

УДК 541.123.3

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАСТВОРИМОСТИ КОМПОНЕНТОВ
В ВОДНОЙ СИСТЕМЕ ИЗ ХЛОРЭТИЛФОСФОНАТОВ,
ДИГИДРОФОСФАТА, СУЛЬФАТА АММОНИЯ
И ТРИКАРБАМИДОХЛОРАТА НАТРИЯ С ЦЕЛЬЮ РАЗРАБОТКИ
КОМПЛЕКСНОДЕЙСТВУЮЩЕГО ДЕФОЛИАНТА**

© 2024 г. Ш. Ш. Якубов^a, Д. О. Обиджонов^{a, *}, М. Ш. Адилова^b,
Ж. С. Шукуров^a, Б. Х. Кучаров^a, Б. С. Закиров^a

^a Институт общей и неорганической химии АН республики Узбекистан,
ул. Мирзо Улугбека, 77-а, Ташкент, 100170 Узбекистан

^b Ташкентский химико-технологический институт, ул. Навои, 32, Ташкент, 100170 Узбекистан

*e-mail: doniyor_obidjonov94@mail.ru

Поступила в редакцию 01.06.2023 г.

После доработки 25.08.2023 г.

Принята к публикации 27.08.2023 г.

Визуально-политермическим методом изучена растворимость в разрезе сложной водной системы, состоящей из хлорэтилфосфонатов, фосфата, сульфата аммония и трикарбамидохлората натрия в интервале температур $-21...+52^{\circ}\text{C}$. Построена политермическая фазовая диаграмма, на которой разграничены поля кристаллизации льда и компонентов системы. Установлено образование нового соединения — хлорэтилфосфонатмонохлората аммония $\text{NH}_4\text{ClO}_3 \cdot \text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{HPO}_3\text{NH}_4$, состав которого подтвержден методами химического и физико-химического анализа. Изучены вязкость, плотность (при 25°C) и температура кристаллизации ряда смесей в разрезе системы $[\text{65\% NaClO}_3 \cdot \text{3CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{5\%}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{30\% H}_2\text{O}] - [\text{21\% ClCH}_2\text{CH}_2\text{PO}(\text{OH})_2 \cdot \text{NH}_3 + \text{11\% ClCH}_2\text{CH}_2\text{PO}(\text{OH})_2 \cdot \text{2NH}_3 + \text{12\% NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{56\% H}_2\text{O}]$.

Ключевые слова: диаграмма растворимости, система, политерма, температура, кристаллизация, препарат “Нажот”, трикарбамидохлорат натрия, сульфат аммония, дефолиация

DOI: 10.31857/S0044457X24010112 EDN: ZZCZBD

ВВЕДЕНИЕ

Согласно современным представлениям о гормональной регуляции опадения листьев, этилен является главным эндогенным активатором процесса дефолиации. К таким продуцентам относятся 2-хлорэтилфосфоновая кислота и ее производные, на основе которых разработаны и рекомендованы такие препараты, как этрел, кампозан, гидрел, гетрел, флордимекс, этефон, этеверс, церон, преп и ряд других [1–4]. Однако вышеуказанные препараты обладают рядом недостатков, это невысокая и нестабильная эффективность, дороговизна, большая норма расхода на единицу площади посевов. Поэтому синтез новых высокоэффективных комплекснодействующих дефолиантов и стимуляторов полноценного раскрытия коробочек хлопчатника на основе 2-хлорэтилфосфоновой кислоты и ее аммонийных солей является одной из важнейших задач хлопководства, требующих решения.

В настоящее время для получения высоких урожаев хлопчатника хорошего качества применяют

хлорат натрия, содержащий физиологически активные вещества [5–8].

В работах [9–12] авторы предлагают новые комплексные составы, состоящие из этаноламинов и их производных с кислотами (уксусной и др.), для разработки физико-химических основ получения новых дефолиантов.

Авторы [13–17] в своих исследованиях проводили азотно-кислотную экстракцию отходов хлопкоочистительного завода с получением физиологически активного вещества, изучали процесс получения новых эффективных мягкодействующих дефолиантов путем добавления физиологически активных веществ и этиленпродуцентов в состав хлоратов магния и натрия.

Показано, что наиболее перспективным, агрохимически и экономически целесообразным способом повышения эффективности и увеличения урожайности сельскохозяйственных культур, а также улучшения качества сельскохозяйственной продукции является совместное применение дефолиантов

с этиленпродуцентами и минеральными удобрениями [18].

Настоящая работа является продолжением наших систематических исследований по взаимодействию трикарбамидохлората натрия и сульфата аммония с препаратом “Нажот” состава $[21\% \text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{PO}(\text{OH})_2 \cdot \text{NH}_3 + 11\% \text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{PO}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{NH}_3 + 12\% \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + 56\% \text{H}_2\text{O}]$. Наличие в составе препарата “Нажот” молекул этиленовой группы служит эндогенным стимулятором опадения, который ускоряет формирование отделительного слоя у эксплантов и интактных растений. В гормональной регуляции опадения листьев ведущую роль играет ауксин-этиленовое взаимодействие [19–22]. Этилен действует на опадение, усиливая синтез и активность гидролитических ферментов, таких как целлюлоза и пектиноза, способствует растворению межклеточного вещества и клеточных стенок, что служит непосредственной причиной отделения органа [23–25].

Для физико-химического обоснования процесса получения стимуляторов, ускоряющих процесс полноценного созревания, раскрытия коробочек хлопчатника и одновременно мягкодействующих дефолиантов, необходимо знание растворимости солей в системах, включающих изучаемые компоненты, и взаимодействие исходных компонентов в широком интервале температур и концентраций [26, 27].

Исходя из вышеизложенного, нами изучено взаимодействие компонентов в водной системе с участием трикарбамидохлората натрия, сульфата аммония и препарата “Нажот” в широком интервале температур и концентраций визуальном-политермическим методом [28].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В работе использовали хлорат натрия, карбамид, аммиак, фосфорную кислоту, дигидрофосфат и сульфат аммония марки “х. ч.”, 2-хлорэтилфосфоновую кислоту, полученную вакуумной выпаркой с последующей кристаллизацией и сушкой из ее 50%-го водного раствора.

Для проведения количественного химического анализа применяли общепринятые методы аналитической химии, в частности, количество хлорат-ионов определяли объемным перманганатометрическим методом [29], натрия — пламенным фотометрическим методом [30].

Для исследования растворимости компонентов в системе применяли визуальном-политермический метод, погрешность которого составляет $\pm 0.5^\circ\text{C}$ [28, 31]. 2-Хлорэтилфосфоновую кислоту определяли

по методике [32], амидный азот — спектрофотометрическим методом на приборе ФЭК-56М (погрешность ± 1.0 , ГОСТ 20851.1-75). Элементный анализ на углерод, азот и водород проводили согласно [33], плотность определяли пикнометрическим методом с точностью $\pm 0.001 \text{ г/см}^3$ [34]. Вязкость растворов измеряли с помощью вискозиметра ВПЖ, предельное отклонение составляло $\pm 0.02 \text{ мм}$, pH растворов — на pH-метре FE 20 Mettler Toledo, погрешность измерений ± 0.01 . Физико-химические свойства смесей определяли при 25°C .

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для физико-химического обоснования процесса синтеза производных 2-хлорэтилфосфоновой кислоты, используемых в качестве этиленпродуцирующих добавок к хлоратсодержащим дефолиантам, интерес представляет изучение поведения трикарбамидохлората натрия, сульфата аммония и препарата “Нажот” в системе $[21\% \text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{PO}(\text{OH})_2 \cdot \text{NH}_3 + 11\% \text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{PO}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{NH}_3 + 12\% \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + 56\% \text{H}_2\text{O}] - [65\% \text{NaClO}_3 \cdot 3\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 5\% (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 30\% \text{H}_2\text{O}] - \text{H}_2\text{O}$ в широком интервале температур и концентраций.

Бинарная составляющая трехкомпонентной системы $[65\% \text{NaClO}_3 \cdot 3\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 5\% (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 30\% \text{H}_2\text{O}] - \text{H}_2\text{O}$ изучена нами впервые в интервале температур от -15.5 до 70°C .

Растворимость компонентов в системе $[21\% \text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{PO}(\text{OH})_2 \cdot \text{NH}_3 + 11\% \text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{PO}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{NH}_3 + 12\% \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + 56\% \text{H}_2\text{O}] - [65\% \text{NaClO}_3 \cdot 3\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 5\% (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 30\% \text{H}_2\text{O}] - \text{H}_2\text{O}$ изучена визуальном-политермическим методом в интервале температур от -21.0 до 52.1°C (рис. 1). Установлены три тройные узловые точки системы, для которых определены температуры кристаллизации и составы равновесных растворов (табл. 1). Из фазовой диаграммы системы $[21\% \text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{PO}(\text{OH})_2 \cdot \text{NH}_3 + 11\% \text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{PO}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{NH}_3 + 12\% \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + 56\% \text{H}_2\text{O}] - [65\% \text{NaClO}_3 \cdot 3\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 5\% (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 30\% \text{H}_2\text{O}] - \text{H}_2\text{O}$ видно, что в интервале температур $-4.0 \dots 52.1^\circ\text{C}$ происходит совместная кристаллизация соединения $\text{NH}_4\text{ClO}_3 \cdot \text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{HPO}_3\text{NH}_4$ со льдом, хлорэтилфосфонатом аммония, карбамидом и трикарбамидохлоратом натрия.

В интервале температур $-15.5 \dots -17.8^\circ\text{C}$ из равновесного раствора кристаллизуется карбамид совместно со льдом, в интервале температур $8.0 \dots -9.0^\circ\text{C}$ — карбамид с трикарбамидохлоратом натрия. Лед и хлорэтилфосфонат аммония кристаллизуются совместно в интервале температур

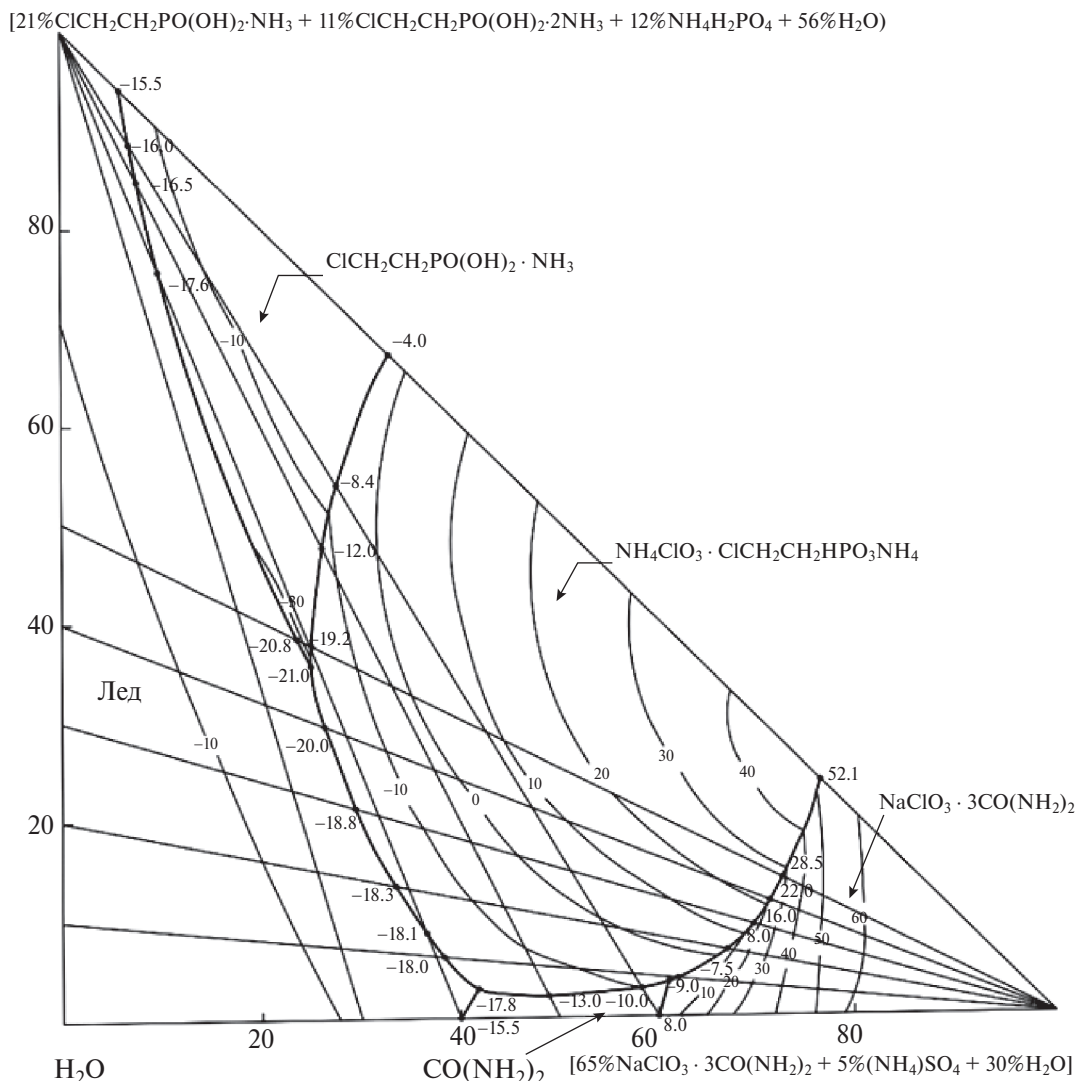


Рис. 1. Фазовая диаграмма системы [21%ClCH₂CH₂PO(OH)₂·NH₃ + 11%ClCH₂CH₂PO(OH)₂·2NH₃ + 12%NH₄H₂PO₄ + 56%H₂O]–[65%NaClO₃ · 3CO(NH₂)₂ + 5%(NH₄)₂SO₄ + 30%H₂O]–H₂O.

–15.5...–20.8°C. Интервал температур –4.0...–21.0°C отвечает совместной кристаллизации соединений с хлорэтилфосфоновой кислотой.

Согласно полученным данным, в изученной системе образуется соединение NH₄ClO₃ · ClCH₂CH₂HPO₃NH₄, поле кристаллизации которого занимает значительную часть диаграммы. По занимаемой площади можно судить об относительно малой растворимости этого соединения, по сравнению с другими компонентами системы.

Из смеси, состав которой расположен в области кристаллизации соединения, был выделен хлорэтилфосфонатмоноклорат аммония в кристаллическом виде и идентифицирован методом физико-химического анализа при температуре 25°C.

Химический анализ твердой фазы, выделенной из области соединения NH₄ClO₃ · ClCH₂CH₂HPO₃NH₄, дал следующие результаты:

Найдено, мас. %: NH₂ 13.79; ClO₃ 31.87; C 9.17; P₂O₅ 26.88.

Для NH₄ClO₃ · ClCH₂CH₂HPO₃NH₄ вычислено, мас. %: NH₄ 13.7; ClO₃ 31.75; C 9.12; P₂O₅ 27.0.

ИК-спектр хлората аммония характеризуется полосами поглощения при 960 и 910 см^{–1}, обусловленными асимметричными и симметричными валентными колебаниями хлорат-ионов. Кроме того, для спектра NH₄ClO₃ характерны полосы в области частот 617, 493, 14.05, 16.85, 3035, 3140 см^{–1}, соответствующие колебаниям δ(ClO₃), δ(NH₄), ν_s(NH₄) и ν_{as}(NH₄) (рис. 2).

В ИК-спектре соединения NH₄ClO₃ · ClCH₂CH₂HPO₃NH₄ полосы поглощения ν(ClO₃) и ν(PO₂OH) смещаются в низкочастотную область соответственно на 5–8 и 10–15 см^{–1} по сравнению со свободной молекулой хлората аммония и хлор-

Таблица 1. Двойные и тройные узловые точки системы $[21\% \text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{PO}(\text{OH})_2 \cdot \text{NH}_3 + 11\% \text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{PO}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{NH}_3 + 12\% \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + 56\% \text{H}_2\text{O}] - [65\% \text{NaClO}_3 \cdot 3\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 5\% (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 30\% \text{H}_2\text{O}] - \text{H}_2\text{O}$

Состав жидкой фазы, %			$t_{\text{крист}}, ^\circ\text{C}$	Твердая фаза
$[21\% \text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{PO}(\text{OH})_2 \cdot \text{NH}_3 + 11\% \text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{PO}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{NH}_3 + 12\% \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + 56\% \text{H}_2\text{O}]$	$[65\% \text{NaClO}_3 \cdot 3\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 5\% (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 30\% \text{H}_2\text{O}]$	H_2O		
94.0	6.0	—	–15.5	Лед + $\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{PO}(\text{OH})_2 \cdot \text{NH}_3$
88.5	6.8	4.7	–16.0	»
84.0	7.8	8.2	–16.5	»
74.5	10.0	15.5	–17.6	»
38.4	23.2	38.4	–20.8	»
67.0	33.0	—	–4.0	$\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{PO}(\text{OH})_2 \cdot \text{NH}_3 + \text{NH}_4\text{ClO}_3 \cdot \text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{HPO}_3\text{NH}_4$
54.0	27.6	18.4	–8.4	»
51.0	26.2	22.8	–12.0	»
37.2	24.8	38.0	–19.2	»
35.6	24.7	39.7	–21.0	Лед + $\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{PO}(\text{OH})_2 \cdot \text{NH}_3 + \text{NH}_4\text{ClO}_3 \cdot \text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{HPO}_3\text{NH}_4$
29.2	26.4	44.4	–20.0	Лед + $\text{NH}_4\text{ClO}_3 \cdot \text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{HPO}_3\text{NH}_4$
21.0	21.2	57.8	–18.8	»
13.2	33.5	53.3	–18.3	»
8.5	36.6	54.9	–18.1	»
6.2	38.5	55.3	–18.0	»
2.6	41.6	55.8	–17.8	Лед + $\text{NH}_4\text{ClO}_3 \cdot \text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{HPO}_3\text{NH}_4 + \text{CO}(\text{NH}_2)_2$
—	40.0	60.0	–15.5	Лед + $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$
2.0	48.8	49.2	–13.0	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{NH}_4\text{ClO}_3 \cdot \text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{HPO}_3\text{NH}_4$
2.4	58.0	39.6	–10.0	»
3.4	61.3	35.3	–9.0	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{NH}_4\text{ClO}_3 \cdot \text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{HPO}_3\text{NH}_4 + \text{NaClO}_3 \cdot 3\text{CO}(\text{NH}_2)_2$
—	60.0	40.0	8.0	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{NaClO}_3 \cdot 3\text{CO}(\text{NH}_2)_2$
3.8	62.4	33.8	–7.5	$\text{NH}_4\text{ClO}_3 \cdot \text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{HPO}_3\text{NH}_4 + \text{NaClO}_3 \cdot 3\text{CO}(\text{NH}_2)_2$
6.4	67.4	26.2	8.0	»
8.8	70.0	21.2	16.0	»
11.0	71.8	17.2	22.0	»
13.4	73.0	13.6	28.5	»
23.0	77.0	—	52.1	»

этилфосфоната аммония. Кроме того, в спектре хлорэтилфосфонатмонохлората аммония в области валентных симметричных колебаний $\nu_s(\text{NH}_4)$ наблюдаются две полосы при 3070 и 3030 см^{-1} , что указывает на неравноценность двух аммонийных групп. Такие изменения колебательных частот молекул указанного соединения, по-видимому, обусловлены взаимодействием ClO_3 -группы хлората аммония с PO_2OH - и NH_4 -группами хлорэтилфос-

фоната аммония с образованием водородных связей.

С целью обоснования процесса получения эффективного комплексного препарата, синтезированного на основе $[65\% \text{NaClO}_3 \cdot 3\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 5\% (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 30\% \text{H}_2\text{O}]$ и препарата “Нажот”, обладающего одновременно дефолирующей и стимулирующей активностью, т. е. ускоряющего мягкое опадение листьев и полноценное раскрытие коро-

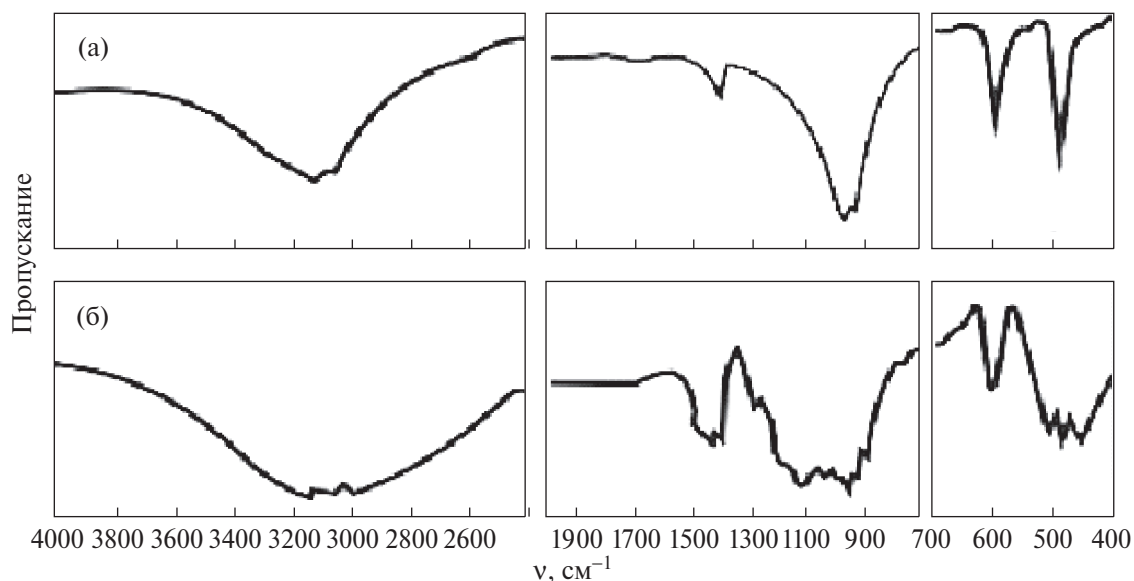


Рис. 2. ИК-спектры: а — NH_4ClO_3 , б — $\text{NH}_4\text{ClO}_3 \cdot \text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{HPO}_3\text{NH}_4$.

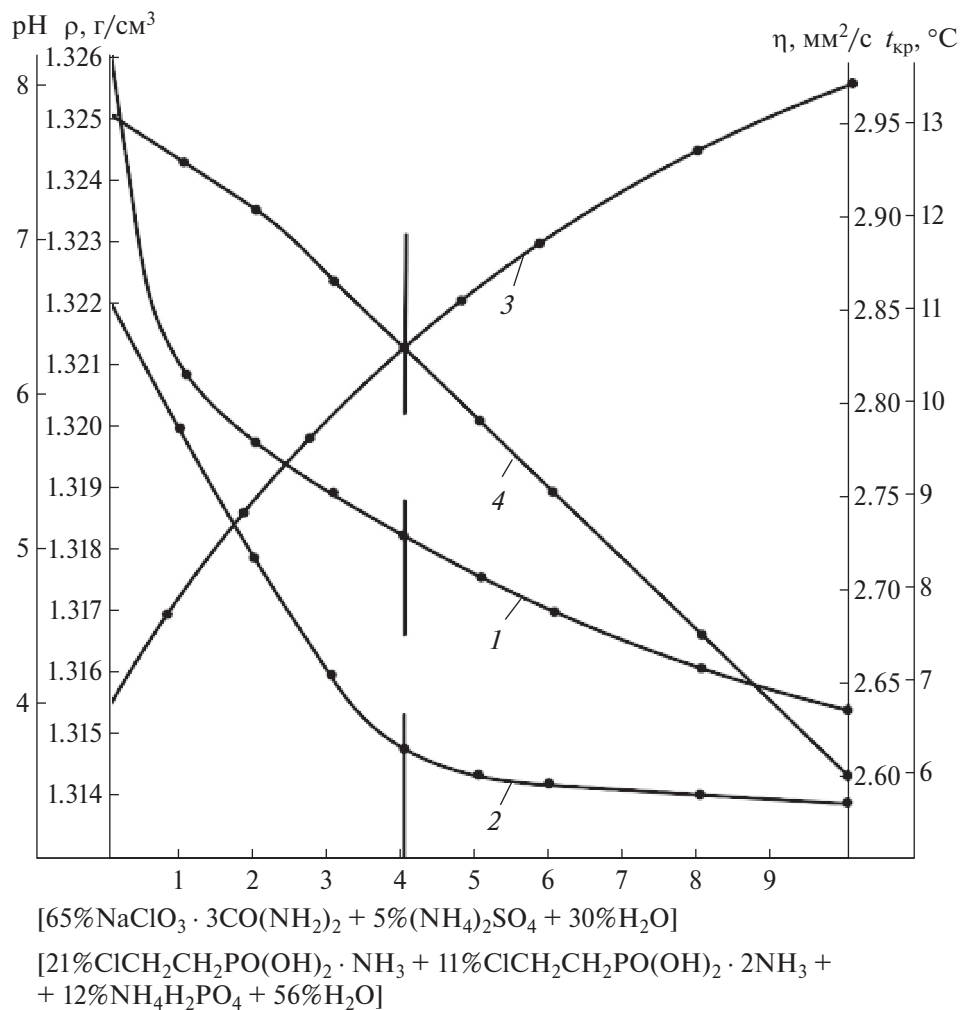


Рис. 3. Зависимость изменения физико-химических свойств (1 — pH среды, 2 — плотность, 3 — вязкость, 4 — температура кристаллизации) растворов от состава в системе $[\text{65\%NaClO}_3 \cdot 3\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 5\%(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 30\%\text{H}_2\text{O}] - 21\%\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{PO}(\text{OH})_2 \cdot \text{NH}_3 + 11\%\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{PO}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{NH}_3 + 12\%\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + 56\%\text{H}_2\text{O}]$.

Таблица 2. Физико-химические и реологические свойства системы $[65\% \text{NaClO}_3 \cdot 3\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 5\%(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 30\%\text{H}_2\text{O}] - [21\%\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{PO}(\text{OH})_2 \cdot \text{NH}_3 + 11\%\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{PO}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{NH}_3 + 12\%\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + 56\%\text{H}_2\text{O}]$

Содержание компонентов, %		pH	Плотность ρ , г/см ³	Вязкость η , мм ² /с	$t_{\text{крист}}$, °C
$[65\% \text{NaClO}_3 \cdot 3\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 5\%(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 30\%\text{H}_2\text{O}]$	$[21\%\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{PO}(\text{OH})_2 \cdot \text{NH}_3 + 11\%\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{PO}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{NH}_3 + 12\%\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + 56\%\text{H}_2\text{O}]$				
100	0	8.18	1.3220	2.630	13.0
99.0	1.0	6.15	1.3200	2.680	12.5
98.0	2.0	5.72	1.3180	2.725	12.0
97.0	3.0	5.40	1.3160	2.768	11.3
95.0	5.0	4.84	1.3144	2.840	9.7
94.0	6.0	4.61	1.3143	2.870	9.0
92.0	8.0	4.26	1.3141	2.925	7.5
90.0	10.0	4.0	1.3140	2.970	6.0

бочек хлопчатника, нами были изучены реологические свойства компонентов в системе $[65\% \text{NaClO}_3 \cdot 3\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 5\%(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 30\%\text{H}_2\text{O}] - [21\%\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{PO}(\text{OH})_2 \cdot \text{NH}_3 + 11\%\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{PO}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{NH}_3 + 12\%\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + 56\%\text{H}_2\text{O}]$. Результаты представлены на рис. 3 и в табл. 2, из которых видно, что с увеличением концентрации препарата “Нажот” в системе до 10.0% наблюдается понижение pH раствора с 8.18 до 4.0, уменьшение плотности с 1.322 до 1.314 г/см³, снижение температуры кристаллизации с 13.0 до 6.0 °C и, как следствие, повышение вязкости раствора с 2.63 до 2.97 мм²/с.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые изучена растворимость компонентов в системе $[21\%\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{PO}(\text{OH})_2 \cdot \text{NH}_3 + 11\%\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{PO}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{NH}_3 + 12\%\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + 56\%\text{H}_2\text{O}] - [65\% \text{NaClO}_3 \cdot 3\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 5\%(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 30\%\text{H}_2\text{O}] - \text{H}_2\text{O}$ визуальным-политермическим методом. На фазовой диаграмме разграничены поля кристаллизации исходных веществ и соединения $\text{NH}_4\text{ClO}_3 \cdot \text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{HPO}_3\text{NH}_4$. Результаты исследования зависимости состав–свойства в системе $[65\% \text{NaClO}_3 \cdot 3\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 5\%(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 30\%\text{H}_2\text{O}] - [21\%\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{PO}(\text{OH})_2 \cdot \text{NH}_3 + 11\%\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{PO}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{NH}_3 + 12\%\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + 56\%\text{H}_2\text{O}]$ показывают, что на основе трикарбамидохлората натрия, сульфата аммония и препарата “Нажот” можно получить эффективный, комплекснодействующий состав для одновременного применения в качестве стимулирования созревания, раскрытия коробочек хлопчатника и мягкодействующего дефолианта.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зубкова Н.Ф., Маркина Л.Г. // Физиология растений. 1977. Т. 24. № 2. С. 380.
2. Ракитин Ю.В., Ракитин В.Ю. // Агрохимия. 1979. № 5. С. 126.
3. Будыкина Н.П., Грапов А.Ф., Грузинская Н.А. // Агрохимия. 1982. № 4. С. 87.
4. Зотов С.Б., Тужиков О.И., Тужиков О.О. // Изв. ВолГТУ. 2005. № 1. С. 66.
5. Веселова С.В., Бурханова Г.Ф., Нужная Т.В. и др. // Физиология растений. 2016. Т. 63. С. 649. [Veselov S.V., Burkhanova G.F., Nuzhnaya T.V. et al. // Russ. J. Plant. Physiol. 2016. V. 63. P. 609. <https://doi.org/10.1134/S1021443716050150>]
6. Веселова С.В., Бурханова Г.Ф., Нужная Е.В. и др. // Биомика. 2018. Т. 10. № 4. С. 387. <https://doi.org/10.31301/2221-6197.bmc.2018-50>
7. Умаров А.А., Кутянин Л.И. Новые дефолианты: поиск, свойства, применения. М.: Химия, 2000. С. 87.
8. Шукуров Ж.С., Тагашаров А.С., Аскарова М.К., Тухтаев С. Комплексно-действующие дефолианты, обладающие физиологически активными и инсектицидными свойствами. Ташкент: Навруз, 2019. 136 с.
9. Sidikov A.A., Toghasharov A.S., Shukurov J.S. et al. // Russ. J. Inorg. Chem. 2021. V. 66. P. 1554. <https://doi.org/10.1134/S003602362110017X>
10. Sidikov A.A., Toghasharov A.S. // Russ. J. Inorg. Chem. 2022. V. 67. P. 2148. <https://doi.org/10.1134/S0036023622601155>

11. Шукуров Ж.С., Ишанходжаев С.С., Аскарова М.К., Тухтаев С. // Журн. неорган. химии. 2010. Т. 55. № 10. С. 1725.
12. Шукуров Ж.С., Ишанходжаев С.С., Аскарова М.К., Тухтаев С. // Журн. неорган. химии. 2011. Т. 56. № 3. С. 502.
13. Tuychiev S.A., Sidikov A.A., Toghasharov A.S. et al. // Russ. J. Inorg. Chem. 2022. V. 67. P. 187. <https://doi.org/10.1134/S0036023622260211>
14. Тоғашаров А.С., Ишанходжаев С.С., Нарходжаев А.Х., Тухтаев С. // Узб. хим. журн. 2010. № 1. С. 17.
15. Адиллов З.Х., Аскарова М.К., Ишанходжаев С.С., Тухтаев С. // Хим. журн. Каз. Алматы. 2008. № 3. С. 200.
16. Тоғашаров А.С., Тухтаев С. // Узб. хим. журн. 2012. № 3. С. 40.
17. Тоғашаров А.С., Тухтаев С. // Химия и химическая технология. 2012. № 4. С. 21.
18. Кодирова Д.Т., Абидова М.А. // Universum: технические науки. 2019. № 11. С. 68.
19. Ракитин Ю.В. // Вестн. АН СССР. 1965. № 8. С. 27.
20. Ракитин В.Ю., Прудникова О.Н., Ракитина Т.Я. и др. // Физиология растений. 2009. Т. 56. № 2. С. 163.
21. Ракитина Т.Я., Ракитин В.Ю., Власов П.В. и др. // Физиология растений. 2004. Т. 51. С. 737.
22. Ракитин В.Ю., Прудникова О.Н., Карягин В.В. и др. // Физиология растений. 2008. Т. 55. С. 355.
23. Raghavendra T., Rama Reddy Y. // Indian J. Agrik. Res. 2020. V. 54. P. 404. <https://doi.org/10.18805/IJARE. A-5288>
24. Назаров Р.С., Тешаев Ш.Ж. // Актуальные проблемы современной науки. 2014. № 2. С. 201.
25. Ракитин Ю.В. // Физиология растений. 1967. Т. 14. № 5. С. 936.
26. Эргашев Д.А. Получение комплекснодействующего дефолианта на основе хлоратов и физиологически активных соединений: сырья. Автореф. дис. ... физ.-тех. наук. Ташкент, 2017. С. 49.
27. Хамдамова Ш.Ш. // Univer. Техн. науки. 2019. № 10.
28. Трунин Ф.С., Петрова Д.Г. Визуально-политермический метод. Куйбышев, 1977. Деп. ВИНТИ № 584-87. С. 94.
29. Тс 00203855-43: 2019. Дефолиант “УзДЕФ”. Стандарт организации. Ташкент: Изд-во стандартов, 2019. 12 с.
30. Полуэктов Н.С. Методы анализа по фотометрии пламени. Москва.: Химия, 1967. С. 307.
31. Фролова Е.А., Кондаков Д.Ф., Свешникова Л.Б., Данилов В.П. // Журн. неорган. химии. 2021. Т. 66. № 4. С. 531. <https://doi.org/10.31857/S0044457X21040115> [Frolova E.A., Kondakov D.F., Sveshnikova L.B., Danilov V.P. // Russ. J. Inorg. Chem. 2021. V. 66. № 4. P. 569. <https://doi.org/10.1134/S0036023621040112>]
32. 2-Хлорэтилфосфоновая кислота (50% водный раствор). Технические условия ТУ 6-00-0210054-006-90 (взамен ТУ 6-02-3-375-88). С. 33.
33. Баженова Л.Н. Количественный элементный анализ органических соединений. Екатеринбург 2008. С. 356.
34. Здановский А.Б. Галлургия. Л.: Химия, 1972. С. 528.

STUDY OF THE SOLUBILITY OF COMPONENTS IN AN AQUEOUS SYSTEM OF CHLOROETHYLPHOSPHONATES, DIHYDROPHOSPHATE, AMMONIUM SULFATE AND SODIUM TRICARBAMIDE CHLORATE IN ORDER TO DEVELOP A COMPLEX-ACTING DEFOLIANT

**Sh. Sh. Yakubov^a, D. O. Obidjonov^{a,*}, M. Sh. Adilova^b,
J. SH. Shukurov^a, B. Kh. Kucharov^a, B. S. Zakirov^a**

^a*Institute of General and Inorganic Chemistry of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,
Tashkent, 100170 Uzbekistan*

^b*Tashkent Institute of Chemical Technology, Tashkent, 100170 Uzbekistan*

^{*}*e-mail: doniyor_obidjonov94@mail.ru*

The solubility in the context of a complex aqueous system consisting of chloroethylphosphonates, phosphate, ammonium sulfate and sodium tricarbamide chlorate in the range of -21 — $+52^{\circ}\text{C}$ was studied by a visual-polythermal method. A polythermal phase diagram has been constructed, on which the crystallization fields of ice and system components are delimited. The formation of a new compound of ammonium chloroethylphosphonate monochlorate $\text{NH}_4\text{ClO}_3 \cdot \text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{HPO}_3\text{NH}_4$ was established, the composition of which was confirmed by the methods of chemical and physicochemical analysis. The viscosity, density (at 25°C) and crystallization temperature of a number of mixtures in the context of the system $[\text{65\%NaClO}_3 \cdot 3\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 5\%(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 30\%\text{H}_2\text{O}] - [\text{21\%ClCH}_2\text{CH}_2\text{PO}(\text{OH})_2 \cdot \text{NH}_3 + 11\%\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{PO}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{NH}_3 + 12\%\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + 56\%\text{H}_2\text{O}]$.

Keywords: solubility diagram, system, polytherm, temperature, crystallization, drug “Nazhot”, sodium tricarbamidochlorate, ammonium sulfate, defoliation