

УДК 546.621+785.36

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/48/06>

**ПОЛУЧЕНИЕ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ ПАСТЫ  
В КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЕ  $\text{BaCl}_2\text{-SrCl}_2\text{-Sb}_2\text{O}_3$   
НА ОСНОВЕ ЛИМОННОЙ КИСЛОТЫ И  $\text{H}_2\text{O}$   
ПРИ ТЕМПЕРАТУРНОМ ИНТЕРВАЛЕ 40-42°C**

©Атамбекова А. К., Жалал-Абадский государственный университет,  
г. Джалал-Абад, Кыргызстан

©Ташполотов Ы., Ошский государственный университет, г. Ош, Кыргызстан

©Ысманов Э. М., Институт природных ресурсов им. А. С. Джаманбаева ЮО НАН КР,  
г. Ош, Кыргызстан

**PRODUCTION OF ZOL-GEL PASTA IN THE COMPLEX SYSTEM  $\text{BaCl}_2\text{-SrCl}_2\text{-Sb}_2\text{O}_3$   
BASED ON LEMONIC ACID AND  $\text{H}_2\text{O}$  AT TEMPERATURE INTERVAL 40-42 °C**

©Atambekova A., Jalal-Abad State University, Jalal-Abad, Kyrgyzstan,

©Tashpolotov Y., Osh State University, Osh, Kyrgyzstan,

©Ysmanov E., Dzhamanbaev Institute of Natural Resources SD NAS KR, Osh, Kyrgyzstan

**Аннотация.** В статье исследованы режимы получения золь-гель пасты из многокомпонентных веществ хлорида бария ( $\text{BaCl}_2$ ), хлорида стронция ( $\text{SrCl}_2$ ), трехокись сурьмы ( $\text{Sb}_2\text{O}_3$ ), лимонной кислоты в жидкой среде комплексометрическим (хелатным) методом. В процессе реакции pH среды составляла 5,5 ед., а температурный интервал 40–42 °C. Для эффективного комплексообразования использовали электромешалку. Соотношение многокомпонентных веществ в соответствии с формулой  $\text{Ba}_{\text{Iх}}\cdot\text{Sr}_{\text{Iх}}\cdot\text{Sb}_{\text{Iх}}\cdot\text{ЛК}_{\text{Iх}}$  (где  $\text{X} = \text{I:I:I:I}$ ). Исследование этих реакций комплексообразования основаны на взаимодействии органических комплексонов с ионами металлов. Таким образом, золь-гель процесс включает гидролиз при определенном температурном интервале, и механические действия последних приводят к дальнейшей полимеризации с образованием вязкой смолы (геля). Получена однородная белая паста, которая является нановеществом.

**Abstract.** The article investigated the preparation of sol-gel paste from many component substances barium chloride ( $\text{BaCl}_2$ ), strontium chloride ( $\text{SrCl}_2$ ), antimony trioxide ( $\text{Sb}_2\text{O}_3$ ), citric acid in a liquid medium by the complexometric (chelate) method. During the reaction, the pH of the medium was 5.5 units, temperature conditions 40–42 °C. For efficient complex formation, an electric mixer was used. The ratio of multicomponent substances was according to the following formula  $\text{Ba}_{\text{Iх}}\cdot\text{Sr}_{\text{Iх}}\cdot\text{Sb}_{\text{Iх}}\cdot\text{CA}_{\text{Iх}}$  (where  $\text{X} = \text{I:I:I:I}$ ). This reaction was studied, complexes with metal ions. Thus, the sol-gel process includes hydrolysis at temperature conditions, and the mechanical effects of the latter processes occur during further polymerization and a viscous resin (gel) is formed. A homogeneous white paste is obtained, which is nanosubstances.

**Ключевые слова:** перовскит, «золь-гель» солнечная батарея, комплексометрия, хелатометрия, гидролиз, полимеризация, коллоидная система, цитрат, pH-среда, температурный интервал, наночастица, ионы металла, органические комплексоны, паста, смола.

**Keywords:** perovskite, sol-gel, solar cells, complexometry, chelometry, hydrolysis, polymerization, system, colloid, citrate, pH, temperature, nanoparticle, effect, metal ions, organic complexones, paste, resin.

### Введение

К перовскитовым материалам в настоящее время наблюдается большой практический и научный интерес [1-5]. Поскольку, перовскитовые материалы находят широкие применения при производстве солнечных элементов, в фотокатализе, а также является активным компонентом в газовых сенсорах. Особый интерес представляют наноматериалы на их основе. С нашей точки зрения, одним из наиболее перспективных подходов является применение золь-гель метода для получения золь-гель пасты, так как для решения ряда технологических задач необходимы универсальные подходы, позволяющие обеспечивать возможность модифицирования получаемого продукта с целью придания ему полезных свойств. Перечисленными свойствами обладает золь-гель метод. Действительно, золь-гель технология позволяет регулировать различные физико-химические характеристики путем корректировки фазового состава материала на стадии приготовления гелиевого прекурсора [6-8].

Как известно, перовскит и его аналогии стали очень перспективным материалом для производства солнечных батарей, а также широко применяется в микроэлектронике, оптике, электрохимии, в производстве пигментов, керамики, косметики, газовых датчиков, не органических мембран, диэлектриков, в синтезе мезопористых пленочных покрытий и др. [1]

### Экспериментальная часть

В настоящее время активно изучаются свойства золь-гель материалов, модифицированных аналитическими реагентами. «Золь-гель» метод [3] основан на способности хелатных комплексов (комплексометрия, хелатометрия) участия в реакциях комплексообразования, в частности, с органическими комплексами) с ионами металлов образует низкомолекулярные олигомеры, при нагревании последних происходит дальнейшая полимеризация и образуется вязкая смола (гель), при разложении который получается оксидный порошок (ТУ 6-09-2541-72. Стандарт – приготовление образцовых растворов для рН метрии.). С помощью золь-гель метода получают оксидные, гомогенные системы, а их дальнейшая модификация приводит к формированию наночастиц в соответствующих материалах в матрице. Таким образом, золь-гель процесс включает гидролиз, полимеризацию на реакцию участвуют органические растворители (спирты, альдегиды, лимонная, щавелевая кислота) [4].

*Золь-гель процесс проходит в 3 этапа*

В первом этапе происходит образование золя, второй этап гелеобразование, третий — окончательные формирование наноструктуры (Рисунок).

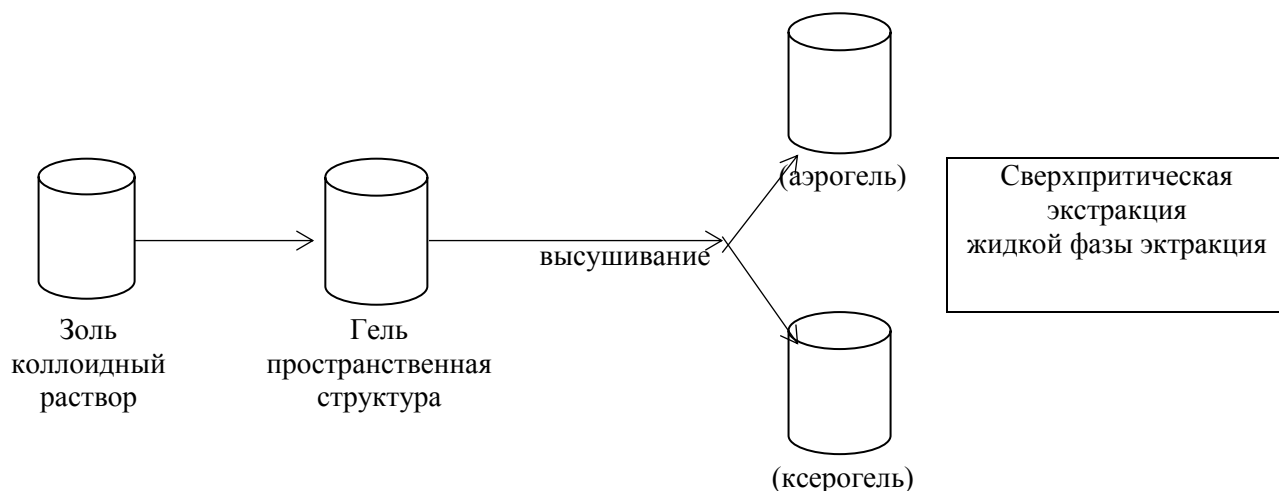


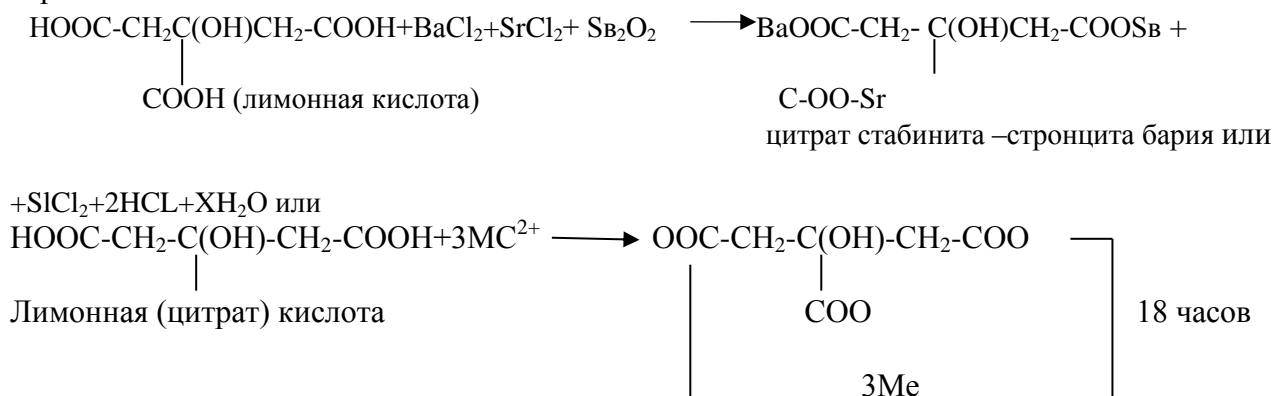
Рисунок. Этапы формирования наноструктурного ксерогеля

Для получения «золь-гель пасты» использовали коллоидный раствор со следующим химическим составом: хлорид бария ( $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )<sub>2</sub>,+ хлорид стронция ( $\text{SrCl}_2$ ) + трехокись сурьмы ( $\text{Sb}_2\text{O}_3$ ) + лимонная кислота ( $\text{HOOCCH}_2\text{C}(\text{OH})\text{CH}_2\text{-COOH}$ )+ $\text{H}_2\text{O}$  (вода)

pH — среда многокомпонентного раствора составляло pH 5,5. который измеряли с помощью pH метра [5] в температурном интервале 40-42°C.

Для эффективного комплексообразования веществ использовали электромешалку с малым оборотом в течении 12 ч. Содержание многокомпонентного раствора выражается по формуле:  $\text{Ba}_{\text{Iх}} \cdot \text{Sr}_{\text{Iх}} \cdot \text{Sb}_{\text{Iх}} \cdot \text{ЛК}_{\text{Iх}}$  (где X = I:I:I:I)

Полученную гель-пасту предварительно можно называть цитрат стабинита-стронцита-бария:



Гель паста цитрат стабинита-сронцита бария

### Выводы

Исследование показало, что в исследуемой системе в кислой среде pH= 5,5 были синтезированы комплексное соединение цитрат стабинита-стронцита-бария.

Разработанная золь-гель технология получения золь-гель пасты позволила установить температурный режим — 40-42°C, комплексообразования с помощью электромешалки.

По результатам исследований было показано, что полученная однородная белая гель паста по структуре является нановеществом.

### Список литературы:

1. Шабанова Н. А., Саркисов П. Д. Золь-гель технологии. Нанодисперсный кремнезем. 2012. 328 с.
2. Холов П. А., Руденко М. В., Гапоненко Н. В. Золь-гель синтез и перспективы применения пленок титаната бария // Доклады Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники. 2017. №4 (106). С. 32-36.
3. Цитович И. К. Курс аналитической химии. М.: Лань, 2009. 495 с.
4. Алисиенок О. А. Золь-гель метод получения титаната-станната бария  $\text{Ba}_{1-x}\text{Mn}_x\text{TiO}_3$ ,  $0 \leq x \leq 0,003$ , обладающего позисторным эффектом // Успехи в химии и химической технологии. 2007. Т. 21. №. 7 (75).
5. Cernea M. Methods for preparation of  $\text{BaTiO}_3$  thin films // Journal of Optoelectronics and Advanced Materials. 2004. V. 6. №4. P. 1349-1356.
6. Ali A. I. et al. The influence of  $\text{SrTiO}_3$  buffer layer on ferroelectric properties of Al-doped  $\text{BaTiO}_3$  thin films // Journal of Electroceramics. 2014. V. 33. №1-2. P. 47-52. <https://doi.org/10.1007/s10832-014-9914-4>

7. Hashim F. S., Mohaimed A. A. Structural, Morphological, and Some Optical Properties of Amorphous and Polycrystalline Lead Oxide Thin Films // *AL-Qadisiyah Journal of pure Science*. 2018. V. 23. №1.

8. Manasa S., Subasri R. Effect of heat treatment on the optical properties of sol-gel-derived, fully dielectric solar control coatings on glass // *Journal of Coatings Technology and Research*. 2016. V. 13. №4. P. 623-628. <https://doi.org/10.1007/s11998-015-9755-3>

#### References:

1. Shabanova, N. A., & Sarkisov, P. D. (2012). Zol'-gel' tekhnologii. *Nanodispersnyi kremnezem*. (in Russian).

2. Kholov, P. A., Rudenko, M. V., & Gaponenko, N. V. (2017). Sol-gel synthesis of barium titanate films and perspectives of their application *Doklady BGUIR*, 106(4), 32-36. (in Russian).

3. Tsitovich, I. K. (2009). Kurs analiticheskoi khimii. Moscow. (in Russian).

4. Alisienok, O. A. (2007). Zol'-gel' metod polucheniya titanata-stannata bariya Ba 1-xmn xti 0, 9Sn 0, 1o 3 (x= 0,001; 0,002; 0,003), obladayushchego pozistornym effektom. *Uspekhi v khimii i khimicheskoi tekhnologii*, 21(7 (75)). (in Russian).

5. Cernea, M. (2004). Methods for preparation of BaTiO<sub>3</sub> thin films. *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials*, 6(4), 1349-1356.

6. Ali, A. I., Senthikuma, V., Kim, I. W., & Kim, Y. S. (2014). The influence of SrTiO<sub>3</sub> buffer layer on ferroelectric properties of Al-doped BaTiO<sub>3</sub> thin films. *Journal of Electroceramics*, 33(1-2), 47-52. <https://doi.org/10.1007/s10832-014-9914-4>

7. Hashim, F. S., & Mohaimed, A. A. (2018). Structural, Morphological, and Some Optical Properties of Amorphous and Polycrystalline Lead Oxide Thin Films. *AL-Qadisiyah Journal of pure Science*, 23(1).

8. Manasa, S., & Subasri, R. (2016). Effect of heat treatment on the optical properties of sol-gel-derived, fully dielectric solar control coatings on glass. *Journal of Coatings Technology and Research*, 13(4), 623-628. <https://doi.org/10.1007/s11998-015-9755-3>

Работа поступила  
в редакцию 16.10.2019 г.

Принята к публикации  
20.10.2019 г.

#### Ссылка для цитирования:

Атамбекова А. К., Ташполотов Ы., Ысманов Э. М. Получение золь-гель пасты в комплексной системе BaCl<sub>2</sub>-SrCl<sub>2</sub>-Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub> на основе лимонной кислоты и H<sub>2</sub>O при температурном интервале 40-42 °С // Бюллетень науки и практики. 2019. Т. 5. №11. С. 50-53. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/48/06>

#### Cite as (APA):

Atambekova, A., Tashpolotov, Y., & Ysmanov, E. (2019). Production of Zol-Gel Pasta in the Complex System BaCl<sub>2</sub>-SrCl<sub>2</sub>-Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Based on Lemonic Acid and H<sub>2</sub>O at Temperature Interval 40-42 °C. *Bulletin of Science and Practice*, 5(11), 50-53. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/48/06> (in Russian).