

---

Katedra i Zakład Chemii Ogólnej, Wydział Lekarski, Akademia Medyczna w Lublinie  
Kierownik: doc. dr Irena Krzeczowska

Stanisław SZCZEPANIAK

**Porównawcza ocena niektórych kationitów fenolosulfonowych,  
zagranicznych i krajowych**

**I. Badanie wytrzymałości mechanicznej, własności pęcznienia  
i zdolności wymiennej w warunkach dynamicznych**

**Сравнительная оценка некоторых сульфифеноловых катионитов за-  
рубежного и отечественного производства**

**Часть I. Исследование механической прочности, набухания и обмен-  
ной способности в динамических условиях**

**Comparative Assessment of some Foreign and Home-Made  
Phenolsulphonic Cation Exchange Resins**

**I. Investigations on Mechanical Resistance, Swelling  
and Exchange Capacity under Dynamic Conditions**

Szczególnie doniosłą rolę w biochemii odgrywają jonity. Są one nieodzownym elementem każdego, dobrze wyposażonego laboratorium klinicznego. Badacze klinicyści, ze względu na prostotę metody, bardzo często korzystają z żywic jonowymiennych. celem oczyszczenia materiału biologicznego od niepożądanych domieszek (4,9) lub stosują je do rozdziału substancji zawartych w płynach ustrojowych (10,11).

Dobry wymienniacz winien cechować się określonymi właściwościami fizykochemicznymi, do których w pierwszym rzędzie należy zaliczyć: a) odpowiedni stopień pęcznienia przy absolutnej nierozpuszczalności, b) dostateczną wytrzymałość mechaniczną, c) niewielką zawartość wilgoci, d) dużą zdolność wymienną, e) monofunkcyjność.

W niektórych przypadkach zastosowań jonitów, istotne znaczenie mają jeszcze także własności, jak odporność na działanie czynników chemicznych i temperatury.

Wymienione własności mają zasadniczy wpływ na kształtowanie się procesów wymiany między elektrolitem, a grupami jonogennymi wymienniacza. Tak np. duży stopień pęcznienia ułatwia przenikanie jonów z roztworu do

wnętrza siatki żywicy, co powoduje szybsze ustalenie się równowagi. Z drugiej strony nadmierne pęcznienie powoduje zmniejszenie wytrzymałości mechanicznej jonitu będące wynikiem rozluźnienia się wewnętrznej struktury żywicy w czasie procesu pęcznienia (13). Ziarno wymiennicza o niskiej wytrzymałości mechanicznej ulega stopniowemu kruszeniu w czasie wzajemnego ocierania się podczas pracy kolumny. W wyniku kruszenia się ziaren powstaje w złożu znaczna ilość pyłu, uniemożliwiająca przeciskanie się roztworu przez kolumnę. Jak z tego widać, dobry jonit winien cechować się optymalnym stosunkiem stopnia pęcznienia do wytrzymałości mechanicznej. Zarówno jedna, jak i druga własność jonitu w głównej mierze zależy od stopnia jego usieciowania, czyli od ilości wiązań poprzecznych w wewnętrznej strukturze. Im stopień usieciowania jest większy, tym zdolność do pęcznienia staje się mniejsza, a wytrzymałość mechaniczna większa (13).

Podstawową cechą jonitu świadczącą w dużym stopniu o jego przydatności do celów praktycznych jest tzw. zdolność wymienna. Określa się ją ilością mili-równoważników jonów, jaką może wymienić 1 g suchej żywicy, lub 1 ml postaci napęczniałej. Rozróżnia się zdolność wymienną całkowitą ( $Z_c$ ) i roboczą ( $Z_r$ ). Zdolnością wymienną całkowitą jest największa ilość miliwali jonów, jaką może zatrzymać 1 g jonitu. Zależy ona od rodzaju i ilości grup jonogennych, zawartych w wewnętrznej strukturze żywicy. Natomiast zdolność wymienna robocza może być różna dla tego samego jonitu. Jest ona bowiem zależna od takich czynników, jak stopień rozdrobnienia żywicy, stężenie soli w roztworze nanoszonym, szybkość jej przepływu przez złożę, pH roztworu i wielu innych. Określa się ją ilością miliwali jonów, zatrzymanych przez 1 g wymiennicza do chwili, zwanej przebicciem kolumny. Przebiccie kolumny jest punktem w procesie wymiany, w którym w wycieku zaczynają się pojawiać jony nanoszone na żywicę. Tak więc zdolność wymienna robocza musi również być zależna od stopnia czułości metody stosowanej do wykrycia jonów w eluacie. Jest ona zawsze niższa od zdolności wymiennej całkowitej i wynosi przeważnie 60 do 80%  $Z_c$  (13). W charakterystyce jonitu nie jest ona podawana.

Monofunkcyjność jonitu jest jego bardzo ważną zaletą. Znaczna domieszka grup słabokwasowych w kationitach sulfonowych wpływa niekorzystnie na proces wymiany, szczególnie gdy jest on prowadzony w środowisku silnie alkalicznym, ponieważ dysocjacja tych grup jest wtedy dość znaczna. Jonity takie wykazują duży stopień pęcznienia, co może być powodem silnej adsorpcji cząsteczek nanoszonych na dobrze rozwiniętą powierzchnię wymiennicza. Tak więc zorientowanie się co do procentowego udziału grup słabo dysocjujących w danym wymienniczu jest rzeczą doniosłej wagi.

Charakterystyka dostępnych kationitów, spotykana w literaturze monograficznej zawiera wyniki, różniące się między sobą dość znacznie. Tak np. zdolność wymienna Wofatytu P wg Samuelsona (15) i Kunina (8) wynosi 1,4 mval/g, a wg Rabka (13) i Blasiusa (2) 1,9 mval/g. Rozbieżność te są wynikiem braku ujednoczenia metod badawczych w tej dziedzinie. Jak z tego wynika nie zawsze można się oprzeć na danych z piśmiennictwa przy doborze żywicy dla obranego celu.

Własności niektórych żywic były przedmiotem szczegółowego badania wielu autorów. Rabek i wsp. (14) przeprowadzili badania nad syntezą anionitów. Błaszkowska i Dybczyński (3) zajmowali się charakterystyką anionitów silnie zasadowych. Wóycicki (20) studiował zmiany cieplne, zachodzące w procesie wymiany jonów na Escarbo.

O kationitach fenolosulfonowych stosunkowo dużo danych można znaleźć w pracach Polaka i Bortela (12). Autorzy ci interesowali się głównie doбором optymalnych warunków, w celu preparowania możliwie dobrych gatunków wymiennaczy.

Obszerne badania nad oceną własności jonowymiennych kationitów fenolosulfonowych, przez siebie produkowanych, przeprowadzili również Bauman (1) oraz Gregor i Bregmann (5). Ci ostatni oznaczali między innymi liczbę i rodzaj grup funkcyjnych w wytwarzanych we własnym zakresie jonitach. Gupta i współpracownicy (6) zajmowali się badaniem zdolności wymiennej żywic fenolosulfonowych w zależności od rodzaju dodawanej zasady, temperatury i czasu ogrzewania. Kressman i Kitchener (7) badali szczegółowo proces ustalania się równowagi między kationitem polifunkcyjnym, a jonami metali o różnej wartościowości. Topp i Pepper (19) interesowali się zależnością własności kationitów tego typu od ich wewnętrznej struktury. Sierocka i Witkiewicz (16) w przeprowadzonych badaniach nad charakterystyką kationitu MK-3, określili między innymi zdolność wymienną tej żywicy w różnych warunkach, oraz przeprowadzili potencjometryczne miareczkowanie.

W dostępnym piśmiennictwie nie spotkano się z próbą porównawczej oceny kationitów fenolosulfonowych, produkowanych przez różne firmy. W tych warunkach wydawało się rzeczą pożyteczną określenie najistotniejszych właściwości wymiennaczy tego typu, w tych samych warunkach doświadczalnych. Celem niniejszej pracy było również porównanie własności kationitów krajowych z niektórymi zagranicznymi z tej samej grupy.

## CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA

### Materiały, aparatura i metody

Przedmiotem badań było sześć kationitów syntetycznych fenolosulfonowych (Wofatyt P, Wofatyt F i Amberlit IR-100 wymiennicze zagraniczne; K-26 WL, MK-2, i MK-3 żywice krajowe) oraz dodatkowo jeden wymiennicz półsyntetyczny z grupy węgla sulfonowanych (Escarbo — produkcji polskiej).

Do rozdrabniania kationitów używano młyna laboratoryjnego bębnowo-kulowego produkcji Łódzkiej Fabryki Budowy Maszyn.

Izolowanie frakcji żywic o grubości ziaren 0,088-0,15 mm wykonano stosując przesiewanie na wstrząsarce mechanicznej F-my „Mechanika Precyzyjna” Warszawa, przy użyciu sit produkcji Zakładu Aparatów Naukowych Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie.

Zdolność wymienną kationitów w procesie wymiany dynamicznej oznaczono według metody własnej przy użyciu fotometru płomieniowego F-my C. Zeiss (Jena) Model III.

Dawkowanie cieczy na kolumny w procesie sorpcji, regeneracji i przemywania odbywało się automatycznie dzięki zastosowaniu urządzenia własnego pomysłu (19). Używano następujących odczynników:

- 1) 2n HCl i 4n HCl,
- 2) 0,1n NaOH i 0,5n NaOH F-my „Lachema” Praga,
- 3) 1n NaCl cz. d. a. Gliwice.

## BADANIA WŁASNE

## 1. Wstępna obróbka jonitów

Jonity handlowe zawsze zawierają pewną ilość zanieczyszczeń w postaci związków organicznych i nieorganicznych, a w szczególności jonów  $Fe^{+++}$ . Przed przystąpieniem do jakiegokolwiek pracy z jonitami, należy najpierw je oczyścić. Proces oczyszczania przeprowadzano stosując powszechnie znane sposoby postępowania: przemywania jonitu a) wodą, następnie b) 0,5 n NaOH i wreszcie c) 4 n HCl.

a) Przymywanie wodą destylowaną. Żywyce handlowe rozcierano w młynie laboratoryjnym, a następnie na mechanicznej wstrząsarce wyodrębniano frakcję o grubości ziaren 0,2—0,4 mm. Tak rozdrobnione jonity przenoszono do zlewek, gdzie dokonywano wymywania zanieczyszczeń za pomocą wody. Po intensywności barwy cieczy, znajdującej się nad wymiennicem można było sądzić o ilości zanieczyszczeń, wymywanych przez wodę, jak również o ilości drobnego pyłu, który nie podlegał sedymentacji. Kolor płynów nad poszczególnymi żywicami podaje tabela 1.

Tab. 1. Kolor płynów nad poszczególnymi kationitami w procesie ich oczyszczania za pomocą destylowanej wody  
Colour of liquids over the separate cation exchange resins during the process of their purification with distilled water

Kationity zagraniczne			Kationity krajowe		
L.p.	Nazwa	Barwa cieczy	L.p.	Nazwa	Barwa cieczy
1	Wofatyt P	bezbarwna	1	K-26 WL	żółto-brązowa
2	Wofatyt F	szara	2	MK-2	żółta
3	Amberlit IR-100	czerwono-brązowa	3	MK-3	jasno-żółta
			4	Escarbo	czarna

Stosunkowo bardziej klarowna ciecz znajdowała się nad kationitem Wofatyt P. Nad jonitami MK-3 i K-26 WL roztwór uzyskał lekkie zakwaszenie, pozostałe płyny były obojętne. Reakcje poszczególnych cieczy na jony  $Fe^{+++}$  dawały wynik ujemny. Cząstek drobnych, dających się zdekantować było znikomo mało za wyjątkiem Escarbo, gdzie dało się zauważyć dość dużo pyłu.

Przemywanie wodą i dekantowanie przeprowadzano aż do uzyskania roztworów obojętnych i zupełnie przejrzystych. Najszybciej dokonało się ono dla żywicy Wofatyt P (2-krotne przemywanie), następnie dla kationitów: MK-3, Amberlit IR-100, MK-2 i K-26 WL (4-krotne przemywanie), a żywice Wofatyt F i Escarbo potrzebowały aż 9-krotnego wymywania.

b) **Przemywanie 0,5 n NaOH.** Oczyszczone jonity za pomocą wody destylowanej zadawano w zlewkach 0,5 n NaOH. Zabarwienie płynów było różne: od jasnożółtego dla jonitów Wofatyt P, Wofatyt F, MK-2 i K-26 WL, poprzez czerwono-brunatny dla żywic Amberlit IR-100 i MK-2, do czarnobrazowej dla Escarbo. Kationów metali ciężkich w tych roztworach nie stwierdzono. Prawdopodobnie NaOH wypłukiwał z jonitów jakieś zanieczyszczenia natury organicznej. Przepłukiwanie roztworem zasady przeprowadzano aż do osiągnięcia płynu przezroczystego. Najdłużej zachodziło wymywanie dla kationitów Amberlit IR-100 i Escarbo (2 l. 0,5 n NaOH). Najmniej zasady użyto na oczyszczenie Wofatytu P (300 ml). Nadmiar zasady wymywano przepłukując jonity wodą destylowaną, aż do osiągnięcia roztworu obojętnego. Proces ten okazał się niezmiernie utrudniony. Prawdopodobnie było to wynikiem dość silnej adsorpcji cząsteczek NaOH na powierzchni jonitów. Wypłukanie zasady zachodziło najszybciej z Escarbo i Wofatyt P, a trwało najdłużej przy kationitach Wofatyt F, MK-2 i K-26 WL.

c) **Przemywanie 4 n HCl.** Do jonitów oczyszczonych 0,5 n NaOH dodawano 4 n HCl. Kolor roztworu nad żywicami stał się żółto-zielony. Za pomocą reakcji z  $\text{NH}_4\text{CNS}$  badano obecność jonów żelazowych. We wszystkich roztworach stwierdzono znaczne ilości jonów żelazowych, za wyjątkiem wymiennicza Amberlit IR-100, w którym widać było tylko ślady  $\text{Fe}^{+++}$ . Najwięcej żelaza zauważono w kationitach: Wofatyt F, MK-2 i MK-3. Przepłukiwanie kwasem przeprowadzano aż do ujemnego wyniku reakcji na jony  $\text{Fe}^{+++}$ . Wymywanie nadmiaru kwasu z jonitów za pomocą wody trwało krótko (2—3 godz.). W powyższy sposób oczyszczone jonity aklimatyzowano na powietrzu przez 7 dni.

## 2. Zawartość wilgoci

Odważono po 2 g jonitów, oczyszczonych w sposób podany wyżej i suszono do stałej wagi w temp. 105—110° C. Ubytek wagi poszczególnych kationitów, wyrażony w procentach, charakteryzował ich wilgotność. Uzyskane wyniki zestawiono w tabeli 2.

Tab. 2. Zawartość wilgoci w jonitach  
Moisture content in the ion exchange resins

Kationity zagraniczne			Kationity krajowe		
L. p.	Nazwa	% H <sub>2</sub> O	L. p.	Nazwa	% H <sub>2</sub> O
1	Wofatyt P	20,0	1	K-26 WL	21,2
2	Wofatyt F	26,1	2	MK-2	22,2
3	Amberlit IR-100	27,4	3	MK-3	20,4
			4	Escarbo	18,4

### 3. Odporność mechaniczna

Odporność mechaniczną badanych kationitów oznaczano według Tatura (18) z tym, że czas rozcierania skrócono do 30 minut. Do rozcierania brano po 10 g każdego wymiennicza o grubości ziaren 0,2—0,4 mm. W bębnach młyna kulowego znajdowało się po 15 kulek porcelanowych o łącznej masie 278,5 g. Wymiary bębna były następujące:  $\phi = 10$  cm i  $h = 13$  cm. Roztarte żywice przesiewano przez 10 minut na sicie 0,2 mm przy pomocy mechanicznej wstrząsarki z szybkością 140 wstrząsów na minutę. Stosunek masy wymiennicza pozostałego na sicie, do odważki rozcieranej, wyrażony w procentach, dał tzw. „pozorną nieścieralność”, która określała stopień trwałości mechanicznej danego kationitu. Otrzymane wyniki ilustruje tabela 3. Wyniki są średnimi z dwóch pomiarów.

Tab. 3. Wytrzymałość mechaniczna badanych kationitów  
Mechanical resistance of the studied cation exchange resins

Kationity zagraniczne			Kationity krajowe		
L.p.	Nazwa	Pozorna nieścieralność w % wag.	L.p.	Nazwa	Pozorna nieścieralność w % wag.
1	Wofatyt P	13,6	1	K-26 WL	74,5
2	Wofatyt F	28,3	2	MK-2	51,8
3	Amberlit IR-100	20,5	3	MK-3	28,5
			4	Escarbo	17,3

Dalsze badania własności jonitów przeprowadzano na żywicach o rozdrobnieniu 0,088—0,15 mm. Należało zbadać właściwości tych żywiczek w stanie rozdrobnienia, jaki stosuje się w chromatografii jonitowej.

#### 4. Ciężary nasypowe „przymuszone” i „nieprzymuszone”

Ciężary nasypowe „przymuszone” i „nieprzymuszone” oznaczano według Polaka i Bortela (12). Odważki po 20 g jonitów o wymiarach ziaren 0,088—0,15 mm przeniesiono do cylindrów miarowych na 100 ml z doszlifowanym korkiem. Cylindry obracano w rękach dokoła ich podłużnej osi i po ustawieniu pionowym na stole odczytywano objętości żywic. Dzieląc odważkę (20 g) przez objętość otrzymano ciężar nasypowy „nieprzymuszony”.

Celem wyznaczenia ciężarów nasypowych „przymuszonych” cylinder z żywicą potrząsano przez lekkie uderzenie jego dnem o brzeg stołu aż do zajęcia przez jonit stałej objętości. Otrzymane w ten sposób objętości „przymuszone” dały podstawę do obliczenia ciężarów nasypowych „przymuszonych”. Otrzymane wyniki podaje tabela 4.

Tab. 4. Ciężary nasypowe badanych kationitów  
Densities of the studied cation exchange resins

Kationity zagraniczne				Kationity krajowe			
Lp.	Nazwa	Ciężar nasypowy		Lp.	Nazwa	Ciężar nasypowy	
		nieprzymuszony	przymuszony			nieprzymuszony	przymuszony
1	Wofatyt P	0,59	0,70	1	K-26 WL	0,51	0,61
2	Wofatyt F	0,55	0,65	2	MK-2	0,56	0,66
3	Amberlit IR-100	0,61	0,74	3	MK-3	0,59	0,71
				4	Escarbo	0,57	0,66

#### 5. Współczynniki pęcznienia „nieprzymuszone” i „przymuszone”

Po wyznaczeniu ciężarów nasypowych do jonitów znajdujących się w cylindrach, dodano wody destylowanej w takiej ilości, by całość zajmowała objętość 80 ml. Cylindry ustawiono poziomo i pozostawiono na 24 godz. Następnego dnia zawartość cylindrów uzupełniono wodą do 100 ml i odczytano objętości „nieprzymuszone” żywic. Następnie przez potrząsanie, żywice ubito do stałego poziomu i odczytano objętości „przymuszone” napęczniałych jonitów. Przyrost objętości żywic napęczniałych wyrażony w % był miarą współczynników pęcznienia, które są podane w tabeli 5.

Tab. 5. Wykaz współczynników pęcznienia  
 Swelling coefficients

Kationity zagraniczne				Kationity krajowe			
Lp.	Nazwa	Współczynnik pęcznienia w %		Lp.	Nazwa	Współczynnik pęcznienia w %	
		nieprzymuszony	przymuszony			nieprzymuszony	przymuszony
1	Wofatyt P	14,70	17,65	1	K-26 WL	42,30	56,90
2	Wofatyt F	61,11	77,00	2	MK-2	55,00	66,66
3	Amberlit IR-100	18,00	29,63	3	MK-3	32,35	40,70
				4	Escarbo	21,43	23,33

## 6. Zdolność wymienna w warunkach dynamicznych

a) Zdolność wymienna grup —  $\text{SO}_3\text{H}$ . Zdolność wymienną kationitów w procesie wymiany dynamicznej oznaczono wg metody własnej, wykorzystując do tego celu fotometr płomieniowy. Szczegółowy opis metody zawarty jest w publikacji poprzedniej (17). Na kolumny z żywicami w formie wodorowej (20 g) nanoszono po 150 ml ca 1 n KCl lub NaCl. Po procesie sorbcji kolumny przemywano wodą destylowaną do momentu, gdy eluat powodował takie samo wychylenie galwanometru, jak i woda destylowana. Jonity regenerowano przez nanoszenie na kolumny po 200 ml 2 n HCl. Następnie żywice przemywano wodą, aż do uzyskania wycieku obojętnego. Dawkowanie cieczy na kolumny w procesie sorbcji, regeneracji i przemywania odbywało się automatycznie, dzięki zastosowaniu urządzenia własnego pomysłu, opisanego w poprzedniej pracy (17). Eluaty po regeneracji i przemywaniu zbierano ilościowo w kolbach miarowych na 500 ml, zawartość ich dopełniano do kreski wodą i ilości  $\text{K}^+$  lub  $\text{Na}^+$  oznaczano za pomocą fotometru płomieniowego. Oznaczenia zdolności wymiennych wykonano siedmiokrotnie. Wartości średnie z tych wyników zestawiono w tabeli 6. W pracy poprzedniej (17) wykazano całkowitą zgodność tych wyników z wynikami uzyskanymi za pomocą miareczkowania alkalimetrycznego i wersenianowego.

b) Zdolność wymienna wszystkich grup funkcyjnych. W celu oznaczenia zdolności wymiennej wszystkich grup, zawartych w jonitach, sorbcję jonów  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  lub  $\text{Ca}^{++}$  należało prowadzić w środowisku alkalicznym. W tym celu przez poszczególne żywice, znajdujące się w kolumnach, przepuszczano 0,1 n NaOH, aż do chwili, gdy stężenie



Tab. 6. Zdolność wymienna grup sulfonowych w procesie wymiany dynamicznej  
Exchange capacity of sulphonic groups during the process of dynamic exchange

Kationity zagraniczne			Kationity krajowe		
Lp.	Nazwa	Z — SO <sub>3</sub> H w mval/g	Lp.	Nazwa	Z — SO <sub>3</sub> H w mval/g
1	Wofatył P	1,32	1	K-26 WL	2,26
2	Wofatył F	2,63	2	MK-2	2,24
3	Amberlit IR-100	1,64	3	MK-3	1,47
			4	Escarbo	0,99

sodu w wycieku, równe było stężeniu tego pierwiastka w roztworze nanoszonym. Szybkość wyciekania eluatu z kolumny była wszędzie jednakowa (8—10 kropli na minutę). Ilość nanoszonego 0,1 n NaOH wynosiła 1000 ml. Dalszy tok postępowania był podobny do oznaczania zdolności wymiennej grup sulfonowych. Należy tylko zaznaczyć, że wymywanie nadmiaru NaOH trwało bardzo długo (kilkanaście dni), co świadczy o niezwykle silnej adsorpcji sodu na kationicie w środowisku alkalicznym. Wykonano trzy kolejne oznaczenia, z których wyniki średnie zawarte są w tabeli 7.

Tab. 7. Zdolność wymienna wszystkich grup funkcyjnych w procesie wymiany dynamicznej

Exchange capacity of all functional groups during the process of dynamic exchange

Kationity zagraniczne			Kationity krajowe		
Lp.	Nazwa	mval/g	Lp.	Nazwa	mval/g
1	Wofatył P	2,17	1	K-26 WL	2,56
2	Wofatył F	3,09	2	MK-2	2,45
3	Amberlit IR-100	2,24	3	MK-3	1,89
			4	Escarbo	1,97

#### OMÓWIENIE WYNIKÓW I WNIOSKI

Wstępna obróbka jonitów pozwoliła przekonać się, jak dużo zanieczyszczeń oraz drobnego pyłu zawierają handlowe produkty żywic. Proces oczyszczania wodą wykazał, że najwięcej pyłu posiadał węgiel

sulfonowany Escarbo, a z kationitów syntetycznych Amberlit IR-100. Te żywice posiadały również największą zawartość związków rozpuszczalnych w 0,5 n NaOH.

Przemywanie jonitów kwasem solnym wykazało, że najmniej jonów żelazowych zawierał kationit amerykański: Amberlit IR-100.

Najsłabszą odporność na rozcieranie okazał Wofatyt P, natomiast największą wytrzymałość mechaniczną dało się zauważyć u wymiennicza K-26 WL, produkcji Katedry Chemii Ogólnej A. M. w Poznaniu. Stosunkowo dobrą nieścieralność posiadał drugi kationit produkcji polskiej MK-2.

Oznaczenie współczynników pęcznienia pozwoliło zaobserwować, że najsilniej pęcznieje wymiennicz produkcji NRD Wofatyt F, natomiast najmniejszy współczynnik pęcznienia posiadał drugi kationit niemiecki Wofatyt P. Dwa kationity syntetyczne produkcji polskiej (K-26 WL i MK-2), pęczniały w niewiele mniejszym stopniu od Wofatytu F.

Zdolność wymienna przebadanych kationitów kształtowała się podobnie. Największą zdolność wymienną zarówno samych grup sulfonowych, jak i wszystkich grup czynnych wykazywał Wofatyt F. U najlepszych kationitów produkcji polskiej (K-26 WL i MK-2) obserwowano się tylko nieznacznie mniejszą zdolność wymienną.

Przegląd wyników z przeprowadzonych badań pozwalał zauważyć, że kationity syntetyczne produkcji polskiej, posiadały nie mniej cenne własności, jak i zagraniczne tego samego typu. Biorąc pod uwagę, że najlepsze kationity polskie posiadały znacznie większą wytrzymałość mechaniczną przy niewiele mniejszej zdolności wymiennej, można przypuszczać, że mogą one być bardziej przydatne w chromatografii jonitowej niż najlepszy z przebadanych wymienniczy zagranicznych. (Wofatyt F).

---

#### P I S M I E N N I C T W O

1. Bauman W. C.: Improved Synthetic Ion Exchange Resin. Ind. Eng. Chem. 38, 47—50, 1946.
2. Blasius E.: Chromatographische Methoden in der analytischen und präparativen anorganischen Chemie unter besonderer Berücksichtigung der Ionenaustauschern. 122, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart 1958.
3. Błaszowska Z., Dybczyński R.: Charakterystyka i ocena anionitów silnie zasadowych. Przem. Chem. 38, 168—175, 1959.
4. Gąsior E., Pietrusiewicz M., Kowalska H., Opieńska-Blauth J.: Zastosowanie węgla sulfonowanego Escarbo oraz syntetycznych żywic jonowymiennych do odsalania płynów biologicznych, Acta Biochim. Pol. 5, 333—341, 1958.

5. Gregor H. P., Bregmann J. I.: Characterization of Ion Exchange Resins. I. Acidity and Number of Constituent Cation Exchange Groups. *J. Am. Chem. Soc.*, **70**, 2370—2373, 1948.
6. Gupta S. L., Bose M., Mukherjee S. K.: Ion Exchange in Synthetic Resins. *J. Phys. Coll. Chem.* **54**, 1098—1109, 1950.
7. Kresman T. R. E., Kitchener J. A.: Cation Exchange with a Synthetic Phenolsulfonate Resin. I. Equilibria with Univalent Cations. *J. Chem. Soc.* 1190—1201, 1949.
8. Kunin R.: Ion Exchange. *Anal. Chem.* **21**, 87—96, 1949.
9. Marquardt J.: Verwendung von Ionenaustauschern zur Reinigung des Tryptophans. *Chem. Technik*, **7**, 161—163, 1955.
10. Moor S., Spackman D. H., Stein W. H.: Chromatography of Aminoacids on Sulfonated Polystyrene Resins. *Anal. Chem.* **30**, 1185—1190, 1958.
11. Müller R., Krampitz G.: Beiträge zur Aminosäurebestimmung im biologischen Material. II Mitteilung. Methodisches und Vorversuche zur Chromatographie von Aminosäuren auf Ionenaustauschersäulen. *Z. Tierernähr. und Futtermittelkunde* **11**, 44—53, 1956.
12. Polak T., Bortel E.: Wymieniacze fenolofomaldehydowe. *Przem. Chem.* **36**, 660—664, 1957; **37**, 651—657, 1958; **38**, 427—430, 1959, **39**, 446—448, 1960.
13. Rabek I. J.: Teoretyczne podstawy syntezy polielektrolitów i wymieniaczy jonowych, 23—27, PWN, Warszawa 1960.
14. Rabek I. J., Malczewski J., Turska A.: Syntetyczne wymieniacze jonowe. III. Synteza anionitu słabo zasadowego z m-fenyleneodwuaminy. *Przem. Chem.* **37**, 596—598, 1958.
15. Samuelson O.: Jonity w chemii analitycznej. 271, PWN, Warszawa 1958.
16. Sierocka M., Witkiewicz A.: Badania nad charakterystyką kationitu MK-3. *Przem. Chem.*, **40**, 336—339, 1961.
17. Szczepaniak St.: Oznaczanie zdolności wymiennej kationitów za pomocą fotometru płomieniowego. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, Lublin, Sec. D.* **16**, 263—273, 1961.
18. Tatur H., Nowakowski W.: Jonity, teoria i zastosowanie. 102, PWT, Warszawa 1955.
19. Topp N. E., Pepper K. W.: Properties of Ion Exchange Resins in Relation to Their Structure. I. Titration curves. *J. Chem. Soc.* 3299—3303, 1949.
20. Wóycicki W.: Termochemiczne badania sorbento-jonitów. *Roczniki Chem.* **34**, 1413—1419, 1960.

---

## РЕЗЮМЕ

Проведены сравнительные исследования некоторых свойств синтетических сульфифеноловых катионитов, в том числе иностранных (вофатит Р, вофатит F, амберлит IR — 100) и отечественных (К — 26 WL, МК-2, МК-3), а также дополнительно исследовались аналогичные черты полусинтетического отечественного обменника — сульфонируемого угля эскарбо.

Определялась также влажность, механическая прочность, коэффициенты набухания и обменной способности в динамических условиях.

Наиболее хорошие ионообменные свойства замечены у катионитов: К-26 WL (производство Кафедры общей химии Познаньского университета), МК-2 (Кендзежинский азотный завод), и вофатит F (I. G. Wolfen-Farben — Г.Д.Р.).

Польские ионообменники обладают большей механической прочностью при лишь несколько меньшей обменной способности. В виду этих соображений они могут быть использованы в научноисследовательских лабораториях более успешно чем наилучший из обследованных зарубежных катионитов (вофатит F.).

Табл. 1. Окраска жидкости над отдельными катионитами в процессе их очистки с помощью дистиллированной воды.

Табл. 2. Содержание влаги в ионитах.

Табл. 3. Механическая прочность исследуемых катионитов.

Табл. 4. Веса исследуемых катионитов.

Табл. 5. Перечень коэффициентов набухания.

Табл. 6. Обменная способность сульфоновых групп в процессе динамического обмена.

Табл. 7. Обменная способность всех функциональных групп в процессе динамического обмена.

## S U M M A R Y

The author carried out comparative investigations on some properties of synthetic phenolsulphonic cation exchange resins of foreign make (Wophatit P, Wophatit F, Amberlit IR-100) and of Polish production (K-26 WL, МК-2, МК-3). Besides, the analogous properties of the Polish half-synthetic ion exchanger, sulphonated carbon Escarbo, were studied.

The investigations comprised determination of humidity, mechanical resistance, and coefficients of swelling and of exchange capacity under dynamic conditions.

The best ion-exchanging properties were found in the following cation exchange resins K-26 WL (produced by the Chair of General Chemistry U. A. M., Poznań, Poland), МК-2, (Zakłady Przem. Azot., Kędzierzyn, Poland) and Wophatit F (I. G. Wolfenfarben, German Democratic Republic).

Ion exchangers of Polish make show a much greater mechanical resistance, and only a slightly lower exchange capacity. It seems therefore that they can be used in laboratories with better results than the best of the studied foreign cation exchange resins (Wophatit F).