

**УДК 553.635.1:666.913.2**

## **ВЛИЯНИЕ ПОЛИФОСФАТОВ НАТРИЯ НА ПРОЦЕСС ОТВЕРЖДЕНИЯ ГИПСА**

*Гришковец В. И.<sup>1</sup>, Норкин А. С.<sup>1</sup>, Остапенко А. Д.<sup>1</sup>, Яковишин Л. А.<sup>2</sup>, Миневиц А. А.<sup>3</sup>*

*<sup>1</sup>Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия*

*<sup>2</sup>ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», Севастополь, Республика Крым, Россия*

*<sup>3</sup>Медицинская академия им. С. И. Георгиевского (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия*

*E-mail: vladgri@ukr.net*

Изучено влияние натриевых солей диполифосфорной и триполифосфорной кислот (пирофосфата натрия и триполифосфата натрия) на процесс отверждения гипса. Исследована концентрационная зависимость ингибирующего действия каждой из солей в диапазоне концентраций 0,0031–0,05 моль/л. Показано, что оба полифосфата проявляют высокую ингибирующую активность, сопоставимую с активностью цитрата натрия. Практическое использование исследованных фосфатов наиболее эффективно в диапазоне концентраций 0,005–0,015 моль/л.

**Ключевые слова:** гипс, ингибирование отверждение, пирофосфат натрия, триполифосфат натрия.

### **ВВЕДЕНИЕ**

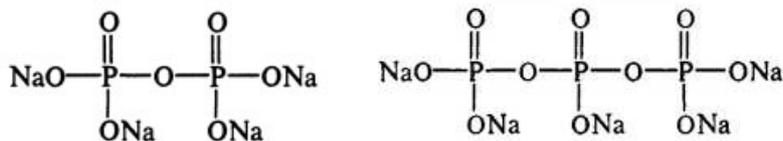
Хорошо известно, что гипсовые вяжущие материалы находят очень широкое применение в технике, промышленности и в строительной индустрии [1–3]. Работы в области модифицирующих добавок в гипсовые смеси с целью, как изменения их прочностных свойств, так и с целью продления времени формирования гипсовых составов давно известны и продолжают быть актуальными [4]. В строительстве модифицирующие добавки, замедляющие скорость отверждения гипсовых вяжущих веществ неизменно пользуются большим спросом. Поэтому изучение различных модификаторов при получении гипсовых вяжущих веществ представляет актуальную задачу и требует детального научного исследования.

Влияние фосфатных солей на процесс схватывания гипса известно давно, однако исследования в этом направлении носили скорее исключительно прикладной характер и выбор модификаторов часто был случайным, тестировались лишь самые распространенные производные фосфорной кислоты, а исследования обычно не имели систематического подхода.

Ранее мы изучили влияние фосфата натрия, гидрофосфатов натрия, калия, аммония и дигидрофосфата натрия на процесс отверждения гипса [5] и показали, что наибольшей ингибирующей активностью обладает тризамещенный фосфат натрия. Дизамещенные фосфаты натрия, калия и аммония обладают сравнимой с

фосфатом натрия активностью, а дигидрофосфат натрия практически не проявляет ингибирующую активность.

Целью настоящей работы явилось изучение натриевых солей ди- и триполифосфорных кислот, а именно пирофосфата натрия и триполифосфата натрия:



в качестве ингибиторов процесса отверждения гипса, установление зависимости ингибирующего действия от концентрации каждого из полифосфатов и сравнение ингибирующего действия пирофосфата натрия и триполифосфата натрия с ранее изученным цитратом натрия.

Ранее в патенте [6] описано ингибирующее действие близких по структуре соединений – триметафосфата натрия и полифосфата натрия со средней длиной цепи от 4 до 50 единиц фосфата.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

В работе использовались вещества: гипс строительный Г5, пирофосфат натрия ( $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ), триполифосфат натрия ( $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ ), цитрат натрия ( $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 5,5\text{H}_2\text{O}$ ). В ходе работы использовали исходные 0,1 М растворы фосфатных солей. Путем последовательного разбавления дистиллированной водой были получены растворы следующих молярностей: 0,05; 0,025; 0,0125; 0,0062; 0,0031.

Для определения времени начала и окончания отверждения брали навески гипса по 2,0 г, к которым добавляли по 1,2 мл исследуемых растворов каждого из фосфатов в указанных выше концентрациях. Смеси перемешивали в ступке с помощью пестика в течение 10 с. Получившуюся гипсовую массу переносили на подложку и фиксировали время начала и окончания отверждения образца. Момент помутнения глянцевої поверхности гипсовой смеси отмечали как начало процесса отверждения. Время окончательного отверждения определялось в момент, когда образец переставал деформироваться при надавливании стеклянной палочкой.

### **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

В качестве объектов исследования были взяты пирофосфат натрия ( $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) и триполифосфат натрия ( $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ ). В качестве объекта сравнения – цитрат натрия ( $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 5,5\text{H}_2\text{O}$ ). Исследовалось ингибирующее действие вышеуказанных фосфатов на процесс отверждения гипса в концентрациях от 0,0016 до 0,05 моль/л. Результаты исследования приведены в таблице 1 и графически иллюстрированы в рисунках 1 и 2. В «холостом» опыте с использованием дистиллированной воды вместо растворов полифосфатов время начала затвердения

для гипса составило около 4 минут, а окончательное затверждение массы наблюдалось через 9 минут.

**Таблица 1**  
**Ингибирующее действие полифосфатов натрия на процесс отверждения гипса**

C (моль/л)	Na <sub>3</sub> C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> O <sub>7</sub>		Na <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>		Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	
	Начало (мин.)	Окончание (мин.)	Начало (мин.)	Окончание (мин.)	Начало (мин.)	Окончание (мин.)
0,05	90	240	100	300	145	300
0,025	80	200	100	180	150	300
0,0125	70	140	37	60	170	240
0,0063	50	80	13	40	55	75
0,0031	30	40	10	40	20	40
0,0016	20	35	5	24	8	30

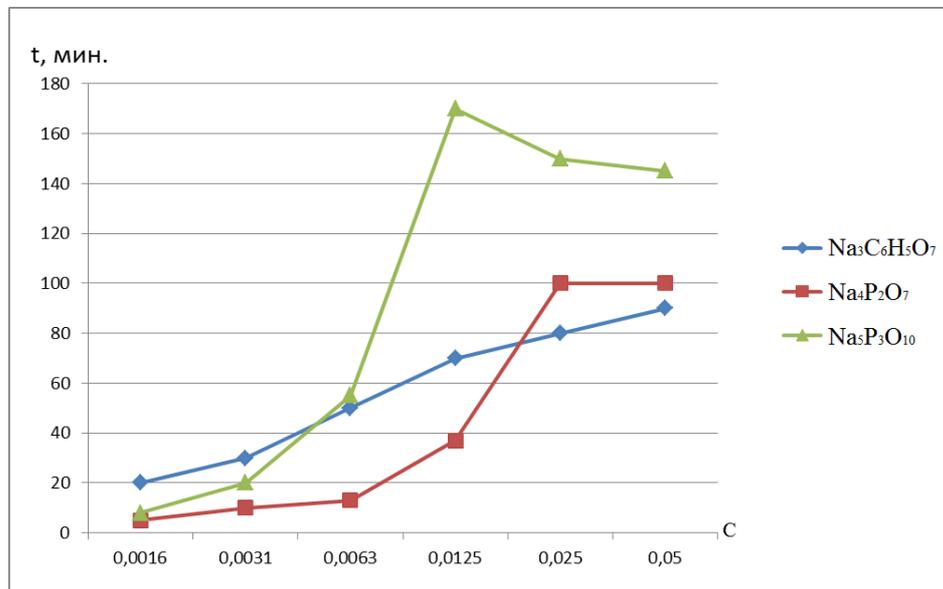


Рис. 1. Зависимость времени начала отверждения гипса от концентрации солей.

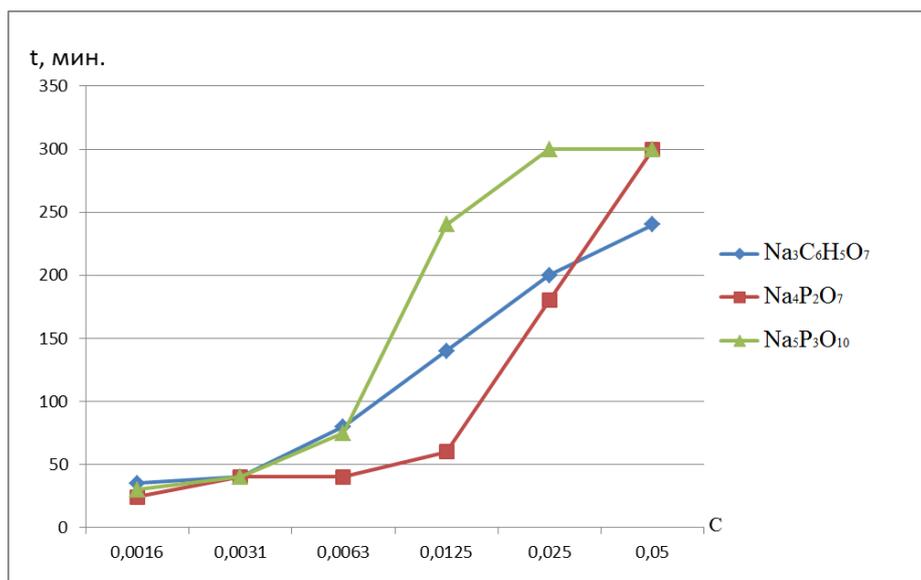


Рис. 2. Зависимость времени окончания отверждения гипса от концентрации солей.

Из полученных результатов можно заключить, что оба исследованных полифосфата проявляют высокую ингибирующую активность, представляющую интерес в плане практического использования. В сравнении с ранее исследованным нами цитратом натрия [7] активность пирофосфата натрия, в общем, несколько ниже, однако активность триполифосфата натрия, особенно в концентрациях от 0,0063 моль/л, существенно выше активности цитрата натрия. С увеличением концентрации исследованных фосфатов активность также возрастает. Для триполифосфата натрия на графике зависимости времени начала отверждения от концентрации наблюдается максимум активности при 0,0125 моль/л, а время окончательного отверждения с концентрации выше 0,02 моль/л выходит на плато, что, очевидно, связано с проявлением отмеченного нами ранее для дизамещенных ортофосфатов [5] параллельного эффекта ускорения индифферентными солями. Кроме того, для высоких концентраций как пирофосфата, так и триполифосфата (выше 0,02 моль/л) замечено и снижение механической прочности отливок, особенно заметное для концентрации 0,05 моль/л. Для более низких концентраций отличий в механической прочности отливок в сравнении с использованием в качестве затворяющей жидкости дистиллированной воды не обнаружено. Результаты, приведенные в таблице 1, позволяют рекомендовать растворы пирофосфата натрия и триполифосфата натрия в качестве затворяющей жидкости в интервале концентраций 0,003–0,013 моль/л. При этом время начала схватывания в сравнении с 4 минутами у воды для пирофосфата увеличивается до 10–40 минут, а время полного отверждения возрастает с 9 минут до 40–60 минут. Для триполифосфата натрия в этом же диапазоне концентраций время начала схватывания составляет 20–170 минут и время окончания – 40–240 минут. Наиболее

оптимальным, очевидно, следует считать диапазон концентраций 0,005–0,015 моль/л для обеих солей, причем активность триполифосфата при этом примерно в четыре раза выше.

#### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. Изучено влияние пирофосфата натрия и триполифосфата натрия, на процесс отверждения гипса.
2. Исследована концентрационная зависимость ингибирующего действия каждой из солей в диапазоне концентраций 0,0031–0,05 моль/л.
3. Показано, что ингибирующая активность триполифосфата натрия примерно в 4 раза выше активности пирофосфата.
4. Практическое использование исследованных фосфатов в качестве замедлителей процесса отверждения гипса наиболее эффективно в диапазоне концентраций 0,005–0,01 моль/л для обеих солей.

#### **Список литературы**

1. Попов К. Н. Строительные материалы и изделия: учебник для вузов / К. Н. Попов, М. Б. Каддо. – М.: Высшая школа, 2005. – 438 с.
2. Бутт Ю. М. Химическая технология вяжущих материалов: учебник для вузов / Ю. М. Бутт, М. М. Сычев, В. В. Тимашев. – М.: Высшая школа, 1980. – 472 с.
3. Сулименко Л. М. Технология минеральных вяжущих материалов и изделий на их основе: учебник для вузов / Л. М. Сулименко. – М.: Высшая школа, 2005. – 334 с.
4. Kunze R. A. Gypsum and Plaster / R. A. Kunze, A. G. Thayer // Cem. Res. Prog. – 1986. – P. 267–283.
5. Влияние фосфатов натрия на процесс отверждения гипса / В. И. Гришковец, А. С. Норкин, Л. А. Яковишин, Е. Н. Корж // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. – 2019. – Т. 5 (71), № 4. – С. 262–269.
6. Пат. 2383507 RU. Способ замедления схватывания гипса и приготовлений с гипсом / Стаффел Т., Лёш С. – опубл. 03.10.2010, Бюл. № 7.
7. Гришковец В. И. Влияние солей лимонной кислоты на процесс отверждения гипса / В. И. Гришковец, Л. А. Яковишин, Е. Н. Корж // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. – 2016. – Т. 2 (68), № 3. – С. 83–89.

### **INFLUENCE OF SODIUM POLYPHOSPHATES ON THE CURING GYPSUM PROCESS**

*Grishkovets V. I.<sup>1</sup>, Norkin A. S.<sup>1</sup>, Ostapenko A. D.<sup>1</sup>, Yakovishin L. A.<sup>2</sup>, Minevich A. A.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia*

<sup>2</sup>*Sevastopol State University, Sevastopol, Russia*

*E-mail: vladgri@ukr.net*

The effect of sodium salts of dipolyphosphoric and tripolyphosphoric acids (sodium pyrophosphate and sodium tripolyphosphate) on the gypsum curing process was studied. The concentration dependence of the inhibitory effect of each of the salts in the concentration range of 0.0031–0.05 mol/L was studied.

From the results obtained, it can be concluded that both polyphosphates studied exhibit high inhibitory activity, which is of interest in terms of practical use. In comparison with the previously studied sodium citrate, the activity of sodium pyrophosphate is generally somewhat lower, but the activity of sodium tripolyphosphate, especially in concentrations from 0.0063 mol/L, is significantly higher than the activity of sodium citrate. As the concentration of the studied phosphates increases, the activity also increases.

For sodium tripolyphosphate, the maximum activity is observed at 0.0125 mol/L, and the final curing time from a concentration above 0.02 mol/L reaches a plateau. In addition, for high concentrations of both pyrophosphate and tripolyphosphate (above 0.02 mol/L), a decrease in the mechanical strength of castings was observed, especially noticeable for a concentration of 0.05 mol/L. For lower concentrations, there were no differences in the mechanical strength of castings in comparison with the use of distilled water as a closing liquid. Obviously, the most optimal range of concentrations is 0.005–0.015 mol/L for both salts, and the activity of tripolyphosphate is approximately four times higher.

**Keywords:** gypsum, the inhibition of curing, sodium pyrophosphate, sodium tripolyphosphate.

### References

1. Popov K. N., Kaddo M. B., *Building materials and products: a textbook for high schools*, 438 p. (High school, Moscow, 2005). (In Russ.).
2. Butt Yu. M., Sychev M. M., Tamashev V. V., *Chemical technology of knitting materials: the textbook for high schools*, 472 p. (High school, Moscow, 1980). (In Russ.).
3. Sulimenko L. M., *The technology of mineral binding materials and products based on them: a textbook for high schools*, 334 p. (High school, Moscow, 2005). (In Russ.).
4. Kunze R. A., Thayer A. G., Gypsum and Plaster, *Cem. Res. Prog.*, 267 (1986).
5. Grishkovets V. I., Norkin A. S., Yakovishin L. A., Korzh E. N., The effect of sodium phosphates in the curing gypsum process, *Scientific Notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, **5** (4), 262 (2019). (in Russ.).
6. Pat. 2383507 RU, *Method for moderation of gypsum setting and preparations with gypsum*, Staffel T., Lesh S., Publ. October 03, 2010, Bull. 7. (in Russ.).
7. Grishkovets V. I., Yakovishin L. A., Korzh E. N., Effect of citric acid salts on the process of gypsum curing, *Scientific Notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, **2** (3), 83 (2016). (in Russ.).