

LABORATORIUM FUNKCJONALNYCH SYSTEMÓW SUPRAMOLEKULARNYCH



KIEROWNIK

Dr hab. Jan Romański, prof. ucz.

ZESPÓŁ

Dr inż. Marta Zaleskaya-Hernik

MAGISTRANCI

Gabriela Białous

Aleksandra Kazimierczak

Tomasz Marmur

Mikołaj Prokopski

Wiktoria Tysza

LICENCJANCI

Maria Długolecka

Jędrzej Pawłowski

Oskar Szulc

Źródła finansowania badań w 2025 roku

BST 501-D112-01-1120000 z. 5011000318

NCN SONATA BIS: 2018/30/E/ST5/00841

NCN Miniatura 8, 2024/08/X/ST4/00345

IDUB: PSP 501-D112-20-0004316

IDUB: PSP 501-D112-20-0004316

dr hab. Jan Romański, prof. ucz.

dr hab. Jan Romański, prof. ucz. pt. Rozpoznanie, transport i ekstrakcja soli z wykorzystaniem modułowych receptorów molekularnych

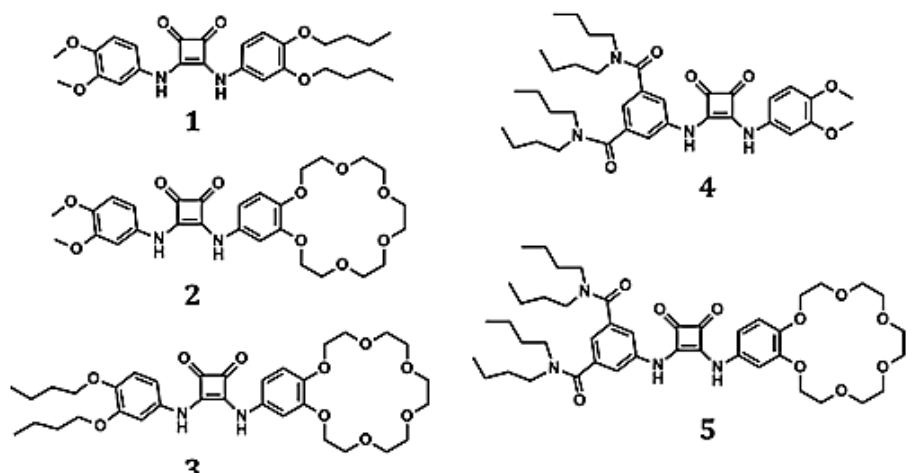
dr inż. Marta Zaleskaya-Hernik pt. Receptory par jonowych pochodne amidu kwasu kwadratowego jako selektywne transportery soli o znaczeniu biologicznym

dr hab. Jan Romański, prof. ucz.

dr inż. Marta Zaleskaya-Hernik

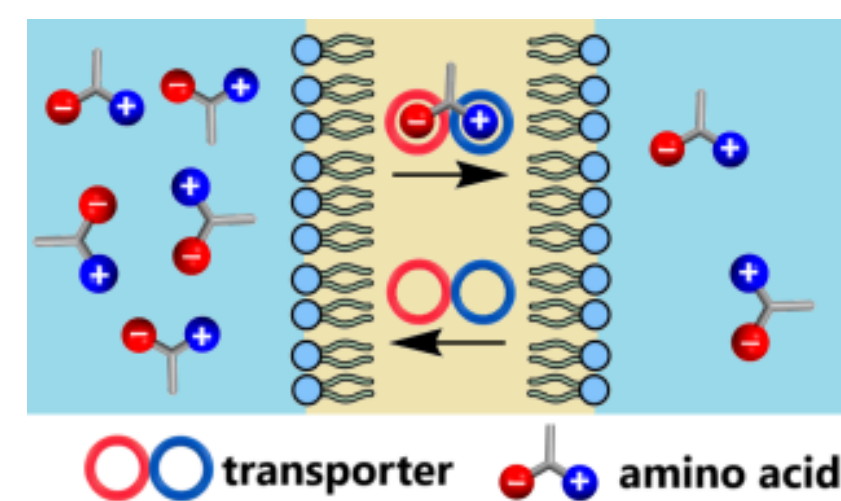
Transport soli i aminokwasów przez dwuwarstwowe błony lipidowe

Marta Zaleskaya-Hernik, Rayhanus Salam, Mario J. González, Marcin Wilczek, Lukasz Dobrzycki, Nathalie Busschaert, Jan Romański



Dysregulacja transportu jonów przez błony biologiczne jest związana z występowaniem wielu chorób. W związku z tym podejmujemy się liczne próby opracowania małych cząsteczek zachodzących jednak w sposób pasywny i wymaga ogólnej neutralności ładunku, co oznacza, że przeniesienie jednego jonu przez błonę musi towarzyszyć transportowi drugiego jonu w celu uniknięcia separacji ładunków. W tym kontekście receptory par jonowych stanowią obiecującą klasę transporterów błonowych, ponieważ umożliwiają transport obydwu jonów jednocześnie. Ponadto receptory dwufunkcyjne, zdolne do jednoczesnego wiązania kationów i anionów, mają potencjał do transportu biologicznie istotnych cząsteczek organicznych, jak na przykład aminokwasy.

W niniejszym projekcie przedstawiono syntezę serii receptorów dwufunkcyjnych, w których jednostka amidu kwasu kwadratowego pełni funkcję domeny wiążącej aniony, natomiast eter koronowy odpowiada za selektywne oddziaływanie z kationami. Receptory zostały zaprojektowane w ten sposób, aby charakteryzowały się względnie wysoką lipofilnością, ułatwiającą penetrację membran organicznych. Badania spektroskopowe UV-vis i NMR wykazały zdolność tych związków do kompleksowania soli chlorkowych. Dodatkowo eksperymenty ekstrakcji ciecz-ciecz, testy transportu z wykorzystaniem grubowarstwowych membran ciekłych i liposomów potwierdziły, że otrzymane receptory dwufunkcyjne są zdolne do transportu soli chlorkowych oraz hydrofobowych aminokwasów. Co istotne, receptory wykazały zdolność do transportu aminokwasów o naładowanych łańcuchach bocznych, takich jak arginina i glutamina, w warunkach fizjologicznych. Jest to pierwszy opisany przykład małowadzącego transportera zdolnego do przeniesienia tak silnie hydrofobowych związków. Otrzymane wyniki otwierają nowe perspektywy zastosowania tych receptorów w szerokim zakresie procesów biologicznych.



Chem. Sci., 2025, 16, 6982–6990

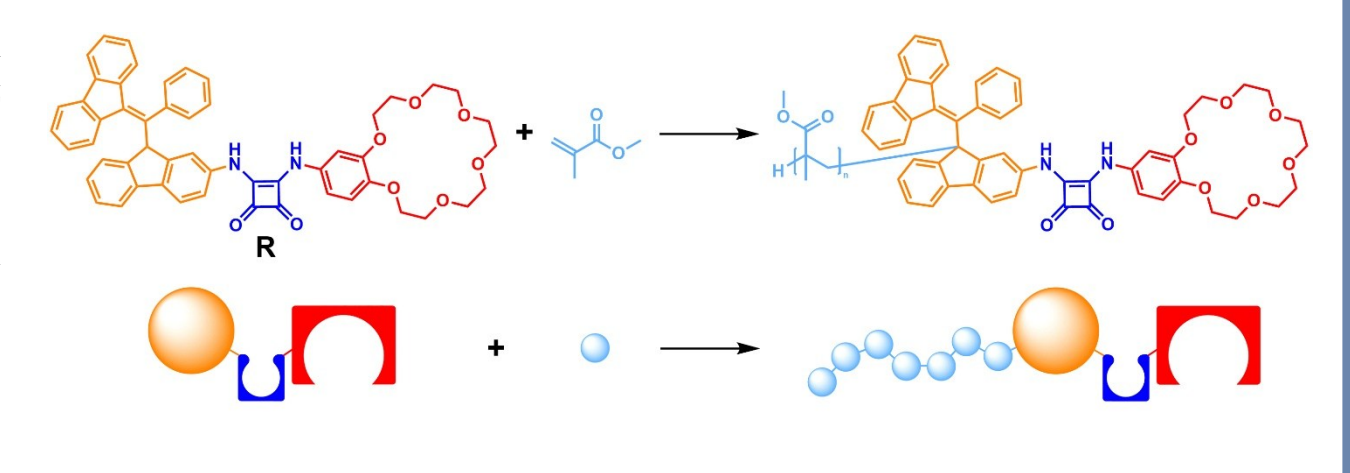
NARODOWE CENTRUM NAUKI
2018/30/E/ST5/00841

Wykorzystanie oddziaływań anion- π w projektowaniu receptorów par jonowych

Mikołaj Prokopski, Marta Zaleskaya-Hernik, Wojciech Witkowski, Piotr Garbacz, Jan Romański

Receptory par jonowych stanowią istotną klasę układów supramolekularnych, umożliwiających jednoczesne wiązanie anionów i kationów oraz ich wykorzystanie w procesach separacji i rozpoznawania molekularnego. Szczególną uwagę zwracają układy oparte na jednostkach amidu kwasu kwadratowego, które dzięki silnym oddziaływanom wodorowym wykazują wysokie powinowactwo do anionów. Jednocześnie rozwój materiałów funkcjonalnych wymaga integracji takich receptorów z układami polimerowymi, co pozwala przezwyciężyć ograniczenia związane z rozpuszczalnością i stabilnością oraz otwiera nowe możliwości zastosowań praktycznych. W szczególności, w budowanie receptorów do matrycy polimerowych umożliwia zachowanie ich właściwości kompleksujących przy jednoczesnym nadaniu materiałom nowych cech użytkowych, takich jak zwiększona trwałość czy możliwość wielokrotnego wykorzystania. Dzięki temu układy te stanowią obiecującą platformę dla dalszego rozwoju chemii supramolekularnej i technologii separacyjnych.

W ramach prowadzonych badań zaprojektowano receptor par jonowych zawierający jednostkę amidu kwasu kwadratowego oraz fragment BDPA, który pełni funkcję stabilnego rodnika i umożliwia wykorzystanie układu jako inifertera w polimeryzacji rodnikowej. Badania spektroskopowe UV-Vis i ^1H NMR wykazały zdolność receptora do wiązania anionów oraz kooperatywnego wiązania par jonowych w obecności kationów. Następnie przeprowadzono polimeryzację metakrylanu metylu, otrzymując materiał R-PMMA, w którym receptor został trwale wbudowany w strukturę polimeru, zachowując swoje właściwości wiążące. Wykazano, że otrzymany materiał jest zdolny do ekstrakcji soli zarówno z fazy stałej, jak i wodnej, co nie było obserwowane dla układów referencyjnych pozbawionych funkcjonalnego receptora. Uzyskane wyniki pokazują, że połączenie rozpoznawania molekularnego z procesami polimeryzacji umożliwia projektowanie inteligentnych materiałów funkcjonalnych, które mogą znaleźć zastosowanie w chemii supramolekularnej, technologiach separacyjnych oraz systemach transportu jonów.

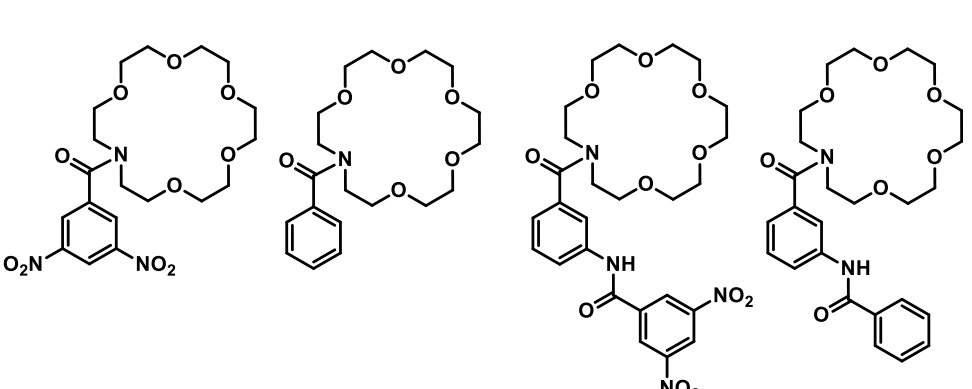


Molecules., 2025, 30, 3362–3373

NARODOWE CENTRUM NAUKI
2018/30/E/ST5/00841

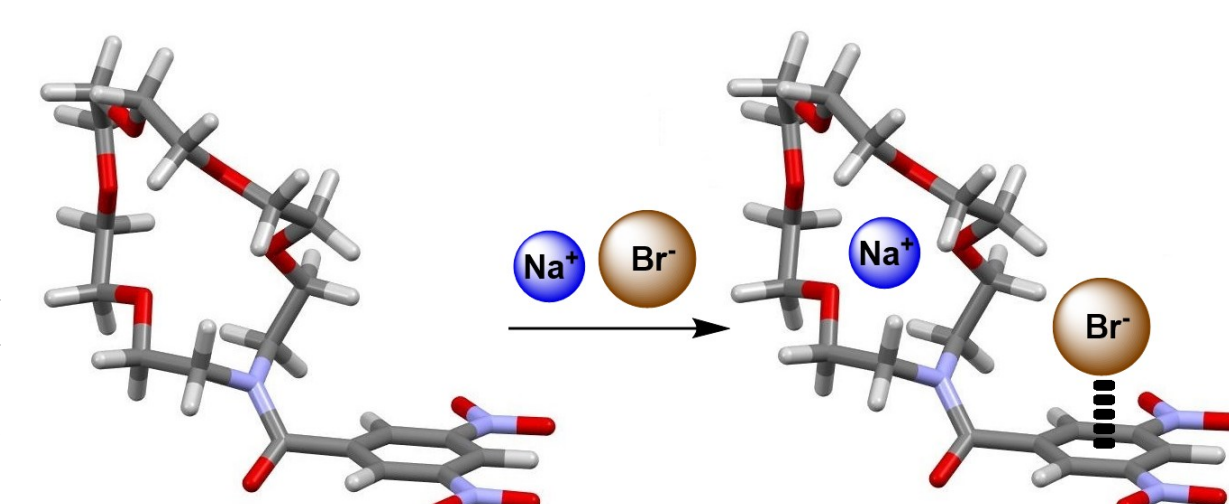
Wykorzystanie oddziaływań anion- π w projektowaniu receptorów par jonowych

Damian Jagleniec, Mikołaj Prokopski, Jan Romański



Oddziaływania niekowalencyjne odgrywają kluczową rolę w procesach rozpoznawania molekularnego oraz projektowaniu receptorów zdolnych do wiązania jonów. W ostatnich latach coraz większe zainteresowanie wzbudza słabe oddziaływania, takie jak wiązania halogenowe, chalcogenowe czy oddziaływania π . Szczególną uwagę zwraca się na oddziaływanie anion- π , polegające na oddziaływaniu anionów przez układy aromatyczne z deficytem elektronów. Choć oddziaływanie to zostało już potwierdzone eksperymentalnie i znajduje zastosowanie w chemii supramolekularnej, nadal stosunkowo rzadko wykorzystuje się je w konstrukcji receptorów par jonowych, zdolnych do jednoczesnego wiązania kationów i anionów.

W ramach badań zaprojektowano i otrzymano serię receptorów opartych na układach aromatycznych ubogich w elektrony, pochodnych kwasu 3,5-dinitrobenzoesowego, zawierających domenę wiążącą kationy w postaci eteru koronowego. W celu oceny wpływu właściwości elektronowych oraz dodatkowych oddziaływań przygotowano również związki referencyjne oraz układy zawierające grupy amidowe jako dodatkowe donory wiązań wodorowych. Analiza mierzczkowania metodą ^1H NMR wykazała zdolność tych związków do wiązania anionów bromkowych, a obecność kationu sodu znacząco wzmacniała to oddziaływanie, co wskazuje na kooperatywne wiązanie par jonowych. Przeprowadzona analiza potencjału elektrostatycznego potwierdziła udział oddziaływań anion- π oraz korzystny wpływ grup elektronokceptorowych na efektywność kompleksowania jonów. Otrzymane wyniki wskazują, że połączenie oddziaływań anion- π , wiązań wodorowych oraz kompleksowania kationu prowadzi do efektywniejszego rozpoznawania par jonowych.

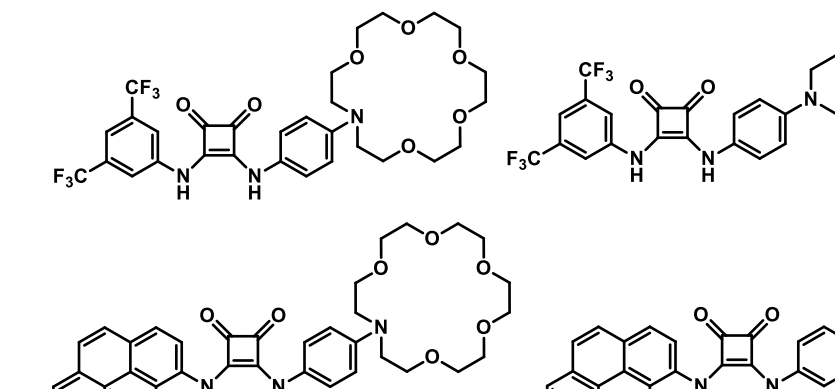


ChemPlusChem., 2025, 10, e202500363

NARODOWE CENTRUM NAUKI
2018/30/E/ST5/00841

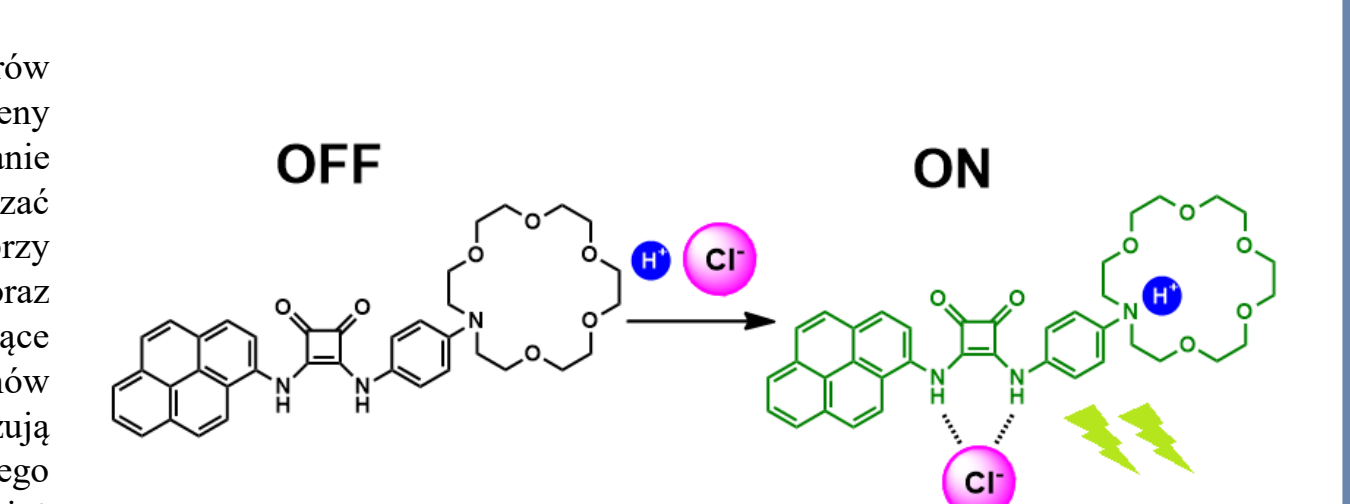
Wielofunkcyjne układy supramolekularne do rozpoznawania jonów i zastosowań biologicznych

Damian Jagleniec, Katarzyna Sektas, Lukasz Dobrzycki, Miłosz Ludwinek, Anna Nasulewicz-Goldeman, Joanna Wietrzyk, Jan Romański



Rozpoznanie jonów w środowisku wodnym stanowi jedno z kluczowych wyzwań chemii supramolekularnej, ze względu na silną konkurencję cząsteczek wody oraz obecność powłok solwatacyjnych utrudniających wiązanie anionów i kationów. W odpowiedzi na te trudności projektuje się receptory zawierające jednocześnie domeny wiążące aniony i kationy, zdolne do kooperatywnego rozpoznawania par jonowych. Szczególną rolę odgrywają tu układy zawierające jednostki amidu kwasu kwadratowego jako efektywne miejsca wiązania anionów oraz aminy trzeciorzędowe, które mogą ulegać protonacji, zwiększając rozpuszczalność i zdolności kompleksujące w wodzie. Takie podejście umożliwia projektowanie wielofunkcyjnych receptorów działających zarówno w środowisku organicznym, jak i w wodnym.

W ramach projektu otrzymano serię receptorów supramolekularnych zawierających jednostkę amidu kwasu kwadratowego oraz różne domeny funkcjonalne, takie jak amina trzeciorzędowa czy fragment pirenowy, co umożliwiło jednoczesne badanie ich właściwości wiążących oraz sensorycznych. Analiza widm UV-Vis i ^1H NMR pozwoliła wykazać zdolność tych układów do rozpoznawania anionów oraz par jonowych także w układach wodnych, przy czym istotną rolę odgrywał efekt kooperatywny związany z możliwością wiązania kationu oraz protonowaniem funkcji aminowej receptora. Szczególnie interesujące okazały się receptory zawierające fragment pirenowy, który wykazywał dodatkowe właściwości sensoryczne, umożliwiające detekcję jonów oraz ich ekstrakcję z fazy wodnej. Co istotne, badania biologiczne wykazały, że wybrane związki wykazują znaczącą aktywność cytotoksyczną wobec komórek nowotworowych. Otrzymane wyniki wskazują, że tego typu wielofunkcyjne układy mogą znaleźć zastosowanie nie tylko w chemii supramolekularnej, ale również jako potencjalne narzędzia w zastosowaniach biologicznych i terapeutycznych.



Org. Biomol. Chem., 2025, 23, 6425–6433

NARODOWE CENTRUM NAUKI
2018/30/E/ST5/00841

Zgłoszenia Patentowe

CTTW/T805/2026, tytuł wynalazku: Transporter anionów chlorkowych i sposób transportu tych jonów przez membrany organiczne. Twórcy wynalazku: Marta Zaleskaya-Hernik, Jan Romański.

PCT/IB2025/054081, tytuł wynalazku: Receptor for selective solid-liquid extraction of lithium halides to an organic phase and a method for selective solid-liquid extraction of lithium halides using this receptor.

Twórcy wynalazku: D. Jagleniec, A. Kopeć, J. Romański.

Publikacje grupy badawczej z ostatniego roku

• Maciejewska-Komorowska, J., Peret, K., Zaleskaya-Hernik, M., Romański, J., Jönsson-Niedziółka, M. Application of the oxidation reaction of a ferrocene derivative (FcSQC6) as driving force for the transfer of hydrophilic sulphate anions at a microemulsion three-phase electrode. *Talanta*, 2026, 298, 128849. (IF 3.6)

• Sawicka, M.; Marcisz, K.; Romański, J.; Strawski, M.; Smutok, O.; Gonchar, M.; Katz, E.; Kaniewska, K.; Karbarz, M. A thermosensitive α -amino acid hydrogel layer deposited on an electrode surface: Actuator and sensor performance. *Talanta*, 2026, 296, 128454. (IF 3.6)

• Prokopski, M., Zaleskaya-Hernik, M., Witkowski, W., Garbacz, P., Romański, J. From Binding Building: A Squaramide-Based Ion Pair Receptor as an Iniferter for Functional Polymer Synthesis. *Molecules*, 2025, 30(16), 3362. (IF 5.0)

• Jagleniec, D., Prokopski, M., Romański, J. Investigating Anion- π Interactions in Ion-Pair Receptors Based on 3,5-Dinitrobenzoic Acid. *Chempluschem*, 2025, 90(11), e202500363. (IF 2.8)

• Gwardys P.; Marcisz, K.; Jagleniec D.; Romański J.; Karbarz M. Electroactive and Thermoresponsive Hybrid Microgel on a Gold Surface for Electrochemically Controlled Release of Active Substance. *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 2025, 17, 25, 36469–36477. (IF 8.2)

• Jagleniec, D.; Sektas, K.; Dobrzycki, L.; Ludwinek, M.; Nasulewicz-Goldeman, A.; Wietrzyk, J.; Romański, J. Multifunctional supramolecular receptors: aqueous ion recognition, HCl sensing and cytotoxic potential. *Org. Biomol. Chem.*, 2025, 23, 6425–6433. (IF 2.8)

• Khodami, S., Kaniewska, K., Romański, J., Karbarz, M., Stojek, Z. Amino Acid-Based Hydrogel with Interpenetrating Gelatin and Cross-Linked by Metal Ions, Providing High Stretchability and Motion Sensitivity. *ACS Omega*, 2025, 10(12), 12062–12075. (IF 4.4)

• Maciejewska-Komorowska, J.; Peret, K.; Kubas, A.; Zaleskaya-Hernik, M.; Romański, J.; Karbarz, M.; Górski, L.; Jönsson-Niedziółka, M. Transfer of highly hydrophilic ions between immiscible liquids at the three-phase junction using a squaramide-based ion pair receptor. *Electrochimica Acta*, 2025, 517, 145778. (IF 5.6)

• Zaleskaya-Hernik, M., Salam, R.; González, M.J.; Wilczek, M.; Dobrzycki, L.; Busschaert, N.; Romański, J. Squaramide-based ion pair receptors can facilitate transmembrane transport of KCl and zwitterions, including highly polar amino acids. *Chemical Science*, 2025, 16(16), 6982–6990. (IF 7.5; MNiSW 200 pkt).

• Marcisz, K.; Gharakhlo M.; Jagleniec D.; Pawłowski J.; Romański J.; Karbarz M. Electrochemical Controlling of Double Microgel Layer Formation on an Electrode Surface via an Electroresponsive Inclusion Complex. *ACS Mater. Au*, 2025, 5, 1, 191–199. (IF 6.8)

• Marcisz, K., Gwardys, P., Jagleniec, D., Romański, J., Karbarz, M. Electrochemically induced release of a model dye from a pH-sensitive and electroactive microgel monolayer attached to an electrode surface. *Colloids and Surfaces A Physicochemical and Engineering*, 2025, 707, 135839. (IF 5.4)