ROCZNIKI POLSKIEGO TOWARZYSTWA MATEMATYCZNEGO
Seria II: WIADOMOŚCI MATEMATYCZNE XXXVI (2000)

Władysław Narkiewicz (Wrocław)
Witold Więsław (Wrocław)

Zenon Borewicz (1922–1995)

1. Rys biograficzny. W rodzinie Zenona Borewicza było troje dzieci: Zenon był najstarszy i miał jeszcze siostrę i brata, który wstąpił do II Armii Wojska Polskiego i zginął w Niemczech w maju 1945 roku. Zamieszkiwali w Susłach, w rejonie Nowogrodu Wołyńskiego, znanego w przeszłości jako Zwiahel. W 1933 roku ukończył tam polskojęzyczną szkołę podstawową. W tym samym roku, w ramach czystek etnicznych (stukilometrowy pas wzdłuż przedwojennej granicy ZSRR z Polską miał być oczyszczony z Polaków), rodzina zmuszona była opuścić rodzinne strony i wyjechać do Krzywego Rogu. Wspominał po latach, że w okresie głodu na Ukrainie widział w rowach zamordowanych ludzi, ograbionych ze zdobytego chleba. Rok później, mając do wyboru Kazachstan albo Kaukaz, rodzina Borewiczów wyjechała na Kaukaz i osiedliła się w Nalczyku, w Krzywym Rogu bowiem nie było pracy dla głowy rodziny. Jako Polak, Zenon Borewicz nie został zmobilizowany w 1941 roku. Zmobilizowano go jednak w 1942 roku i przekazano na 102 budowę Narodowego Komisariatu Dróg Komunikacyjnych (Sto Wtoroj Narodnyj Kommisariat Putiej Soobszczenija – NKPS). Pracował także w Kolpino, w Obwodzie Leningradzkim. Ilekroć po latach przejeżdżał pociągiem z Leningradu do Moskwy, mówił żonie: *tutaj włożona jest i moja praca.* W 1944 roku dowiedział się przypadkowo, ze znalezionego na torach strzępu gazety, że studenci mogą się wyreklamować z wojska, co też i uczynił. W czasie studiów w 1946 roku ożenił się z Klaudią Pietrowną, miał z nią czworo dzieci, ale młodszy syn utonął w dzieciństwie. Zenon Borewicz pozostał w Petersburgu aż do nagłej śmierci w dniu 26 lutego 1995 roku.

Kilka lat przed śmiercią powiedział żonie, że jest katolikiem i że pragnie mieć katolicki pochówek. Pochowany został na cmentarzu prawosławnym, niedaleko miejsca swojego zamieszkania na placu Czerwonogwardzistów (Krasnogwardiejskaja Płoszczad'). Spoczywa w wydzielonej kwaterze obok przedwcześnie zmarłego syna. Krzyż na jego grobie jest tam bodaj jedynym krzyżem katolickim.

A oto tłumaczenie autobiografii Zenona Borewicza.

Autobiografia

Ja, Zenon Borewicz, urodziłem się 7-go listropada 1922 roku w Susłach, rejon Nowogród Wołyński, obwód Żytomierz. Ojciec zajmował się gospodarstwem rolnym do 1930 roku, potem pracował jako stolarz. W 1933 roku ukończyłem polskojęzyczną szkołę podstawową w Nowogrodzie Wołyńskim. W tymże 1933 roku rodzina wyjechała do Krzywego Rogu, a w 1934 do Nalczyka. W Nalczyku moi rodzice żyją do dziś. W 1939 roku ukończyłem szkołę średnią nr 1 w Nalczyku; w tymże roku wstąpiłem na pierwszy rok Uniwersytetu Państwowego w Leningradzie. W lutym 1942 ewaukowałem się wraz z uniwersytetem do Saratowa, gdzie w czerwcu 1942 zostałem zmobilizowany i przekazany na 102 budowę NKPS. Przebywając na tej budowie, pracowałem w różnych miejscach do 15 września 1944. W 1944 powróciłem do Leningradu i od 15 września ponownie zostałem studentem III roku uniwersytetu. W 1947 roku ukończyłem uniwersytet w zakresie algebry wyższej, otrzymując dyplom z wyróżnieniem.

4 lipca 1947 *Z. Borewicz*

2. Działalność naukowa i organizacyjna. Zenon Borewicz był jednym z najwybitniejszych uczniów Dymitra Konstantynowicza Faddiejewa. Całą swą działalność zawodową związał z Uniwersytetem Leningradzkim, gdzie przez niemal trzydzieści lat (1963–1992) kierował Katedrą Algebry Wyższej i Teorii Liczb. W tym okresie Katedra stała się silnym ośrodkiem światowej algebry, o czym świadczą takie związane z nią nazwiska, jak D. K. Faddiejew, A. W. Jakowlew, A. I. Skopin, A. A. Suslin, N. A. Wawiłow, B. B. Wenkow, S. W. Wostokow i inni. Staż na Uniwersytecie Leningradzkim odbywali tacy znani matematycy, jak Helmut Koch z Berlina.

Na Wydziale Matematyczno-Mechanicznym pełnił najpierw funkcję prodziekana, a potem dziekana (1973–1983). Nie były to lata łatwe: najpierw Wydział rozpadł się na dwa wydziały, a potem nastąpiła przeprowadzka do Peterhofu (Pietrodworiec). Dziekan Borewicz potrafił w każdej sytuacji bronić interesów Wydziału.

Profesor był członkiem wielu ciał kolegialnych, komitetów, komisji itp. Pod jego redakcją ukazało się wiele tomów *Naucznych Zapiskow Seminarow ŁOMI* oraz inne publikacje. Opublikował ponad sto prac naukowych. Przeprowadził 30 przewodów doktorskich (na stopień *kandydata nauk*), opiekował się czterema habilitacjami (stopień *doktora nauk*). Słynął z pracowitości i solidności. Poświęcał wiele godzin swoim uczniom i współpracownikom, systematycznie się z nimi spotykając, w tym także u siebie w domu.

Dzisiaj jego uczniowie i współpracownicy rozproszeni są po całym świecie.

Zenon Borewicz był namiętnym piechurem. Miał oficjalny tytuł (*mastier turizma*) pieszej turystyki wysokogórskiej. Przeszedł większość masywów górskich w Związku Radzieckim, ale szczególnie upodobał sobie Kaukaz.

Był świetnym kompanem i duszą spotkań towarzyskich. Systematycznie spotykał się z byłymi studentami, interesując się ich życiem i pracą. Był niezwykle życzliwy ludziom.

3. Polskie kontakty. Kontakty te miały dwojaki charakter: sentymentalny, bo czuł się, był Polakiem, co stale podkreślał, oraz zawodowy – kontakty z polską nauką i polskimi matematykami.

Bo niewątpliwie był matematykiem rosyjskim. Mimo, że uczęszczał do szkoły podstawowej z polskim językiem nauczania, to z biegiem lat, wskutek braku kontaktu z tym językiem i represjami za posługiwanie się nim, przestał mówić po polsku. Ale kiedy pod koniec lat sześćdziesiątych było już nieco więcej swobody w ZSRR, ponownie zaczął uczyć się języka polskiego. Prenumerował *Politykę* i *Przekrój*, choć było to bardzo kosztowne. Zaczął jednak od zbierania polskich znaczków i pasja ta trwała do ostatnich chwil jego życia. Początkowo dzięki znaczkom poznawał podstawowe fakty z naszej historii. Później wiele czytał na ten temat. Polskę odwiedził w ciągu ostatnich dwudziestu lat życia co najmniej siedem razy (we Wrocławiu był pięć razy).

Kontakty naukowe Zenona Borewicza z polskimi matematykami owocowały jego recenzjami prac doktorskich i habilitacyjnych w Polsce. Były też odwzajemniane, np. prawie wszyscy algebraicy z Wrocławia byli w Leningradzie.

Każdy pobyt profesora Borewicza w kraju związany był z jakimś akcentem z historii Polski. Gdy gościł u kolegów z Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach, zwiedzał Wawel i Kraków. W czasie pobytu na Centrum Banacha zamówił sobie wycieczkę na pola Grunwaldu.

W czasie jego wizyt we Wrocławiu też wspólnie wiele zwiedzaliśmy, np. w czerwcu 1977 odbyliśmy wspólnie z profesorem (Edward Dobrowolski i Witold Więsław) wycieczkę na Ślężę. Mogliśmy się wtedy przekonać o kondycji i zdolnościach mistrza pieszej turystyki górskiej. Marzeniem profesora była wizyta w kolebce polskości, tj. w Gnieźnie. Spędziliśmy tam we dwóch (Z. Borewicz i W. Więsław) dzień 15 listopada 1988 roku. Chcąc mu jakoś wypełnić kilkugodzinną podróż z Wrocławia do Gniezna, wręczyłem mu nowo wydany *Poczet Królów Polskich* Jana Matejki. Ucieszył się bardzo. Przeglądnął go uważnie, a po chwili wskazał mi błędy – przestawione daty i podobizny królów. W katedrze gnieźnieńskiej spędziliśmy ze dwie godziny. Z ogromnym wzruszeniem obszedł kilka razy wnętrze katedry, czytając uważnie napisy, chłonąc wszystko, co widział. Podobnie było w muzeum katedralnym. Po wyjściu z katedry, jakby się tłumacząc, powiedział: *Muszę to wszystko dobrze zapamiętać. Jestem tu po raz pierwszy i ostatni.*

Przejeżdżając przez Gąsawę obok pomnika Leszka Białego, w drodze do Biskupina, opowiedział, jak zginął Leszek, zamordowany w łaźni w Gąsawie.

Także w czasie innych wycieczek, np. do Legnicy czy też Legnickiego Pola, na miejsce bitwy z Tatarami w 1241 roku, można było przekonać się o jego doskonałej znajomości historii Polski.

Ostatnia wizyta Zenona Borewicza we Wrocławiu była krótka: wstąpił do Wrocławia w dniach 25–28 września 1994 roku, będąc w drodze z Katowic do Petersburga, po jakimś doktoracie na Śląsku. Pojechaliśmy wtedy (Z. Borewicz i W. Więsław) do Lubiąża, aby zwiedzić kompleks obiektów pocysterskich, a właściwie to, co z niego pozostało. Mimo zamknięcia obiektu, udało się nam zwiedzić wnętrze kościoła, w którym Armia Czerwona trzymała po wojnie konie. Profesor czuł się już nie najlepiej. Ciągle zasypiał. Dawała mu się we znaki cukrzyca, którą ignorował, mimo, że miał żonę lekarkę. Kiedy 28 września żegnaliśmy się pięknym jesiennym popołudniem w pociągu odjeżdżającym do Warszawy, skąd w nocy miał połączenie do Petersburga, nie podejrzewałem, że widzimy się po raz ostatni.

4. Twórczość naukowa. Można ją podzielić na kilka etapów i grup tematycznych.

A. W pierwszym okresie swej twórczości profesor Borewicz, współpracując ze swoim nauczycielem D. K. Faddiejewem, zajmował się zagadnieniami algebry homologicznej, której podstawy zostały zbudowane przez S. Eilenberga, S. MacLane'a i niezależnie przez Faddiejewa. Jak piszą we wspomnieniu pośmiertnym uczniowie Borewicza, duża praca Borewicza i Faddiejewa na te tematy służyła za podręcznik tej teorii dla algebraików rosyjskich. Ceniona jest też ich praca [6] z 1965 roku o reprezentacjach ordynków z cyklicznym indeksem, którą poprzedziło zajmowanie się przypadkiem ordynków w ciałach kwadratowych.

B. Wiele miejsca w działalności profesora Borewicza zajmowało badanie zagadnień arytmetyki w ciałach p-adycznych i ich skończonych rozszerzeniach. Przypomnimy podstawowe pojęcia teorii takich ciał, a następnie opiszemy krótko dwa główne osiągnięcia prof. Borewicza w tej dziedzinie.

Ciało p-adyczne (p jest liczbą pierwszą) najprościej definiuje się jako uzupełnienie ciała liczb wymiernych w metryce zadanej wzorem

$$d_p(x, y) = v_p(x - y),$$

gdzie $v_p(t)$ dla niezerowej liczby wymiernej t określa się jako wykładnik, z jakim liczba p wchodzi w kanoniczne przedstawienie liczby t:

$$t = \prod_{q \in P} q^{v_q(t)},$$

przy czym P oznacza zbiór wszystkich liczb pierwszych. Definicja ta jest w pełni analogiczna do definicji ciała liczb rzeczywistych jako uzupełnienia ciała liczb wymiernych w zwykłej metryce $|x - y|$.

W ciele Q_p wyróżnia się *liczby całkowite*, których zbiór Z_p definiuje się jako domknięcie zbioru Z liczb całkowitych. Nietrudno pokazać, że każda całkowita liczba p-adyczna zapisuje się w postaci εp^n, przy czym n jest nieujemną liczbą całkowitą, a ε jest *jednostką*, tj. elementem odwracalnym pierścienia Z_p. Wynika stąd m.in., że Z_p jest pierścieniem z jednoznacznością rozkładu, a liczba p jedynym, z dokładnością do elementu odwracalnego, elementem nierozkładalnym w tym pierścieniu.

Następnym krokiem jest rozważanie skończonych rozszerzeń K/Q_p ciał p-adycznych, które nazywamy *ciałami P-adycznymi.* Integralne domknięcie Z_K pierścienia Z_p w takim ciele nazywa się *pierścieniem liczb całkowitych ciała* K i nietrudno pokazać, że podobnie jak w Z_p, istnieje taki element $\pi = \pi_K$ (zwany *elementem uniformizującym ciała* K), że każda liczba całkowita w Z_K da się zapisać w postaci $\varepsilon\pi^n$ z całkowitym $n \geqslant 0$ i odwracalnym ε, a π jest wyznaczony z dokładnością do stowarzyszenia. Zbiór wszystkich elementów odwracalnych pierścienia Z_K tworzy *grupę jednostek*, którą oznaczamy przez $U(K)$. W szczególności liczba p da się tak przedstawić, a więc mamy

$$p = a\pi^e,$$

z pewnym odwracalnym a. Wykładnik e nie zależy od wyboru π i nazywa się *indeksem rozgałęzienia* rozszerzenia K/Q_p. Podobnie definiujemy *indeks rozgałęzienia* $e(L/K)$ dla dowolnego skończonego rozszerzenia L ciała P-adycznego K: jeśli $Q_p \subset K \subset L$, a π_K, π_L są elementami uniformizującymi ciał K i L, to

$$\pi_K = \varepsilon\pi_L^{e(L/K)}$$

z odpowiednim elementem odwracalnym $\varepsilon \in Z_L$. Jeśli $e(L/K)$ dzieli się przez p, to mówimy, że *rozszerzenie* L/K jest *dzikie*; w przeciwnym wypadku mówimy o *rozszerzeniu łagodnym.*

C. W pierwszej swej pracy na tematy p-adyczne [1] prof. Borewicz zajął się tymi rozszerzeniami L/K danego ciała P-adycznego K, dla których indeks rozgałęzienia $e(L/K)$ jest potęgą liczby p i opisał grupę Galois (nad K) ciała $\Omega_1(K)$, powstałego przez złożenie wszystkich takich rozszerzeń. Chociaż rozszerzenie $\Omega_1(K)/K$ jest nieskończone, jego grupę Galois $\mathrm{Gal}(\Omega_1(K)/K)$ definiuje się w taki sam sposób jak dla rozszerzeń skończonych, tj. jako grupę tych automorfizmów $\Omega_1(K)/K$, które nie ruszają elementów K. W grupie tej wprowadza się tzw. *topologię Krulla*, przyjmując za bazę otoczeń identyczności rodzinę $\mathrm{Gal}(\Omega_1/M)$, gdzie M przebiega wszystkie skończone rozszerzenia ciała K zawarte w Ω_1. Konstrukcja taka funkcjonuje dla wszystkich rozszerzeń nieskończonych dowolnego ciała K, które są *normalne*, tzn. wraz z każdym elementem zawierają także wszystkie elementy sprzężone z nim nad K, czyli będące pierwiastkami tego samego wielomianu nieprzywiedlnego nad K. Wynik uzyskany przez Borewicza opisuje grupę $\mathrm{Gal}(\Omega_1(K)/K)$ (przy założeniu, że K nie zawiera p-tych pierwotnych pierwiastków z jedności) jako uzupełnienie wolnej grupy topologicznej o $[K : Q_p]+1$ generatorach w pewnej jawnie zdefiniowanej topologii. Stosuje przy tym metodę I. R. Szafarewicza [13], który uprzednio w podobny sposób opisał grupę Galois rozszerzenia powstałego przez złożenie wszystkich normalnych p-rozszerzeń ciała K, przy tym samym założeniu o pierwiastkach z jedności. W tym wypadku grupa Galois jest wolną grupą topologiczną o $[K : Q_p]+1$ generatorach. Przypadek, gdy K zawiera p-te pierwiastki z jedności, okazał się bardziej skomplikowany. Tutaj, jak pokazał Y. Kawada [10], grupa Galois jest izomorficzna z grupą topologiczną o $[K : Q_p] + 2$ generatorach i jedną relacją podstawową. Wszystkie te rezultaty zostały następnie pochłonięte przez wynik H. Kocha [11] opisujący strukturę grup Galois dużej klasy nieskończonych rozszerzeń ciał P-adycznych.

Tematyka znacznej części prac prof. Borewicza dotyczyła rozszerzeń ciał P-adycznych, a najważniejsze jego rezultaty wiążą się z problemem, jak zachowuje się grupa jednostek $U(L)$ w normalnym rozszerzeniu L/K takich ciał pod działaniem grupy Galois. Nietrudno pokazać, że problem ten sprowadza się do pytania o strukturę grupy $U_1(L)$ tzw. *jednostek głównych* (tj. jednostek przystających do jedności modulo π_L) jako modułu nad pierścieniem grupowym $Z_K[G]$ grupy Galois G. W szczególności pojawia się pytanie, kiedy $U_1(L)$ jest wolnym $Z_K[G]$-modułem. Już w 1939 roku M. Krasner [12] udowodnił, że jest tak w przypadku, gdy stopień rozszerzenia L/K nie dzieli się przez p, a ciało K zawiera Q_p i to samo zachodzi w przypadku, gdy L/K jest *łagodnie rozgałęzione* i L nie zawiera p-tego pierwotnego pierwiastka ζ_p z jedności. Nieco później D. Gilbarg [9] pokazał, że w przypadku, gdy $\zeta_p \notin L$, warunek podany przez Krasnera jest warunkiem koniecznym na to, by $U_1(L)$ był wolnym modułem. Wielu matematyków badało później strukturę $U_1(L)$ w przypadku $\zeta_p \in L$, a ostateczne rozstrzygnięcie przyniosła praca Borewicza i Skopina [7]. Otrzymany wynik jest dość skomplikowany. W najprostszym przypadku, gdy $p \neq 2$, a rozszerzenie L/K jest łagodnie rozgałęzione, warunkiem koniecznym i dostatecznym na to, by $U_1(L)$ było wolnym $Z_K[G]$-modułem, jest niepodzielność przez p stopnia rozszerzenia M/K, gdzie $M = K(\zeta_{p^s})$, przy czym $\zeta_{p^s} \in L$, a s jest maksymalne.

D. W 1964 r. pojawiła się książka Z. I. Borewicza i I. R. Szafarewicza *Teoria liczb* [8], która wkrótce doczekała się trzech wydań oraz przekładów na wiele języków, w tym na niemiecki, angielski i francuski. Jest to doskonałe wprowadzenie w teorię skończonych rozszerzeń ciała liczb wymiernych oraz ciał p-adycznych. Autorzy zaczynają od prostych spostrzeżeń, dotyczących rozwiązywania kongruencji w pierścieniu liczb całkowitych wymiernych i niepostrzeżenie doprowadzają czytelnika do podstawowych pojęć tej teorii dowodząc wszystkich zasadniczych twierdzeń jej klasycznej postaci. Podają też jej zastosowania, głównie do rozwiązywania równań diofantycznych. Od ponad trzydziestu lat książka ta jest podstawowym podręcznikiem przedmiotu, używanym na całym świecie.

E. W późniejszym okresie swojego życia prof. Borewicz zajmował się różnymi aspektami teorii grup, w szczególności grup algebraicznych i pod jego kierunkiem powstał silny zespół matematyków zajmujący się tymi zagadnieniami. Szczególnie zainteresowała go struktura kraty $\Lambda_n(K)$, złożonej ze wszystkich podgrup grupy $GL_n(K)$ odwracalnych macierzy nad ciałem K, zawierających wszystkie macierze diagonalne. Okazało się, że jeśli ciała K i L zawierają przynajmniej siedem elementów, to kraty $\Lambda_n(K)$ i $\Lambda_n(L)$ są izomorficzne [2]. Dowód tego zaskakującego twierdzenia wykorzystuje nowe pojęcie *sieci ideałów*: Zbiór dwustronnych ideałów $I_{k,l}$ $(k, l = 1, 2, \ldots, n)$ pierścienia R nazywa się siecią ideałów, jeżeli zachodzi inkluzja $I_{k,l}I_{l,m} \subset I_{k,m}$. Pojęcia te okazały się przydatne także i w innych zagadnieniach teorii grup liniowych. Innym pojęciem, wprowadzonym przez prof. Borewicza [4], jest pojęcie *wachlarza grup*: jeśli G jest zadaną grupą, a D jej podgrupą, to rodzina $\boldsymbol{A}$ podgrup G, zawierających D, nazywa się *wachlarzem dla* D, jeżeli dla każdej grupy H, leżącej między D a G, znajdzie się dokładnie jedna grupa A z rodziny $\boldsymbol{A}$ taka, że H leży pomiędzy A a jej normalizatorem w G. Jeśli taka rodzina istnieje, to mówi się, że grupa D jest *podgrupą wachlarzową* grupy G.

O przydatności tych pojęć można się przekonać przeglądając kolejne algebraiczne zeszyty naukowe wydawane przez ŁOMI, gdzie znajdziemy wiele prac prof. Borewicza oraz jego uczniów i współpracowników. M.in. pojęcie wachlarza grup pozwala opisać pewne podkraty kraty wszystkich podgrup zadanej grupy.

F. Kilka prac poświęcił prof. Borewicz problemowi wyznaczania ilości $T(n)$ różnych topologii na zbiorze n-elementowym. Zasadnicza część jednej z nich [5] powstała we współpracy z Edwardem Dobrowolskim i Witoldem Więsławem w czasie wspólnej jazdy ślimaczącym się pociągiem z Wrocławia do Sobótki, wspinania się na szczyt Ślęży i powrotu do Wrocławia. W innej pracy [2] prof. Borewicz pokazał związek tego problemu z teorią grup liniowych. Udowodnił on mianowicie, że jeśli K jest ciałem nieskończonym, to grupa $GL_n(K)$ ma dokładnie $T(n)$ spójnych podgrup (w topologii Zariskiego), które zawierają wszystkie macierze diagonalne. Ponadto krata takich topologii jest izomorficzna z kratą wszystkich topologii na zbiorze n-elementowym.

Prace cytowane

[1] Z. I. B o r e w i c z, *O rasszirenijach bez prostowo wietwlenija regularnowo łokalnowo pola*, Westnik Ł.G.U. 11 (1956), nr. 19, 41–47.

[2] Z. I. Borewicz, *Opisanije podgrupp połnoj liniejnoj gruppy, sodierżaszczich gruppu diagonalnych matric*, Zapiski Nauczn. Sem. ŁOMI 64 (1976), 12–29.
[3] —, *O niekotorych podgruppach połnoj linijenoj gruppy*, ibidem 71 (1977), 42–46.
[4] —, *O raspołożenii podgrupp*, ibidem 94 (1979), 5–12.
[5] Z. I. Borewicz, W. Więsław, E. Dobrowolski, W. I. Rodionow, *Czisło pomieczonnych topołogij na diewjati toczkach*, ibidem 75 (1978), 35–42.
[6] Z. I. Borewicz, D. K. Faddiejew, *Priedstawlenije porjadkow s cikliczeskim ideksom*, Trudy Mat. Inst. im. Stiekłowa 80 (1965), 51–65.
[7] Z. I. Borewicz, A. I. Skopin, *Rasszirenija łokalnowo pola s normalnom bazisom dla gławnych jedinic*, ibidem 80 (1965), 45–50.
[8] Z. I. Borewicz, I. R. Szafarewicz, *Teorija cziseł*, Moskwa 1964.
[9] D. Gilbarg, *The structure of the group of p-adic 1-units*, Duke Math. J. 9 (1942), 262–271.
[10] Y. Kawada, *On the structure of the Galois group of some infinite extensions*, J. Fac. Sci. Tokyo 7 (1954), 1–18; 87–106.
[11] H. Koch, *Über galoissche Erweiterungen p-adischer Zahlkörper*, J. Reine Angew. Math. 209 (1962), 8–11.
[12] M. Krasner, *Sur la représentation exponentielle dans les corps relativement galoisiens de nombres p-adiques*, Acta Arith. 3 (1939), 133–173.
[13] I. R. Szafarewicz, *O p-rasszirenijach*, Mat. Sbornik 20 (1947), 351–363.