadkowo byłem obecny w chwili, gdy Michał Suslin zakomunikował Mikołajowi Łuzinowi swoją uwagę [odkrycie błędu w pracach Lebesgue'a — R. D.] i wręczył mu rękopis swojej pierwszej pracy. Otóż Łuzin całkiem poważnie potraktował młodego studenta, który twierdził, że znalazł błąd w pracy słynnego uczonego. Bezpośrednio po Łuzinie czytałem ten rękopis Suslina i wiem, ile Łuzin pomagał swojemu uczniowi i jak kierował jego pracą."

Nawiasem mówiąc, matematyka miała być jedynie początkiem drogi M. Suslina (1896–1919), po niej bowiem miała iść fizyka i chemia, następnie biologia, a zwieńczyć ją miała medycyna, której zamierzał poświęcić całe dalsze życie. Tyfus plamisty przerywa mu tę drogę na samym początku, już wszakże jako świetnemu matematykowi.

Po pewnym czasie Łuzin podsunął Aleksandrowowi nowy problem: hipotezę continuum! I Aleksandrow zabrał się do niej z młodzieńczym entuzjazmem. Z początku szło mu gładko. Oparłszy się na aksjomacie: każdej liczbie pozaskończonej α można przypisać taką liczbę $\mu(\alpha) < \alpha$, że różnym α odpowiadają różne $\mu(\alpha)$ — dowodził tę hipotezę, a dowód wypełnił mu gruby zeszyt. Ale potem zaczął myśleć nad samym aksjomatem i ku swojej rozpaczy odkrył, że jest on fałszywy. Odczuł to jako ciężką katastrofę i utracił cały zapał do matematyki.

Nastąpiło dramatyczne załamanie. Przyjął zaproszenie dawnego kolegi szkolnego i latem 1918 r. wyjechał do Nowogrodu Siewierskiego, gdzie wszedł w tamtejsze środowisko teatralne, próbując nawet sił w roli reżysera. Następnie w pobliskim Czernihowie objął funkcję kierownika sekcji teatralnej w podwydziale sztuki wydziału oświaty,

organizując miejscowy teatr dramatyczny, a także wygłaszał publiczne odczyty na tematy literackie, m.in. o Goethem, Gogolu, Ibsenie, Hamsunie, Dostojewskim. Odczyty te cieszyły się dużą popularnością, rozszerzył je więc na pobliskie miasta, a nawet jeździł z nimi do Kijowa. Kiedy armia Denikina weszła do Czernihowa, zarzucono mu współpracę z bolszewikami i miał z tego powodu duże przykrości, a nawet trafił do więzienia, ale jakoś się wykaraskał. Po odejściu denikinowców wykładał już regularnie (w miejscowym Instytucie Pedagogicznym) i to nie tylko literaturę, ale także matematykę. Czas zaczął więc robić swoje, przyplątał się jednak jeszcze tyfus plamisty i dopiero jesienią 1920 r., po długiej rekonwalescencji, powrócił do Moskwy. Przyjęli go tam jak marnotrawnego syna i przez całą zimę 1920/21 zdawał egzaminy magisterskie.

Ówczesne egzaminy magisterskie na uniwersytecie moskiewskim równoważne były, co do znaczenia, dzisiejszym egzaminom na stopień kandydata nauk i po ich złożeniu Aleksandrow został prywatnym docentem tego uniwersytetu. Tak się złożyło, iż program jego egzaminów oraz P. S. Urysohna był taki sam, zdają je więc razem i od tej pory datuje się ich bliski związek. Stają się nierozłączni, a zbieżność inicjałów obu, P. S. A. i P. S. U., daje powód do żartobliwego skrótu PS'y, który w Lusitanii był powszechnie używany. Przyjaźń ta z biegiem lat rosła, a pogłębiały ją wspólne zainteresowania matematyczne i muzyczne, wspólne kwatery i podróże, wspólna pływacka namiętność.

Ciekawe światło na sylwetkę Aleksandrowa rzuca sprawa jego małżeństwa. Zimą 1915/16 poznał on w Moskwie młodą siostrę swego dawnego nauczyciela matematyki Eigesa, Katarzynę. Mieszkała ona razem z dwoma braćmi i dom ich był zawsze pełen muzyki i rozmów o literaturze. Paweł poczuł się tam dobrze i stał się stałym bywalcem (tam poznał Jesienina), a w kwietniu 1921 r. ożenił się z Katarzyną. Małżeństwo było jednak nieudane i szybko się rozpadło, Katarzyna bowiem chciała mieć rodzinę, a dla Pawła najważniejsza w życiu była matematyka, Urysohn, Lusitania, wieczorne koncerty i nocne spacery. Uznał małżeństwo za pomyłkę życiową i odtąd żył jak mnich w zakonie matematycznym, poświęcając wszystko matematyce, przyjaciołom i uczniom.

Lato 1921 r. Lusitania spędziła w wynajętej daczy nad rzeką Klaźmą, zajmując się oczywiście przede wszystkim matematyką. Wtedy to Urysohn rozwiązał postawiony mu przez Jegorowa problem wymiaru i w ciągu kilku godzin spędzonych na przemian w wodzie i nad wodą przedstawił plan swojej teorii Aleksandrowowi. Plan ten był realizowany przez jesień i zimę. Następnego lata PS'y wynajęli izbę już tylko dla siebie w pobliżu tego samego miejsca. Życie wiedli niemal ascetyczne. Zaraz po obudzeniu się szli nad rzekę i tam, o czarnym chlebie i maśle, kąpiąc się, rozmyślając i rozmawiając — spędzali czas do godziny 15–16. Wracali, gotowali mocną kawę z mlekiem, jedli chleb, masło i ser, a potem przygoto-

wywali lody na jajach, które im gospodyni dawała w dużej obfitości w zamian za akademickie kartki na mięso. Wieczorem chodzili do daczy Lusitanii. Aleksandrow był szczęśliwy jak latem 1915 r. i ten stan upojenia matematyką trwał przez całą następną jesień i zimę. W owym to czasie PS'y udowodnili, m.in. swoje twierdzenie metryzacyjne (w dzisiejszej terminologii: przestrzeń Hausdorffa jest metryzowalna wtedy i tylko wtedy, gdy jest parazwarta i ma drobniejący układ pokryć otwartych) oraz napisali obszerny memoriał o przestrzeniach zwartych.

W tym miejscu warto zrobić małą dygresję. Otóż na początku lat dwudziestych rozwój topologii dopiero się zaczynał: istniało pojęcie przestrzeni topologicznej (por. książkę F. Hausdorffa *Mengenlehre* z 1914 r.), ale nie było teorii tych przestrzeni i nie było jasne, w których kierunkach teorię tę należy rozwijać. Na tym tle wprowadzone przez PS'ów pokryciowe pojęcie zwartości i jego modyfikacje, takie jak przeliczalna zwartość czy lokalna zwartość, a także prace wokół tych pojęć — rysują się jako początek i potężny bodziec w kierunku teorii przestrzeni zwartych, niewątpliwie jednego z najważniejszych fragmentów topologii ogólnej, ważnego także dla teorii grup topologicznych, analizy funkcjonalnej i wielu innych dyscyplin matematycznych. Dla porównania: zaczynająca się w tym samym czasie warszawska szkoła topologiczna koncentrowała się wtedy na pojęciu spójności i związkach z teorią funkcji rzeczywistych a choć później przyswoiła sobie zwartość, to podporządkowała ją spójności (z czego wyłoniła się teoria continuów), zaś poprzez stałe zakładanie metryzowalności poszła bardziej w stronę topologii geometrycznej, tj. badania podzbiorów przestrzeni euklidesowych i kostki Hilberta, niż topologii ogólnej.

Tejże zimy 1922/23 PS'y zaczęli przygotowywać się, z inicjatywy Urysohna, do podróży za granicę. Trwał NEP i waluta była wymienialna, trzeba było tylko mieć pieniądze. PS'y zarobili je wygłaszając w Moskwie i kilku innych miastach serie odczytów o teorii względności. Z początkiem maja 1923 r. wyjechali do Getyngi, gdzie serdecznie podejmowali ich F. Klein, D. Hilbert, E. Landau, R. Courant, Emmy Noether i inni. Chodzili na wykłady, bywali w domach, mieli odczyt na posiedzeniu getyngeńskiego towarzystwa matematycznego, zostali też zaproszeni do napisania prac do Mathematische Annalen, z czego skorzystali (por. tom 92 (1924)). Atmosferę i ludzi ówczesnej Getyngi opisał Aleksandrow w swoich wspomnieniach o R. Courancie [7] i H. Hopfie [8].

Sierpień PS'y spędzili na pieszej wędrówce przez Norwegię, przechodząc w ciągu 25 dni 500-kilometrową trasę od Stavanger do Molde. Szli nie tylko piechotą, ale i boso, gdyż stopy po wakacjach nad Klaźmą mieli tak zahartowane, że nie bali się ani kamieni, ani lasu, ani rżysk. Nie bali się też zimnej wody i żadnego dnia nie opuścili kąpieli. Wrzesień spędzili znów w Getyndze i z początkiem października wrócili do Moskwy, gdzie

Aleksandrow dokończył redagowanie dowodu swego twierdzenia o G_δ (każdy zbiór typu G_δ w przestrzeni ośrodkowej zupełnej jest homeomorficzny z przestrzenią zupełną), które sobie wysoko cenił. Założenie ośrodkowości, wtedy dość naturalne, okazało się zbędne i zostało później usunięte.

O sile namiętności pływackiej ich obu może świadczyć następujący epizod. Kiedyś, po czyichś urodzinach, przyjęli w Lusitanii zakład, że się wykąpią w rzece Moskwie. I wykąpali się, choć był to grudzień, trzecia w nocy i szalała zadymka. „Tylko pływaliśmy nieco krócej" — wspomina Aleksandrow.

W maju 1924 r., tuż przed drugim wyjazdem do Getyngi, PS'y zorganizowali seminarium topologiczne. Na wzór seminarium Jegorowa, dzieliło się ono na grupy, a mianowicie: I — topologia continuów, II — topologia powierzchni, III — teoria przestrzeni topologicznych, IV — teoria wymiaru, V — topologia kombinatoryczna. Grupy II i V miały charakter szkoleniowy i rychło obumarły, pozostałe wszakże, a zwłaszcza III, wspaniale się rozwinęły dając początek świetnej drogi, którą to seminarium miało przejść w ciągu przeszło półwiecza. Stało się ono kuźnią kadr moskiewskiej szkoły topologicznej, jednej z najznakomitszych w świecie, która szczególne piętno wycisnęła na topologii ogólnej.

Po zebraniu organizacyjnym PS'y wyjechali powtórnie do Getyngi, gdzie byli przyjmowani już jako dobrzy znajomi, starzy uczestnicy życia matematycznego i towarzyskiego. W połowie lipca pojechali dalej i jeden tydzień spędzili w Bonn u Hausdorffa (codziennie przepływając Ren tam i z powrotem), a drugi w Blaricum pod Amsterdamem u Brouwera, który zaprosił ich obu na cały następny rok. Następnie przez Paryż pojechali do Bretanii i tam na południowym wybrzeżu, w pobliżu przylądka Croisic, w małej podówczas wiosce rybackiej Batz, urządzili się na sierpień. Pływali i pracowali, aż do tragicznego 17 sierpnia. W owym to dniu Urysohn zaczął pisać pracę *Zum Metrisationsproblem*, zawierającą ważny „lemat Urysohna" i oparty na nim dowód metryzowalności przestrzeni normalnych z bazą przeliczalną, i poszli się kąpać dopiero o piątej po południu. Chociaż ocean, od kilku dni już niespokojny, grzmiał i huczał coraz groźniej — popłynęli. Ogromna fala odrzuciła ich wkrótce z powrotem, przenosząc obu ponad przybrzeżnymi skałami na plażę, ale Urysohn uderzył przy tym głową o skałę... Dwa dni później w Batz odbył się jego pogrzeb, Aleksandrow zaś przez Getyngę wrócił do Moskwy.

Poczynając od swego drugiego plenarnego posiedzenia, seminarium topologiczne pracowało już pod wyłącznym kierunkiem Aleksandrowa. Pracowało intensywnie. Owej zimy 1924/25 najlepsze wyniki uzyskali A. N. Tichonow (definiując „topologię Tichonowa" w produkcie i dowodząc „twierdzenia Tichonowa" o produkcie dowolnie wielu przestrzeni topologicznych zwartych) oraz L. A. Tumarkin (teoria wymiaru), do aktywnych uczestników należeli ponadto W. W. Niemycki i W. A. Jefremowicz.

W maju 1925 r. Aleksandrow wyjechał, już sam, do Brouwera, spędził u niego dwa miesiące i po krótkiej wizycie w Getyndze wyjechał na cały miesiąc do Batz. Tam, nad brzegiem oceanu, przyszło mu do głowy pojęcie nerwu, które odegrało i nadal odgrywa w topologii ogromną rolę. Jeśli $\mathcal{U}$ jest skończoną rodziną podzbiorów ustalonego zbioru X, to *nerwem* tej rodziny nazywa się abstrakcyjny kompleks symplicjalny, którego wierzchołkami są elementy rodziny $\mathcal{U}$, przy czym na wierzchołkach $U_1, \ldots, U_k \in \mathcal{U}$ jest rozpięty sympleks wtedy i tylko wtedy, gdy przekrój $U_1 \cap \ldots \cap U_k$ jest niepusty. Jeśli X jest przestrzenią topologiczną, a $\mathcal{U}$ jej pokryciem otwartym, to geometryczna realizacja nerwu $\mathcal{U}$ jest wielościanem i wielościan ten stanowi jak gdyby aproksymację przestrzeni X. Sens tej aproksymacji precyzuje następująca konstrukcja *spektrum* przestrzeni X: rodzina $\Sigma(X)$ skończonych pokryć otwartych przestrzeni X jest w naturalny sposób skierowana przez wpisanie, i jeśli $\mathcal{U} < \mathcal{V}$, to definiujemy odwzorowanie symplicjalne $\pi_{\mathcal{U}}^{\mathcal{V}} : \mathcal{V} \to \mathcal{U}$ przez przyporządkowanie zbiorowi $V \in \mathcal{V}$ tego zbioru $U \in \mathcal{U}$, który zawiera V. Dla zapewnienia jednoznaczności tego odwzorowania nie bierze się wszystkich pokryć otwartych, a tylko niektóre, i wtedy się okazuje, że każda przestrzeń metryczna zwarta X jest homeomorficzna z granicą odwrotną systemu złożonego z nerwów odpowiednio dobranej rodziny pokryć i odwzorowań symplicjalnych między nimi.

Taka była mniej więcej treść pracy [1]. Z jej znaczenia Aleksandrow zdawał sobie sprawę, kończy ją bowiem takimi słowy: „Chciałem pokazać, że między topologią klasyczną a współczesną topologią teoriomnogościową [dziś raczej powiedzielibyśmy: między topologią wielościanów a topologią ogólną — R. D.] nie leży wcale tak głęboka przepaść, jak to sobie często wyobrażamy. Dokładniej można powiedzieć, że własności topologiczne w obu przypadkach mają *naturę kombinatoryczną*, można je bowiem badać jako własności układów skończonych schematów. Jest wszakże istotna różnica między naszym przypadkiem a przypadkiem klasycznym (...). Przestrzeń można odtworzyć dopiero za pomocą przejścia granicznego."

Mimo tej „istotnej różnicy" był to most solidny, wzmacniany zresztą licznymi dalszymi badaniami samego P. S. Aleksandrowa, a także A. Kurosza, H. Freudenthala, N. Steenroda i wielu innych. Po tym moście przejdzie w 1932 r. Eduard Čech budując *spektralną teorię homologii* (zwaną czasami także *teorią homologii Čecha*) dowolnych przestrzeni zwartych. Doczeka się też uogólnień i licznych zastosowań samo pojęcie spektrum, rozumiane jako aproksymacja przez systemy odwrotne przestrzeni o prostszych własnościach od przestrzeni aproksymowanej.

Pracę [1], zawierającą pojęcie nerwu i wspomnianą konstrukcję spektrum wraz z cytowanym twierdzeniem, napisał za jednym posiedzeniem (raz nawet zapomniawszy wykąpać się w morzu), od razu posłał ją Brouwerowi, a potem poszedł piechotą przez Pireneje aż do Morza Śródziemnego.

Zimę 1925/26 spędził w Blaricum, gdzie na dłuższy pobyt przyjechali wówczas także K. Menger i L. Vietoris, a na miesiąc także E. Noether wraz ze swoim uczniem B. L. van der Waerdenem. Prócz normalnych zajęć i ukochanych koncertów, wiele czasu zabierało mu redagowanie rękopisów Urysohna i późniejsze ich korekty, ale dzięki temu nic z dorobku tragicznie zmarłego przyjaciela nie zginęło.

Wiosną 1926 r. zjechał do Getyngi, gdzie zaprzyjaźnił się z H. Hopfem i O. Neugebauerem, tworząc we trójkę „sympleks", jak ich żartobliwie nazwano. Na początku sierpnia „sympleks" wyjechał na tydzień do Batz, a potem przez Pireneje pomaszerował ku Morzu Śródziemnemu, by po krótkim pobycie na jego wybrzeżu odwiedzić jeszcze Korsykę.

Zimę 1926/27 spędził Aleksandrow w Moskwie, kierując pracami swego seminarium, ale wiosną następnego roku jeszcze raz wyjechał i lato 1927 r. spędził znów z H. Hopfem, tym razem w Alpach francuskich, a potem na brzegu Morza Śródziemnego, następnie zaś, na zaproszenie S. Lefschetza, obaj wyjechali na semestr zimowy do Princeton. Tam pozostali w stałym kontakcie naukowym z S. Lefschetzem i J. Alexanderem, a także z O. Veblenem, i intensywnie pracowali: Aleksandrow nad homologiczną teorią wymiaru, Hopf nad odwzorowaniami wielościanów w sfery.

Aby zrozumieć, skąd się wzięła homologiczna teoria wymiaru, przypomnijmy, że w topologii ogólnej istniała już w owym czasie, zapoczątkowana m.in. przez P. S. Urysohna i doskonale znana Aleksandrowowi, klasyczna teoria wymiaru, Aleksandrow zaś miał w ręku „most" łączący topologię ogólną z topologią kombinatoryczną (jak wówczas i jeszcze przez długi czas potem nazywała się topologia wielościanów). Pracując usilnie nad „kombinatoryzacją" topologii, kierował więc swoją uwagę na pojęcie wymiaru i w 1926 r. udowodnił ciekawe twierdzenie: każdy zbiór zwarty wymiaru n, leżący w przestrzeni euklidesowej (kostce Hilberta), daje się z pomocą przekształcenia ciągłego przesuwającego punkty nie dalej niż o ε, gdzie $\varepsilon > 0$ jest dowolne (czyli tzw. ε-przekształcenia), przekształcić na wielościan wymiaru n. W dwa lata później poszedł jeszcze dalej, formułując „kombinatoryczną" definicję wymiaru: przestrzeń zwarta ma wymiar $\geqslant n$, gdy zawiera „kawałki" wymiaru $\geqslant n$, a ściślej, gdy nerwy jej dostatecznie drobnych pokryć zawierają cykle homologiczne wymiaru $n-1$, które ograniczają (podobnie jak brzeg kuli ogranicza jej wnętrze), ale na pewnej podprzestrzeni domkniętej nie ograniczają (podobnie jak brzeg kuli nie ogranicza na podzbiorze właściwym kuli, z usuniętą częścią jej wnętrza). Precyzując pojęcie cyklu należało jeszcze powiedzieć, jaka jest grupa jego współczynników, co prowadziło do istotnie różnych pojęć wymiaru. Oparta na tych pojęciach *homologiczna teoria wymiaru* szybko pokazała swą wartość w zaskakującym odkryciu L. S. Pontriagina, który w 1930 r. skonstruował przestrzenie zwarte wymiaru 2, których produkt

kartezjański ma wymiar 3! Odtąd teoria ta stała się ulubioną dziedziną badań Aleksandrowa i jego szkoły.

W 1930 r. wyszła w świat obszerna praca Aleksandrowa [2], w której powtarza konstrukcję „mostu" łączącego topologię kombinatoryczną z ogólną i korzysta z niej dla dalszego zbliżenia obu tych kierunków. W szczególności bada ε-przekształcenia uogólniając swoje wcześniejsze wyniki; uwalnia konstrukcję spektrum od leżącej u jej podstaw przestrzeni, definiując spektrum rzutowe po prostu jako dowolny układ złożony z abstrakcyjnych kompleksów symplicjalnych i łączących je odwzorowań symplicjalnych, spełniających pewne naturalne warunki zgodności, i skupia na nim uwagę, słusznie uważając je tu za kluczowe; analizuje dualność między dopełniającymi cyklami wymiarów $n-k-1$ i k, gdzie n jest wymiarem przestrzeni, a $k \leqslant n$ dowolną liczbą naturalną, i ta dualność stanie się drugim ważnym kierunkiem badań moskiewskiej szkoły topologicznej. Wykład podstaw homologicznej teorii wymiaru, której powołanie do życia jest wyłączną zasługą P. S. Aleksandrowa, zawarł on później w obszernym memoriale [3].

Na lato 1928 r. Aleksandrow i Hopf wrócili do Getyngi, gdzie R. Courant zaproponował im napisanie wspólnej książki z topologii do swojej znakomitej „żółtej serii". Zgodzili się z ochotą, nie przeczuwając, że zabierze im to siedem lat intensywnej pracy.

Getyngeńska Akademia Nauk czyniła w owym czasie zadość tradycji idącej od N. I. Łobaczewskiego, i po śmierci Rosjanina W. A. Stiekłowa wybrała swoim członkiem-korespondentem (na wniosek D. Hilberta i R. Couranta) Rosjanina — P. S. Aleksandrowa. W październiku 1928 r. Aleksandrow powrócił do Moskwy. Zima 1928/29 rozpoczęła okres największego rozkwitu seminarium topologicznego. Wśród uczniów wybijał się wtedy L. S. Pontriagin, który w ciągu kilku lat uzyskał wiele znakomitych wyników, m.in. swoje twierdzenie o dualności. Dobrze się też zapowiadał w topologii A. G. Kurosz, którego Aleksandrow poznał w Smoleńsku (dokąd w latach 1922–1938 jeździł z wykładami na tamtejszy uniwersytet) i którego uczynił swoim aspirantem. Po paru wszakże latach Kurosz zostawił topologię i odszedł do algebry. (Nawiasem mówiąc, Aleksandrow pierwszy użył terminu „jądro homomorfizmu" w swoich wykładach algebry w Smoleńsku; por. [9], część II, str. 250.)

W styczniu 1929 r. Aleksandrow został członkiem-korespondentem Akademii Nauk ZSRR (na członka rzeczywistego został wybrany w 1953 r.) Lato 1929 r. spędził w kraju, płynąc z A. N. Kołmogorowem łódką po Wołdze od Jarosławia do Kazania, potem statkami przez Astrachań do Baku, skąd autobusami i piechotą — nad jezioro Sewan, gdzie w byłym klasztorze na wyspie spędzili cały miesiąc. Później przez Tbilisi pojechali do Gagry, gdzie odpoczywał Pontriagin, spędzili z nim kolejny miesiąc i z początkiem października wrócili wszyscy do Moskwy. Przez cały czas

tej wyprawy Aleksandrow dźwigał maszynę do pisania, na której pracowicie wystukiwał kolejne stronice swojej i Hopfa książki. Był to też początek wielkiej przyjaźni z Kołmogorowem. Jesienią 1929 r. osiedlili się już razem w wiosce Klaźmie nad rzeką Klaźmą, gdzie Aleksandrow zbudował swoją algebraiczną teorię wymiaru [3], a w maju 1930 r. obaj wyjechali do Getyngi. Z początkiem sierpnia wyruszyli stamtąd na pieszą wędrówkę przez południową Francję do Tulonu, w pobliżu którego zatrzymali się na parę tygodni i pracowali, Aleksandrow nadal nad książką. Tam poznali bliżej M. Frécheta. Pod koniec września przez Batz i Paryż powrócili do Getyngi, skąd na początku lutego 1931 r. Aleksandrow wyjechał na cały wiosenny semestr z wykładami do Princeton. W czerwcu 1931 r. jednocześnie wrócili do Moskwy: Kołmogorow z Getyngi, Aleksandrow z Princeton.

W sierpniu 1932 r. Aleksandrow znów wyjechał, tym razem na Międzynarodowy Kongres Matematyczny do Zurichu, gdzie zatrzymał się u H. Hopfa, który właśnie objął katedrę na tamtejszej politechnice po H. Weylu, by pozostać na niej aż do swojej śmierci w 1971 r. Wrzesień spędził Aleksandrow nad Lago Maggiore, gdzie odpoczywał także F. Hausdorff z żoną. Dużo czasu spędzali razem na łódce i na spacerach. Stamtąd wrócił do Getyngi i do końca listopada 1932 r. miał wykłady. Odjeżdżał uroczyście żegnany przez całą matematyczną społeczność Getyngi, jak gdyby w przeczuciu, że kiedy ją następnym razem odwiedzi, będzie to już inny świat i inni ludzie. W podróżach zagranicznych Aleksandrowa nastąpiła teraz przerwa aż do roku 1950, a w Getyndze spędził lato dopiero w 1958 r.

Kontakt z zagranicznymi matematykami miał jeszcze w 1935 r. Rok mianowicie wcześniej A. N. Kołmogorow, objąwszy stanowisko dyrektora Instytutu Matematyki Uniwersytetu Moskiewskiego, powziął zamysł zorganizowania serii międzynarodowych konferencji matematycznych z różnych dziedzin matematyki. Udało się zrealizować tylko dwie: w 1934 r. z geometrii różniczkowej i analizy tensorowej oraz w 1935 r. z topologii, tę drugą pod kierunkiem Aleksandrowa. Konferencja była bardzo udana, a do znakomitych jej gości należeli: J. W. Alexander, G. Birkhoff, K. Borsuk, E. Čech, P. Heegard, H. Hopf, W. Hurewicz, B. Knaster, K. Kuratowski, S. Lefschetz, S. Mazurkiewicz, G. Nöbeling, J. von Neuman, G. de Rham, J. P. Schauder, W. Sierpiński, M. H. Stone, A. Weil i H. Whitney.

Na tej konferencji W. Hurewicz przedstawił, chyba po raz pierwszy publicznie, swoje grupy homotopii wyższych wymiarów. Jak mi mówił H. Whitney w 1977 r., Aleksandrow, Čech i van Dantzig mieli powiedzieć w czasie dyskusji po referacie Hurewicza, że doszli do tego pojęcia wcześniej, ale nie wydało im się ono ciekawe. Było w tym zapewne więcej krytyki niż żalu, konstrukcja Hurewicza była bowiem ciężka (por. jego cztery

noty w *Proceedings* Amsterdamskiej Akademii Nauk z lat 1935/36), a ogromna wartość tych grup dla topologii miała się ujawnić dopiero po 1945 r. Incydent ten w każdym razie świadczy, że na moskiewskiej konferencji mówiono o rzeczach ważnych i mało jeszcze znanych, a dyskusje były gorące i burzliwe — najlepsze to chyba świadectwo jej wartości.



P. S. Aleksandrow (z prawej) rozmawia z B. Knasterem w czasie VIII Zjazdu Matematyków Polskich w Warszawie w 1953 r.

Po konferencji H. Hopf z żoną oraz P. S. Aleksandrow i A. N. Kołmogorow pojechali na półtora miesiąca na Krym, gdzie Aleksandrow i Hopf dokończyli pracę nad książką i napisali do niej przedmowę. Książka ta niebawem wyszła drukiem [13], jej planowany ciąg dalszy (w postaci następnych dwóch tomów) nie został już jednak nigdy napisany. Na przeszkodzie stanął szybki rozwój topologii algebraicznej po 1935 r. oraz utrata kontaktu między autorami.

W tymże 1935 r. P. S. Aleksandrow i A. N. Kołmogorow nabyli od rodziny K. Stanisławskiego dom w Komarowce nad Klaźmą, i dom ten odtąd im stale służył jako miejsce odosobnienia, pracy i wypoczynku. Mieszkania moskiewskie służyły im głównie zimą, ale i wtedy chętnie zjeżdżali do swego komarowkowskiego domu. Między Moskwą a Komarowką upływały im późne lata trzydzieste, tak burzliwe w życiu ich kraju. Oni wszakże spokojnie pracowali nad odwzorowaniami otwartymi (wspólnie) i rozszerzeniami zwartymi (Aleksandrow). Latem 1938 i 1939, wespół

z A. I. Malcewem i S. M. Nikolskim, odbyli dwa duże spływy łodzią, od Krasnoufimska do Uljanowska rzekami Ufą, Białą, Kamą i Wołgą, i drugie po środkowej Wołdze, część zaś wakacji stale spędzali na Krymie. W 1940 r. Aleksandrow pisał dużą pracę [4].

Po wybuchu wojny niemiecko-radzieckiej Aleksandrow i Kołmogorow otrzymali polecenie ewakuowania się wraz z rodzinami do Kazania. Rodziny były niewielkie: ciotka Kołmogorowa, matka i siostra Aleksandrowa oraz pomoc domowa matki. W połowie lipca wyjechali i przez tydzień mieszkali w pomieszczeniach tamtejszego uniwersytetu, szukając stałej kwatery. Znaleźli ją w domu emerytowanego aptekarza, z którego rodziną stosunki ułożyły się dobrze i rodziny Aleksandrowa i Kołmogorowa mieszkały tam aż do końca wojny. Z początkiem października 1941 r. oni sami wrócili do Moskwy i zaczęli wykłady, ale już 15 października otrzymali rozkaz opuszczenia stolicy jeszcze tej samej nocy. Pociąg odwiózł ich tylko do Gorkiego, skąd do Kazania płynęli ostatnim parostatkiem po zamarzającej już Wołdze.

W owym trudnym wojennym czasie nastroje nie sprzyjały teoretycznym rozważaniom. Uważano, że ludzie nauki powinni się zająć problemami związanymi z wojną i pogląd ten znalazł odbicie w racjach przydziałowych: matematycy zajmujący się takimi zastosowaniami otrzymywali 800 g chleba dziennie, pozostali — 600 g (później jednak przyznano wszystkim wyższą rację). Tak niepoprawny teoretyk jak P. S. Aleksandrow zwracał na siebie specjalną uwagę i wtedy życzliwi mu ludzie zaproponowali, by zaczął bywać na jakimkolwiek seminarium z zastosowań, tylko bywać. Aleksandrow jednak odmówił, lecz po pewnym czasie nastroje uległy złagodzeniu i przykrości minęły.

1 października 1942 r. Aleksandrow wrócił do Moskwy. Chociaż uniwersytet moskiewski był ewakuowany, najpierw do Aszchabadu, a od 1943 r. do Swierdłowska, to jednak część profesury została, a że było także trochę chętnej młodzieży (dziewcząt i niezdolnych do służby wojskowej chłopców) — rozpoczęto wykłady. Zimę 1943 r. Aleksandrow i Kołmogorow spędzili w swoim domu w Komarowce, jeżdżąc do Moskwy jedynie na 2–3 dni w tygodniu. W czasie owych krótkich wizyt stołowali się w Domu Uczonych, gdzie obiady były bardzo dobre, ale zróżnicowane według rangi, np. na zakąskę członkowie rzeczywiści Akademii otrzymywali kiełbasę krakowską, a członkowie korespondenci — połtawską.

Wśród wojennych gości Komarowki bywał Jura, czyli Jurij Michajłowicz Smirnow, który studia (z astronomii) rozpoczął jeszcze przed wojną, ale z chwilą jej wybuchu został zmobilizowany, a że był znanym radioamatorem, więc w charakterze radiotelegrafisty skierowano go najpierw do Floty Północnej, potem pod Stalingrad, potem do Moskwy, stąd na łuk kurski i znów do Moskwy. W czasie swoich pobytów w Moskwie Smirnow znajdował czas na zajmowanie się matematyką, ujawniając swoje wielkie

zdolności i na tym polu. Podobnie jak Miszczenkę, który okazał się znakomitym oficerem liniowym, także i Smirnowa chciano po wojnie zatrzymać w wojsku na stałe, ale — choć nie bez trudu — udało się ich obu zdemobilizować.

Pierwsze lata po wojnie były bardzo trudne. Ogromne wojenne zniszczenia, a przede wszystkim straszliwe straty biologiczne sprawiły, że główny wysiłek musiał być skierowany na odbudowę oraz wychowanie następców tych, którzy nie wrócili. Aleksandrow, który przekroczył już pięćdziesiątkę, pracy naukowej nie porzucił, ale z coraz większym zaangażowaniem zwracał się w owym czasie ku nauczaniu, dużo wykładając i pisząc podręczniki akademickie, a także skupiając wokół siebie entuzjastów topologii, spośród których dobierał swoich uczniów. Chciał być dla nich mistrzem w starym, dobrym stylu, kształtować nie tylko ich umysły, ale także wolę i serce, uczyć nie tylko matematyki, ale także wrażliwości na muzykę i literaturę, na całe piękno świata i bogactwo ludzkiego ducha. Stosunek nauczyciela do ucznia jest — jak lubił mawiać — asymetryczny i kiedy powstanie, nic go już nie może rozwiązać, podobnie jak stosunku ojciec–syn. I zgodnie z tym był dla swoich uczniów bliski jak ojciec, ale także jak ojciec — surowy i wymagający. A wymagał wiele, przede wszystkim zaś stałego kontaktu i poświęcenia się matematyce. Musiał też ich mieć zawsze przy sobie, nie tylko w instytucie i nie tylko w domu, w mieszkaniu moskiewskim czy w komarowkowskiej daczy, ale także na letnich wyprawach nad wodę czy zimowych na nartach. Mimo tych wymagań, uczniów miał zawsze licznych, w tym wielu znakomitych i z charakterem. Do najwybitniejszych należą: A. N. Tichonow, L. S. Pontriagin, Yu. M. Smirnow, E. F. Miszczenko, W. I. Ponomariow, A. W. Archangielski, B. A. Pasynkow, W. I. Zajcew. Uczniowie ci odpłacali mu tą samą miłością, jaką on ich darzył.

W 1969 r. w Tyraspolu nad Dniestrem, gdzie odbywało się sympozjum z topologii i jej zastosowań, w czasie kąpieli w rzece Aleksandrow został najechany przez motorówkę i ciężko poraniony. Do szpitala w Kiszyniowie odwieźli go wówczas A. A. Malcew i W. I. Zajcew, i ten drugi pozostał tam przez cały miesiąc, całymi dniami towarzysząc choremu. Na krótsze pobyty przyjeżdżali też wówczas z Moskwy i inni jego uczniowie.

Przez seminarium P. S. Aleksandrowa przewinęło się także, z wielką korzyścią dla siebie, wielu polskich topologów, a m.in. K. Alster, R. Duda, R. Engelking, A. Lelek, J. Mioduszewski, T. Przymusiński.

Jak Aleksandrow sam przyznawał, przeczytał on w swoim życiu mało książek i prac matematycznych (z okresu młodości wymienił książkę Baire'a o funkcjach, memoriały Cantora z teorii mnogości i memoriał Lebesgue'a). Niewątpliwie jest w takim wyznaniu trochę kokieterii, niemniej jest to także ciekawy rys psychologiczny, powtarzający się zresztą i u innych wybitnych matematyków (por. wyznanie E. C. Zeemana,

Wiadom. Mat. 24 (1982), str. 40). Braku oczytania matematycznego nie odczuwał, zachował natomiast odwagę śmiałego podejmowania problemów, a także świeżość i oryginalność myśli w tym wszystkim, co robił. I to mu wystarczało.

Dorobek naukowy P. S. Aleksandrowa imponuje ciężarem gatunkowym i objętością, składa się nań bowiem — nie licząc drobiazgów — ponad 20 książek dużych i małych, niemal 150 prac naukowych oraz ponad 60 innych artykułów. On sam wyróżnił w swoim życiu sześć najbardziej twórczych okresów: 1. Lato 1915 (moc zbiorów borelowskich i operacja $\mathcal{A}$), 2. Maj 1922–sierpień 1924 (główne prace z topologii ogólnej), 3. Sierpień 1925–wiosna 1928 (pojęcie nerwu i podstawy homologicznej teorii wymiaru), 4. Pierwsze półrocze 1930 (homologiczna teoria wymiaru), 5. Styczeń–maj 1942 (homologiczne własności leżenia kompleksów i zbiorów domkniętych), 6. Zima 1946/47 (dalsze twierdzenia o dualności).

Przedstawienie i ocena dorobku naukowego Aleksandrowa wymyka się ramom tego artykułu, ograniczmy się więc tylko do paru ogólnych i osobistych impresji. W latach dwudziestych i trzydziestych był on jedną z tych czołowych postaci topologii, które swoimi ideami i pracami wywierały wielki wpływ na jej rozwój. Przyczynił się do triumfu metod mnogościowych i wyłonienia topologii ogólnej, natomiast jego program algebraizacji topologii nie rozwinął się w kierunku przezeń wskazanym, choć w znacznym stopniu oparł się na jego pojęciu nerwu. Jego ulubiona i poniekąd programowa praca [2] i jego wspólna książka z Hopfem [13] nie zyskały takiego znaczenia i wpływu, na jakie liczył. Miał szczególny styl: zawsze nadzwyczaj precyzyjny, ale jednocześnie i barwny, nie szczędzący słów i nie unikający dygresji, dzięki czemu jego prace i książki miały zwykle sporą objętość. Jego homologiczna teoria wymiaru, którą stworzył i rozwinął, poza Związkiem Radzieckim nie jest już dziś właściwie uprawiana. Po wojnie natomiast dała o sobie znać długotrwała izolacja moskiewskiej szkoły topologicznej, która — choć nadal wybitna — nie wywierała już takiego wpływu jak przed wojną. Aleksandrow zresztą świadomie ostatnie dziesiątki lat swego życia poświęcił pracy pedagogicznej i uczniom, których zawsze kochał miłością bezmierną i odwzajemnioną.

Jak wspomniałem, zawsze uważał się za Rosjanina i był rosyjskim patriotą w najlepszym sensie tych słów: kochał rosyjską kulturę, bezmiar rosyjskich przestrzeni, rosyjski naród i służył mu jak mógł, ale jednocześnie był szeroko otwarty na kulturę zachodnią, w której kręgu czuł się równie swobodnie jak u siebie w domu. Bliskie związki łączyły go też z Polską. Chętnie drukował swoje prace w polskich czasopismach, przyjaźnił się z wieloma polskimi matematykami, wiele razy w Polsce bywał. Był członkiem zagranicznym PAN i członkiem honorowym PTM.

Zmarł w Moskwie 16 listopada 1982 r.

Bibliografia

[1] P. S. Aleksandrow, *Simpliziale Approximationen in der allgemeinen Topologie*, Math. Ann. 96 (1926), str. 489–511; przekład rosyjski: [10], str. 119–146.

[2] —, *Untersuchungen über Gestalt und Lage abgeschlossener Mengen beliebiger Dimension*, Ann. of Math. 30 (1928), str. 101–187; przekład rosyjski: [12], str. 68–176.

[3] —, *Dimensionstheorie. Ein Beitrag zur Geometrie der abgeschlossenen Mengen*, Math. Ann. 106 (1932), str. 161–238; przekład rosyjski: [11], str. 60–154.

[4] —, *Obszczaja teoria gomołogij*, Uczonyje zapiski MGU 45 (1940), str. 1–60.

[5] —, *O pewnych przejawach współpracy polskiej i radzieckiej szkoły matematycznej w dziedzinie topologii i teorii mnogości*, Wiadom. Mat. 6 (1963), str. 175–180.

[6] —, *List do prof. K. Kuratowskiego*, ibidem 12 (1969), str. 59–61.

[7] — (i O. A. Olejnik), *Pamjati Richarda Couranta*, Usp. Mat. Nauk 30 (1975), wyp. 4 (184), str. 205–226.

[8] —, *Heinz Hopf zum Gedenken. Einige Erinnerungen an Heinz Hopf*, Jahresber. Deutsch. Math. Verein. 78 (1977), str. 113–125; przekład rosyjski (autorski): Usp. Mat. Nauk 32 (1977), wyp. 3 (195), str. 203–208; przedruk: [11], str. 402–413.

[9] —, *Matiematiczeskaja żizń w SSSR. Stranicy awtobiografii*, Usp. Mat. Nauk 34 (1979), wyp. 6 (210), str. 219–249 oraz 35 (1980), wyp. 3 (213), str. 241–278.

[10] —, *Izbrannyje trudy, Tieoria funkcji diejstwitielnogo pieremiennogo i tieoria topologiczeskich prostranstw*, Moskwa 1978.

[11] —, *Izbrannyje trudy, Tieoria razmiernosti, Statji obszczego charaktiera*, Moskwa 1978.

[12] —, *Izbrannyje trudy, Tieoria gomołogij*, Moskwa 1979.

[13] P. Alexandroff und H. Hopf, *Topologie I*, Berlin 1935.

[14] A. V. Archangielskij, A. N. Kołmogorow, A. A. Malcew, i O. A. Olejnik, *K wosmidiesiatiletju so dnia rożdienjà*, Usp. Mat. Nauk 31 (1975), wyp. 5 (191), str. 3–15.

[15] R. Engelking, *Paweł Siergiejewicz Aleksandrow*, Wiadom. Mat. 20 (1978), str. 174–177.

[16] K. Kuratowski, *Pięćdziesiąt tomów „Fundamenta Mathematicae"*, ibidem 7 (1963), str. 9–17.

[17] A. Schinzel, *Wacław Sierpiński*, w serii: Współczesne życiorysy Polaków, Iskry, Warszawa 1976.

[18] Yu. M. Smirnow, *Paweł Siergiejewicz Aleksandrow*, w książce: [10], str. 7–34.