

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES CHEMISTRY AND TECHNOLOGY

ISSN 2224-5286

Volume 3, Number 423 (2017), 94 – 102

B. Leška¹, L. Tabisz¹, A. S. Tukibayeva², N. Abylkasymov², S. Saparbayeva³

¹Adam Mickiewicz University in Poznan, Poland;

²M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent;

³Academic Innovation University, Shymkent

**OBTAINMENT OF SELF-ASSEMBLING ORGANOSILICON
MONOLAYERS OF ANIONIC LIGANDS ON METALLIC SURFACES
(GOLD, SILVER) AND INVESTIGATION OF THEIR PROPERTIES'
DEPENDENCY ON COMPLEXED ION**

Abstract. In this paper the results of the research of obtainment of self-assembling organosilicon monolayers of anionic ligands on metallic surfaces (gold, silver) and investigation of their properties' dependency on complexed ion are described. The compounds studied were obtained via transesterification of 3-(trimethoxysilyl)propanethiol with corresponding alcohols. The reflectance FT-IR spectra and potentiodynamic measurements indicate strong chemisorption of species 1–3 on silver or gold surfaces. Upon adsorption, the S–H bonds are broken and the Ag–S bonds are formed. The AM1d calculations suggest that the Ag–S bonds have strong covalent character with some ionic contribution.

Key words: Organosilicon monolayers, self-assembling, complexation, metallic (gold, silver) surfaces, cations of alkali metals

УДК 547-386

Б. Леска¹, Л. Табиш¹, А.С. Тукибаева², Н. Абылкасымов², С. Сапарбаева³

¹Университет Адама Мицкевича в Познани, Польша;

²Южно-Казахстанский государственный университет им.М.Ауезова, Казахстан;

³Академический инновационный университет, Шымкент

**ПОЛУЧЕНИЕ САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ
ОРГАНО-КРЕМНИЕВЫХ МОНОСЛОЁВ АНИОННЫХ ЛИГАНД
НА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЯХ (ЗОЛОТА, СЕРЕБРА)
И ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ИХ СВОЙСТВ
ОТ КОМПЛЕКСНЫХ ИОНОВ**

Аннотация. В работе приведены результаты исследования получения самоорганизующихся органо-кремниевых монослоёв анионных лиганд на металлических поверхностях (золота, серебра) и зависимости их свойств на комплексных ион. Исследуемые соединения были получены с помощью транс-этерификации 3-(триметоксисилил) пропантиола с соответствующими спиртами. FT-IR Спектры отражения указывают на сильное хемосорбции видов 1-3 на поверхностях серебра или золота. При адсорбции, S-H связи разрываются и образуются Ag–S связи. AM1d расчеты показывают, что Ag–S связи имеют сильный ковалентный характер с некоторым ионным вкладом.

Ключевые слова: кремнийорганические слои, самоорганизация, металлические (золото, серебро) поверхности, поверхность, комплексообразование, комплексы щелочных металлов.

Область супрамолекулярной химии и наука о гибридных материалах являются сравнительно молодыми и недостаточно изучены. За несколько последних десятилетий они являются областью жестокой конкуренцией и прорывного предмета для научного мира с новыми подходами и открытиями, публикуемыми каждую неделю в международных научных журналах.

Потенциал неприменяемости до сих пор технологии гибридных материалов может быть показан при сравнении некоторых работ, осуществляемых в разные времена. Хотя силикатная гель известна примерно с 1640 годов, следующая конкретная информация стала известна в 1919 году, когда была подана заявка на патент при использовании парового адсорбента в газовой маске В.А. Патриком [1], и почти сто лет спустя, только в 2011 году, его органический гибридный аналог стали использоваться для устранения перхлорат - ионов из водной среды [2].

В настоящее время, существует целый ряд работ, связанных с анионной экстракцией в твёрдые мезопористые фазы органического кремния [3-7]. Эти работы связаны с изучением только одного анионного вида и его супрамолекулярного связывания с материалом, и не имеют никакого отношения к возможности пониженной селективности (и соответственно практического применения) и/или другим теоретическим применениям, полученных неорганических и органических гибридов.

Катионсвязывающие гостевые молекулы и материалы являются основными источниками супрамолекулярной и материальной областей. Обзорных статей, посвященных анионной идентификации мало [8-9]. Тем временем, полагается, что около 75% биохимических субстратов являются отрицательно-заряженными молекулами [10] и, за исключением некоторых ионов тяжёлых металлов, большинство анионов являются опасными загрязнителями, которые необходимо удалять из отходов производства. В случае заражения воды или почвы, сравнительно простые оксоанионы, такие как фосфат или нитрат, могут существенно повлиять на изменение роста растений, иметь отрицательное воздействие на жизнь животных и нарушать равновесие экосистемы. Другие ионы, например, содержащие шестивалентный хром, известны своим негативным влиянием на жизнь животных и людей, в особенности как увеличивающие возникновение раковых заболеваний [11]. Кроме того, большое количество синтетических выпускаемых красителей являются ионными, с анионами ответственными за окраску, и потенциально опасными загрязнителями в зависимости от их органической структуры. К тому же, органический кремний способен обеспечить эффективный способ разделения данных соединений [6].

Значительное внимание уделяется в последние несколько десятилетий к модификации благородных металлических поверхностей путем образования на них упорядоченные органические пленки толщиной от нескольких нанометров до нескольких сотен нанометров [12-15]. Один из самых простых методов образования этих ультратонких пленок является простое погружение поверхности благородного металла в разбавленном растворе (мМ) органического соединения в обычных условиях, и эти мономолекулярные органические пленки широко известны, как самоорганизующиеся монослои (СОМ). Образование СОМ обеспечивает один легкий метод по отношению к функционализации поверхности органическими молекулами (как алифатические и ароматические), содержащие подходящие функциональные группы, такие как -SH, -CN, -COOH, -NH₂ и силаны на выбранной металлических (Au, Cu, Ag, Pd, Pt, Hg и C), а также полупроводниковых поверхностях (Si, Ga, As, индий - покрытий из оксида олова и т.д.) [16].

Самоорганизующие поверхности могут быть эффективно использованы для наращивания интересных структур на нано-уровне. Самоорганизация обеспечивает простой путь для организации подходящих органических молекул на поверхности благородных металлов и выбранных нанокластерных поверхностей с использованием монослоев длинноцепочечных органических молекул с различными функциональными возможностями, такими как -SH, -COOH, -NH₂, силанов и т.д. [15,17]. Металлические поверхности, модифицированные с самоорганизующимся монослоем различных органических соединений нашли применение в предотвращении коррозии, они чрезвычайно важны в области нанотехнологий для построения нанoeлектронных устройств, сенсорных массивов, суперконденсаторов, катализаторов, перезаряжаемых источников питания и т.д. Гибкость в отношении концевых функциональных групп органических молекул

позволяет контролировать гидрофобности или гидрофильности поверхности металла, в то время как выбор длины масштаба может быть использована для настройки отдаленно-зависимого поведения переноса электрона.

Благодаря высокоупорядоченной природе и плотной упаковке, эти монослои на металлических поверхностях также важны для некоторых практических применений, таких как химическое зондирование [18], контроль поверхностных свойств, таких как смачиваемость и трение [19] защита от коррозии [20], формирование рисунка [21], полупроводниковые пассивации [22] и оптическая генерация второй гармоники [23].

Методика исследования

Все реагенты для синтеза были использованы в качестве коммерческих продуктов (Aldrich). Исследуемые соединения были получены с помощью транс-этерификации 3- (триметоксисил) пропантиола с соответствующими спиртами. К раствору 3- (триметоксисил) пропантиола (0,1 моль) в сухом бензоле (750 см³) добавляют соответствующий поли (этилен окса) гликольмоноалкилэфир (0,3 моль) и оксида дибутилола (50 мг). Полученную смесь нагревают с помощью аппарата Дина-Старка. Метиловый спирт, образующийся в ходе реакции, удаляют в виде смеси с бензолом (около 10 мл жидкости на 2-3 ч).

Все ЯМР-спектры были записаны на Varian Gemini 300 спектрометре, работающем на частоте 300.076 МГц ¹H и 70.373 МГц для ²³Na. Спектры были записаны при температуре 293 К с использованием в качестве стандарта внутренние ТМС для ¹H в CDCl₃ и внешнем 1 М NaCl в D₂O для измерения ²³Na в растворе ацетонитрила. Эксперименты по титрованию ²³Na-ЯМР были проведены в [2H] 3-ацетонитриле при постоянной концентрации ионов натрия (0,001 м), при изменении соотношения поданда 1-3 / лиганд/ металл от 0,1 до 25 (Таблица 1).

Таблица 1 - Стехиометрия полученных комплексов и константы устойчивости, полученные с помощью ²³Na ЯМР титрования

Соединение	Стехиометрия комплексов (лиганда: катионы металлов)	Константы устойчивости
1	1:1	210 ± 30
2	1:1	240 ± 20
	1:2	230 ± 20
	1:3	230 ± 30
	1:4	180 ± 50
3	1:1	220 ± 20
	1:2	230 ± 20
	1:3	210 ± 30
	1:4	170 ± 50

Растворы электролитов для электрохимических измерений были изготовлены с использованием пропиленкарбоната (PC) от Merck, очищенные фракционной перегонкой в атмосфере сухого аргона и высушенные над ситами 4 А молекулярного лития. LiClO₄ (Fluka) сушили в вакуумной печи при 150 °С; С, 3 мБар.

Процедура адсорбции для поверхностей серебра и золота

Серебряные ленты (99,999%) были отполированы с помощью суспензии алюминия (Бюлер), и тщательно промыты сухим растворителем (ацетонитрил или PC).

Фольга из золота (толщиной 0,1 мм, (99,999%)) используются в качестве коммерческого продукта (Aldrich). Адсорбаты 1-3 были образованы на лентах серебра из жидких тиоловых соединений и от их растворов в ацетонитриле или PC (0,2 М). После вынимания из жидкой фазы, адсорбаты промывали с помощью чистого и высушенного растворителя (ацетонитрил или PC) и оставляли сушить в течение 12 ч в атмосфере безводного аргона.

ИК-Фурье спектроскопия. Спектры отражения-поглощения (RAIRS) адсорбатов 1-3 на гладких серебряном или золотом лентах были получены в атмосфере N₂ на Bruker 113V ИК-

Фурье -спектрометре с FT-80 угла скольжения инфракрасного отражения и жидкого N₂ охлажденном TGS детекторе. Как правило, были выполнены 2000 сканирований с разрешением 1 см⁻¹. Кроме того, для сравнения ИК-Фурье спектры тиолов субстратов были записаны на том же спектрометре.

Результаты и обсуждения

ИК-Фурье спектры отражения-поглощения. Поданды S-Si (лиганды 1-3) являются реагентами, используемые в органической химии, и характеризуется двумя различными функциональными группами. Первая группа -S-H определяет нуклеофильный характер молекулы, а второй Si(OR)₃ позволяет комплексообразованию ионов и малых нейтральных молекул, а также образованию димеров и полимеров в присутствии воды. Бифункциональный характер исследуемых молекул позволяет образовывать органические монослойные пленки на поверхности серебра путем самоорганизации и дальнейшей модификации монослоев путем образования комплексов с различными металлами на их поверхностях.

ИК-Фурье спектры были взяты лиганды 1-3 и их комплексы с перхлоратом натрия в растворе ацетонитрила. Инфракрасные спектры поглощения лигандов 1-3 сравнивали с этими лигандами в присутствии перхлората натрия и спектрами отражения-поглощения, записанных на поверхностях серебра и золота.

Комплексообразование катионов Na⁺ со стороны оксоалкил групп лиганды 1 обозначается уширением (громоздкие полосы) поглощения в области 1200-1000 см⁻¹, в котором происходят валентные колебания ClO₄⁻ аниона (рисунок 1а и б).

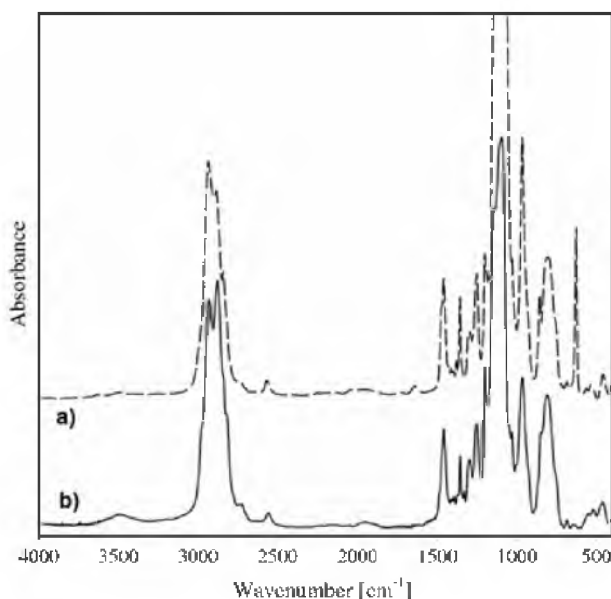


Рисунок 1 - ИК-Фурье спектры: (а) спектр поглощения комплекса лиганды 1 с HClO₄ и (б) спектр поглощения лиганды 1

ИК-Фурье спектры также дают явное свидетельство образования адсорбатов на поверхности Ag или Au в виде полосы при приблизительно $\nu = 2568$ см⁻¹, предназначенное на исчезновение валентных колебаний S-H. Отсутствие этой полосы в спектрах (рисунок 2а, б) показывает, что с образованием адсорбатов адсорбатов S-H прерваны и атомы S непосредственно связаны с поверхностными атомами Ag или Au. Этот результат согласуется с ранее представленными протонной абстрагированием от алкантиолов, адсорбированных на поверхностях Ag и/или Au.

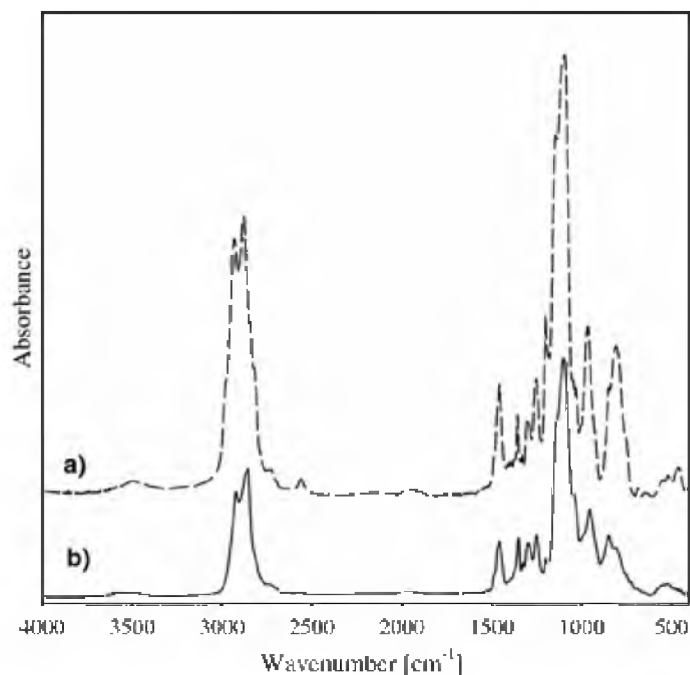


Рисунок 2 - ИК-Фурье спектр поглощения лиганды 1 (а) и спектр отражения (ATR) 1, адсорбированного на Au (б)

Как мы уже показали на рисунке 1а и б, широкая полоса поглощения в области $1200-1000\text{ см}^{-1}$, в которых происходит валентные колебания ClO_4^- аниона, указывает на комплексообразование катионов Na^+ по оксоалкил группе лиганды 1. Эти же полосы наблюдаются в спектрах отражения лиганды 1 адсорбированного на поверхности золота и его комплексов с катионами Na^+ (рис. 3а, б).

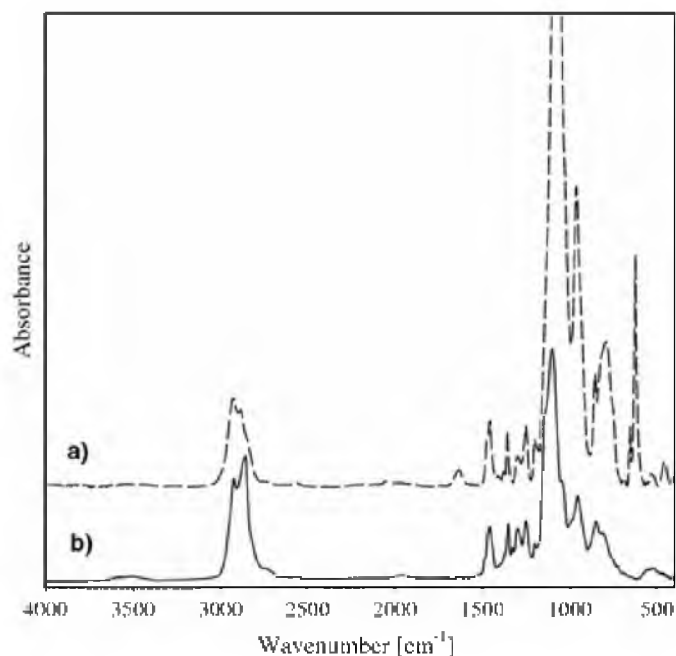


Рисунок 3 - (а) спектр отражения лиганды 1, адсорбированного на Au в присутствии HClO_4 и (б) спектры отражения лиганды 1, адсорбированного на Au

Нами получены структуры комплексов лиганд 1 - 3 с катионами Na^+ , адсорбированных на поверхности Ag в виде молекулярного моделирования и приведены на рисунках 4-6.

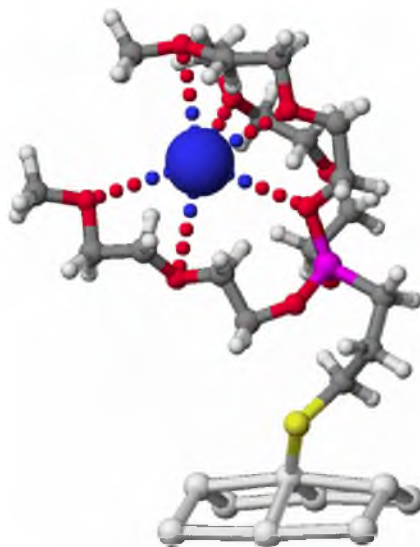


Рисунок 4 - Структура комплекса лиганда 1 с катионом Na^+ , адсорбированного на поверхности Ag

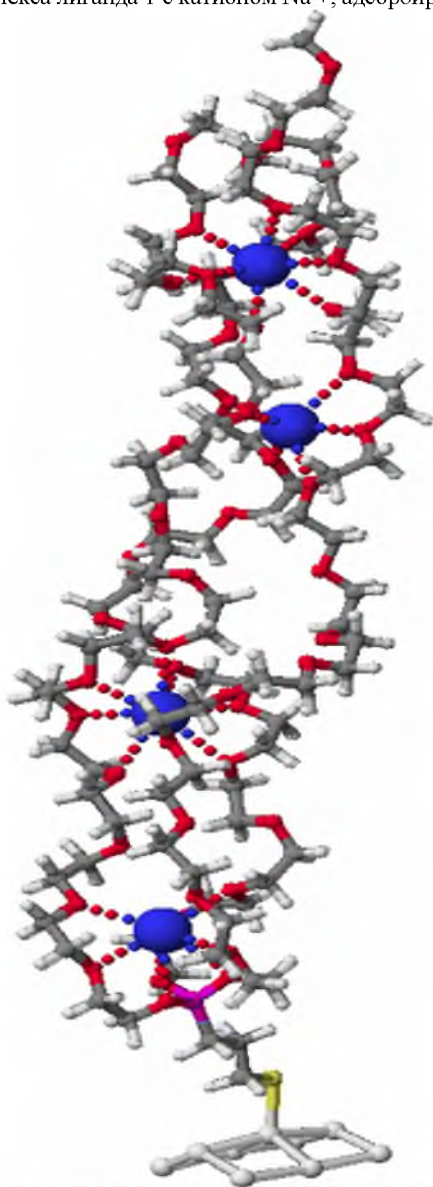


Рисунок 5 - Структура комплекса лиганда 2 с катионами 4Na^+ , адсорбированного на поверхности Ag

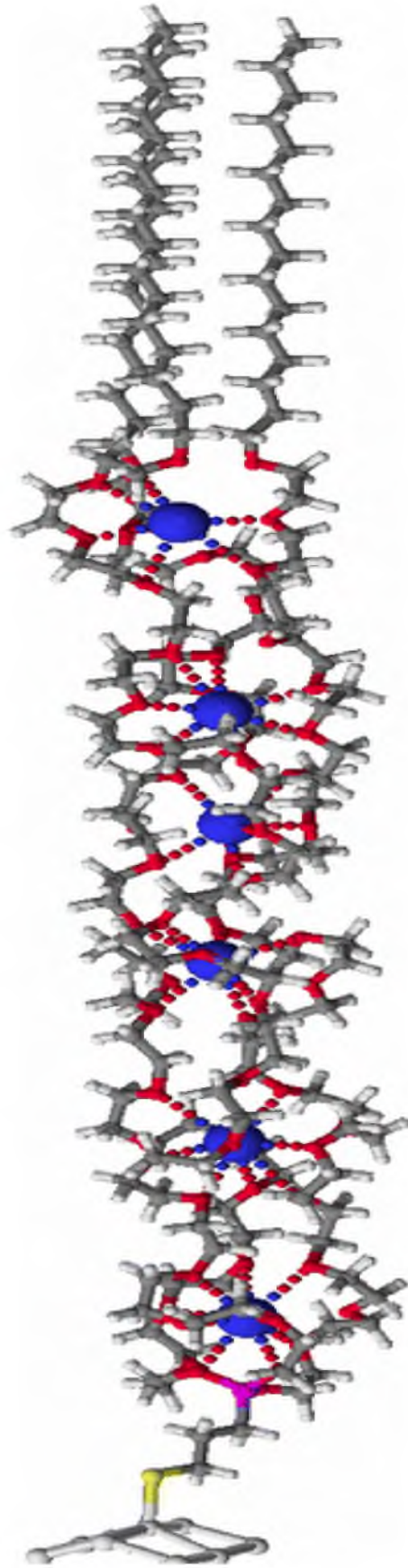


Рисунок 6 - Структура комплекса лиганда 3 с катионами 6 Na⁺, адсорбированного на поверхности Ag

Выводы

FT-IR Спектры отражения указывают на сильное хемосорбции видов 1-3 на поверхностях серебра или золота. При адсорбции, S-H связи разрываются и образуются Ag-S связи. AM1d расчеты показывают, что Ag-S связи имеют сильный ковалентный характер с некоторым ионным вкладом. Адсорбированные 1-3 лиганды на поверхностях Ag или Au образуют комплексы с некоторыми одновалентными катионами, координируемых атомом кислорода оксаалкильной цепи каждой молекулы.

Авторы благодарят Комитет науки Министерства образования и науки Республики Казахстан за финансовую поддержку в рамках Грантового финансирования № 339-34 от 13.05.2016.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Feldman M., Desrochers P., Research Universities and local Economic Development: Lessons from the History of the Johns Hopkins University// *Industry & Innovation*, 2003, 10(1), pp.5-24
- [2] Lee S. D., Lee B., Choo K. Perchlorate removal in aqueous solutions using periodic mesoporous organosilicas (PMOs) functionalized with quaternary ammonium groups. *Korean J. Chem. Eng.*, 2011, 28(6), pp.1393-1399
- [3] Zaitsev V. N., Kobylinskaya N. G. Properties of silicas chemically modified by monodentate amines studied by conductometry// *Russ. Chem. Bull. (Int. Ed.)* 2005, 54,8, pp. 1842-1846
- [4] Walcarius A., Mercier L. Mesoporous organosilica adsorbents: nanoengineered materials for removal of organic and inorganic pollutants// *J. Mater. Chem.* 2010, 20, pp.4478-4511
- [5] Hamoudi S., Saad R., Belkacemi K. Adsorptive Removal of Phosphate and Nitrate Anions from Aqueous Solutions Using Ammonium-Functionalized Mesoporous Silica// *Ind. Eng. Chem., Res.* 2007, 46 (25), pp.8806-8812
- [6] Cestari A. R., Vieira E. F. S., Pinto A. A., Lopez E. C. N. Multistep adsorption of anionic dyes on silica/chitosan hybrid: 1. Comparative kinetic data from liquid- and solid-phase models// *J. Colloid Interface Sci.* 2005, 292(2), pp.363-372
- [7] Chouyyok W., Wiacek R. J., Pattamakomsan K., Sangvanich T., Grudzien R. M., Fryxell G. E., Yantasee W. Phosphate removal by anion binding on functionalized nanoporous sorbents// *Environ. Sci. Technol.*, 2010, 44(8), pp.3073-3078
- [8] Власова Н.Н., Обороина Е.Н., Григорьева О.Ю., Воронков М.Г. Кремнийорганические ионообменные и комплексообразующие сорбенты// *Усп. хим.*, 2013, Т.82, вып. 5, -С. 449-464
- [9] *The Supramolecular Chemistry of Organic-Inorganic Hybrid Materials*, ed. K. Rurack, R. Martinez-Manez, Wiley 2010, ISBN: 978-0-470-37621-8
- [10] Smith A. H., Steinmaus C. M. Health Effects of Arsenic and Chromium in Drinking Water: Recent Human Findings// *Annu. Rev. Public Health*, 2009, 30, pp.107-122
- [11] Wörmeyer K., Alnaief M. M., Smirnova I. Amino functionalised silica-aerogels for CO₂-adsorption at low partial pressure// *Adsorption*, 2012, 18, pp.163-171
- [12] Ulman A. *An introduction to ultrathin organic films: From Langmuir-Blodgett to selfassembly* (New York: Academic Press) 1991
- [13] Dubois L. H. and Nuzzo R. G. Synthesis, structure, and properties of model organic surfaces// *Annu. Rev. Phys. Chem.* 1991, 43, 437 p.
- [14] Nuzzo R. G. and Allara D. L. Adsorption of bifunctional organic disulfides on gold surfaces// *J. Am. Chem. Soc.* 1983, 105, pp.4481-4483
- [15] Nirmalya K. Chaki, Aslam M., Jadab Sharma and Vijayamohan K. Applications of self-assembled monolayers in materials chemistry// *Proc. Indian Acad. Sci. (Chem. Sci.)*, 2001, 113(5,6), pp.659-670
- [16] Ulman A. Formation and Structure of Self-Assembled Monolayers// *Chem. Rev.*, 1996, 96 (4), pp. 1533-1554
- [17] Łęska B., Pankiewicz R., Gierczyk B., Schroeder G., Brzezinski B. Structure and electrochemical reactivity of new sulphur-silicon podands adsorbed on silver or gold surfaces// *J. Mater. Sci.*, 2008, 43, pp. 3459-3465
- [18] Duan C and Meyerhoff M. E. Separation-free sandwich enzyme immunoassays using microporous gold electrodes and self-assembled monolayer/immobilized capture antibodies // *Anal. Chem.* 1994, 66, pp.1369-1377
- [19] Bain C. D. and Whitesides G. M. Depth Sensitivity of Wetting: Monolayers of w-Mercaptoethers on Gold// *J. Am. Chem. Soc.* 1988, 110, pp.5897-5898
- [20] (a) Laibinis P. E. and Whitesides G. M. Self-Assembled Monolayers of n-Alkanethiolates on Copper Are Barrier Films That Protect the Metal against Oxidation by Air// *J. Am. Chem. Soc.*, 1992, 114, pp.9022; (b) Flink S., Van-Veggel C. J. M. and Reinhoudt D. N. Sensor Functionalities in Self-Assembled Monolayers // *Adv. Mater.* 2000, 12, pp.1315 -1328
- [21] Prime K. L. and Whitesides G. M. Self-assembled organic monolayers: model systems for studying adsorption of proteins at surfaces// *Science*, 1991, 252, pp.1164-1167
- [22] Sagiv J. Organized monolayers by adsorption: 1. Formation and structure of oleophobic mixed monolayers on solid surfaces// *J. Am. Chem. Soc.* 1980, 102, pp.92-98
- [23] (a) Heflin J. R., Figura C., Marciu D., Liu Y and Claus R. O. Thickness Dependence of Second Harmonic Generation in Thin Films Fabricated from Ionically Self-Assembled Monolayers// *Appl. Phys. Lett.* 1999, 74, pp. 495; (b) Dannenberger O, Buck M and Grunze M. Self-Assembly of n-Alkanethiols: A Kinetic Study by Second Harmonic Generation// *J. Phys. Chem.*, 1999, pp.2202 -2213

[24] Тукибаева А.С. Отчет проекта (промежуточный) “Разработка технологии получения новых типов анионных рецепторов в виде компонентов гибридных материалов, заданных для устранения ионов, разрушающих окружающую среду”, 2016, 76с.

REFERENCES

- [1] Feldman M., Desrochers P., *Ind. Innov.*, **2003**, 10, 5-24 (in Eng.)
[2] Lee S. D., Lee B., Choo K., *Korean J. Chem. Eng.*, **2011**, 28(6), 1393-1399 (in Eng.)
[3] Zaitsev V. N., Kobylinskaya N. G., *Russ. Chem. Bull. (Int. Ed.)* **2005**, 54, 1842-1846 (in Eng.)
[4] Walcarius A., Mercier L., *J. Mater. Chem.* **2010**, 20, 4478-4511 (in Eng.)
[5] Hamoudi S., Saad R., Belkacemi K., *Ind. Eng. Chem., Res.* **2007**, 46 (25), 8806-8812 (in Eng.)
[6] Cestari A. R., Vieira E. F. S., Pinto A. A., Lopes E. C. N., *J. Colloid Interface Sci.* **2005**, 292, 363-372 (in Eng.)
[7] Chouyyok W., Wiacek R. J., Pattamakomsan K., Sangvanich T., Grudzien R. M., Fryxell G. E., Yantasee W., *Environ. Sci. Technol.*, **2010**, 44(8), 3073-3078 (in Eng.)
[8] Vlasova N.N., Oborina E.N., Grigor'eva O. Yu., Voronkov M.G., *Uspekhi himii*, **2013**, 82, 5, 449-464 (in Rus.)
[9] *The Supramolecular Chemistry of Organic-Inorganic Hybrid Materials*, ed. K. Rurack, R. Martinez-Manez, Wiley **2010**, ISBN: 978-0-470-37621-8 (in Eng.)
[10] Smith A. H., Steinmaus C. M., *Annu. Rev. Public Health*, **2009**, 30, 107-122 (in Eng.)
[11] Wörmeyer K., Alnaief M. M., Smirnova I., *Adsorption*, **2012**, 18, 163-171 (in Eng.)
[12] Ulman A. *An introduction to ultrathin organic films: From Langmuir-Blodgett to selfassembly* (New York: Academic Press), 1991 (in Eng.)
[13] Dubois L. H. and Nuzzo R. G., *Annu. Rev. Phys. Chem.*, **1991**, 43, 437 (in Eng.)
[14] Nuzzo R. G. and Allara D. L., *J. Am. Chem. Soc.*, **1986**, 108, 4481-4483 (in Eng.)
[15] Nirmalya K Chaki, Aslam M., Jadab Sharma and K Vijayamohanam, *Proc. Indian Acad. Sci. (Chem. Sci.)*, **2001**, 113(5,6), 659-670 (in Eng.)
[16] Ulman A., *Chem. Rev.* **1996**, 96, 1533-1554 (in Eng.)
[17] Leška B., Pankiewicz R., Gierczyk B., Schroeder G., Brzezinski B., *J. Mater. Sci.*, **2008**, 43, 3459-3465 (in Eng.)
[18] Duan C. and Meyerhoff M. E., *Anal. Chem.* **1994**, 66, 1369-1377 (in Eng.)
[19] Bain C. D. and Whitesides G. M., *J. Am. Chem. Soc.* **1988**, 110, 5897-5898 (in Eng.)
[20] (a) Laibinis P. E. and Whitesides G. M., *J. Am. Chem. Soc.*, **1992**, 114, 9022; (b) Flink S., Van-Veggel C. J. M. and Reinhoudt D. N., *Adv. Mater.*, **2000**, 12, 1315-1328 (in Eng.)
[21] Prime K. L. and Whitesides G. M., *Science*, **1991**, 252, 1164-1167 (in Eng.)
[22] Sagiv J., *J. Am. Chem. Soc.*, **1980**, 102, 92-98 (in Eng.)
[23] (a) Heflin J. R., Figura C., Marciu D., Liu Y. and Claus R. O., *Appl. Phys. Lett.*, **1999**, 74, 495; (b) Dannenberger O., Buck M. and Grunze M., *J. Phys. Chem.*, **1999**, 2202-2213 (in Eng.)
[24] Tukibayeva A., Report of the project “Development of the obtaining technology of the novel type of anionic receptors as components of hybrid materials tailored for removal of ions detrimental to the natural environment”, **2016**, 76 (in Russ.)

ӘОЖ: 547-386

Б. Леска¹, Л. Табиш¹, А.С. Тукибаева², Н. Абылкасымов², С. Сапарбаева³

¹Познаньдағы Адама Мицкевич Университеті, Познань қ., Польша;

²М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент қ., Қазақстан;

³Академиялық инновациялық университеті, Шымкент қ., Қазақстан

МЕТАЛЛ (АЛТЫН, КҮМІС) БЕТТЕРІНДЕ АНИОНДЫ ЛИГАНДАЛАРДЫҢ ӨЗДІГІНЕН ТҮЗІЛЕТІН ОРГАНО-КРЕМНИЙЛІ МОНОҚАБАТТАРЫН АЛУ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ҚАСИЕТТЕРІНІҢ КОМПЛЕКСТІ ИОНДАРҒА ТӘУЕЛДІЛІГІН ЗЕРТТЕУ

Аннотация. Жұмыста металл (алтын, күміс) беттерінде анионды лигандардың өз бетінше түзілетін орғано-кремнийлі моноқабаттарын алу және олардың қасиеттерінің комплексті иондарға тәуелділігін зерттеу нәтижелері келтірілген. Зерттелетін қосылыстар транс-этерификация көмегімен 3 - (триметоксисилил) пропантриол мен сәйкес келетін спирттен алынды. FT-IR шағылысу спектрлері алтын мен күмістің бетінде 1-3 түрлерінің күшті хемосорбцияланғанын көрсетті. Адсорбциялану кезінде, S-H байланыстары үзіліп, Ag-S байланыстары түзіледі. AM1d есептеулері көрсеткендей, Ag-S байланыстары кейбір қосылған иондармен күшті ковалентті сипатқа ие.

Түйін сөздер: кремнийорғаникалық қабат, өздігінен түзілу, металдық (алтын, күміс) беттер, комплекс түзу, сілтілік металдардың комплекстері.