

НЕОРГАНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ
И НАНОМАТЕРИАЛЫ

УДК 541.123.3

ИЗУЧЕНИЕ ПОЛИТЕРМЫ РАСТВОРИМОСТИ КОМПОНЕНТОВ
В СИСТЕМЕ $\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2$ –[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% H_2O]– H_2O

© 2023 г. Ш. Ш. Якубов^а, Д. О. Обиджонов^а*, М. Ш. Адилова^б, Р. Н. Ким^а,
Б. Х. Кучаров^а, Б. С. Закиров^а

^аИнститут общей и неорганической химии АН Республики Узбекистан,
ул. Мирзо Улугбека, 77-а, Ташкент, 100170 Узбекистан

^бТашкентский химико-технологический институт, ул. Наваи, 32, Ташкент, 100170 Узбекистан

*e-mail: doniyor_obidjonov94@mail.ru

Поступила в редакцию 10.02.2023 г.

После доработки 16.03.2023 г.

Принята к публикации 31.03.2023 г.

Изучено взаимное влияние компонентов в сложной водной системе, состоящей из хлората кальция, дигидрофосфата аммония и аммонийных солей хлорэтилфосфоновой кислоты. В интервале температур от -40.3 до 68.0°C построена политермическая диаграмма растворимости системы. На фазовой диаграмме растворимости системы разграничены поля кристаллизации льда, шести-, четырех-, двухводного хлората кальция и соединения состава $\text{NH}_4\text{ClO}_3 \cdot \text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{HPO}_3\text{NH}_4$. Соединение выделено из предполагаемой области кристаллизации и идентифицировано методами химического и физико-химического анализа. С целью обоснования процесса получения эффективного стимулятора и мягко действующего дефолианта на основе хлората кальция и препарата “Нажот” изучены реологические свойства компонентов в системе $\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2$ –[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% H_2O]– H_2O . Построена диаграмма состав–свойство системы.

Ключевые слова: диаграмма растворимости, препарат “Нажот”, хлорат кальция, температура кристаллизации, концентрация, дефолиация

DOI: 10.31857/S0044457X23600378, EDN: RILIWT

ВВЕДЕНИЕ

Первостепенной задачей технологического процесса в хлопководстве к настоящему времени является механизированная уборка урожая, в осуществлении которой исключительно важную роль играет предуборочное химическое полноценное раскрытие коробочек и обезлиствление хлопчатника с помощью составов для стимулирования раскрытия коробочек хлопчатника.

В настоящее время для получения высоких урожаев хлопчатника хорошего качества применяется хлорат кальция, содержащий физиологически активные вещества [1–5]. В литературе имеются работы, посвященные этой проблеме [6–11].

Из известных применяемых дефолиантов 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 [12].

Ведутся исследования по получению комплексных дефолиантов соединений хлората кальция с карбамидом и органическими соединениями, таких как $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3\text{N}_2 \cdot \text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH}$, $\text{CH}_2\text{ClCOONa}$ и $\text{ClCH}_2\text{COOH} \cdot \text{HOC}_2\text{H}_4\text{NH}_2$ [13–15].

Настоящая работа является продолжением систематических исследований по взаимодействию хлората кальция 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% H_2O]. Наличие в составе препарата “Нажот” молекул $-\text{CH}_2\text{CH}_2-$ группы служит эндогенным стимулятором опадения, который ускоряет формирование отдельного слоя у эксплантов и интактных растений. В гормональной регуляции опадения листьев ведущую роль играет ауксин-этиленовое взаимодействие [16]. Этилен действует на опадение, главным образом усиливая синтез и активность гидролитических ферментов, таких как целлюлоза и пектиноза, способствует растворению межклеточного вещества

и клеточных стенок, что служит непосредственной причиной отделения органа [17].

Для физико-химического обоснования процессов получения стимулятора 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 [18].

Учитывая вышеизложенное, изучены особенности взаимодействия компонентов в системе с участием хлората кальция и препарата “Нажот” в широком интервале температур и концентраций визуально-политермическим методом [19].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В работе использовали хлорат кальция, дигидрофосфат аммония, аммиак, фосфорную кислоту (х. ч.) и 2-хлорэтилфосфоновую кислоту, которую получали вакуумной выпаркой с последующей кристаллизацией и сушкой из ее 50%-ного водного раствора.

Для количественного химического анализа применяли общепринятые методы аналитической химии, в частности, количество хлоратионов определяли объемным перманганатометрическим методом [20], кальция — объемным комплексометрическим методом [21].

Для исследования растворимости компонентов в системе применяли визуально-политермический метод, погрешность которого составляет $\pm 0.5^\circ\text{C}$ [22]. 2-Хлорэтилфосфоновую кислоту определяли по методике [23], амидный азот — спектрофотометрическим методом на приборе ФЭК-56М, (погрешность ± 1 , ГОСТ 20851). Элементный анализ на углерод, азот и водород проводили согласно [24], плотность определяли пикнометрическим методом с точностью $\pm 0.001 \text{ г/см}^3$ [25]. Вязкость растворов измеряли с помощью вискозиметра ВПЖ (предельное отклонение $\pm 0.02 \text{ мм}$), pH растворов — на pH-метре FE 20 METTLER TOLEDO (погрешность ± 0.01), показатели преломления растворов — на цифровом рефрактометре PAL-BX/RI ATAGO при температуре 20°C с точностью $\pm 0.1\%$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для физико-химического обоснования процесса синтеза производных хлорэтилфосфоновой кислоты, используемых в качестве этиленпродуцирующих добавок [26–29] к хлоратсодержащим дефолиантам, изучено поведение хлората кальция и препарата “Нажот” в системе $\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2$ —[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% H_2O — H_2O в широком интервале температур и концентраций.

Составляющая данную систему бинарная система хлорат кальция—вода исследована авторами [30]. Полученные нами данные согласуются с литературными.

Растворимость в системе $\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2$ —[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% H_2O — H_2O изучена визуально-политермическим методом в интервале температур от -40.3 до 68.0°C (рис. 1).

Установлены две тройные узловые точки системы, для которых определены температуры кристаллизации и составы равновесных растворов (табл. 1).

Из диаграммы растворимости системы $\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2$ —[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% H_2O — H_2O видно, что интервал температур 63.5 — 16.3°C отвечает совместной кристаллизации соединения $\text{NH}_4\text{ClO}_3 \cdot \text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{HPO}_3\text{NH}_4$ со льдом, шести- и четырехводным хлоратом кальция.

В интервале температур -40.3 ... -8.0°C из равновесного раствора кристаллизуется шестиводный хлорат кальция совместно со льдом, в интервале температур -27.2 — 54.3°C — шестиводный хлорат кальция с четырехводным хлоратом кальция. Четырехводный хлорат кальция и двухводный хлорат кальция кристаллизуются в интервале температур 6.9 — 68.0°C .

Синтезированное соединение было выделено из предполагаемой области в кристаллическом виде и идентифицировано методом химического анализа.

Химический анализ твердой фазы, выделенной из области соединения $\text{NH}_4\text{ClO}_3 \cdot \text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{HPO}_3\text{NH}_4$, дал следующие результаты:

	NH_4	ClO_3	C	P_2O_5
Найдено, мас. %:	13.79;	31.87;	9.17;	26.88.
Для $\text{NH}_4\text{ClO}_3 \cdot \text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{HPO}_3\text{NH}_4$				
вычислено, мас. %:	13.7;	31.75;	9.12;	27.0.

С целью обоснования процесса получения эффективного стимулятора раскрытия коробочек хлопчатника и мягко действующего дефолианта на основе хлората кальция и препарата “Нажот” изучены реологические свойства компонентов в системе $\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2$ —[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% H_2O — H_2O , результаты приведены на рис. 2 и в табл. 2.

Показано, что при добавлении препарата “Нажот” к 53.8%-ному насыщенному раствору хлората кальция вязкость сначала снижается с

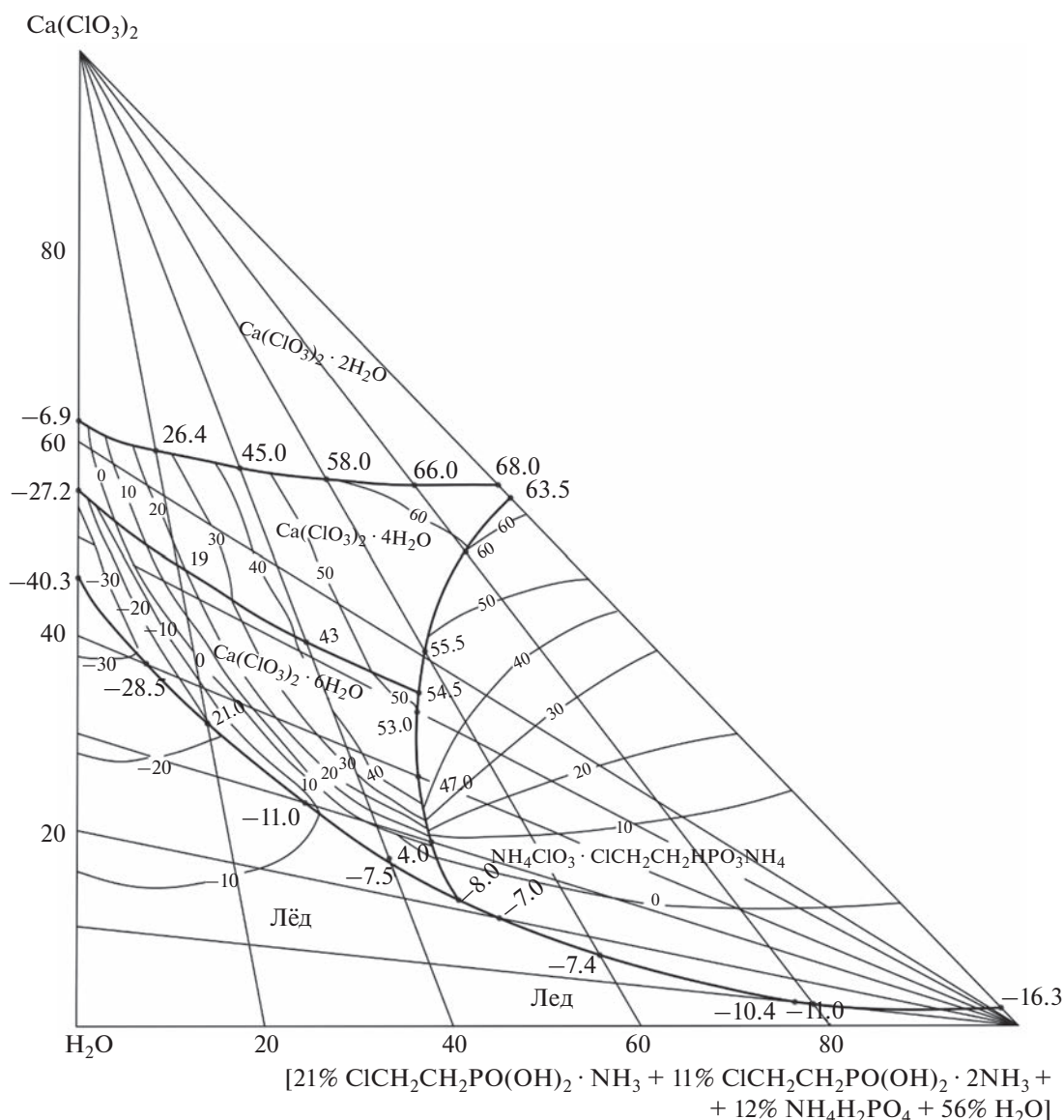


Рис. 1. Диаграмма растворимости системы $\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2$ –[21% $\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{PO}(\text{OH})_2 \cdot \text{NH}_3$ + 11% $\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{PO}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{NH}_3$ + 12% $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ + 56% H_2O – H_2O .

3.3480 до 3.3400 мм²/с, а затем снова повышается до 3.3840 мм²/с; температура кристаллизации первоначально уменьшается от –29.0 до –31.0°C, а затем снова повышается до –26.0°C; эвтектическая точка образуется, когда концентрация достигает 1.0%.

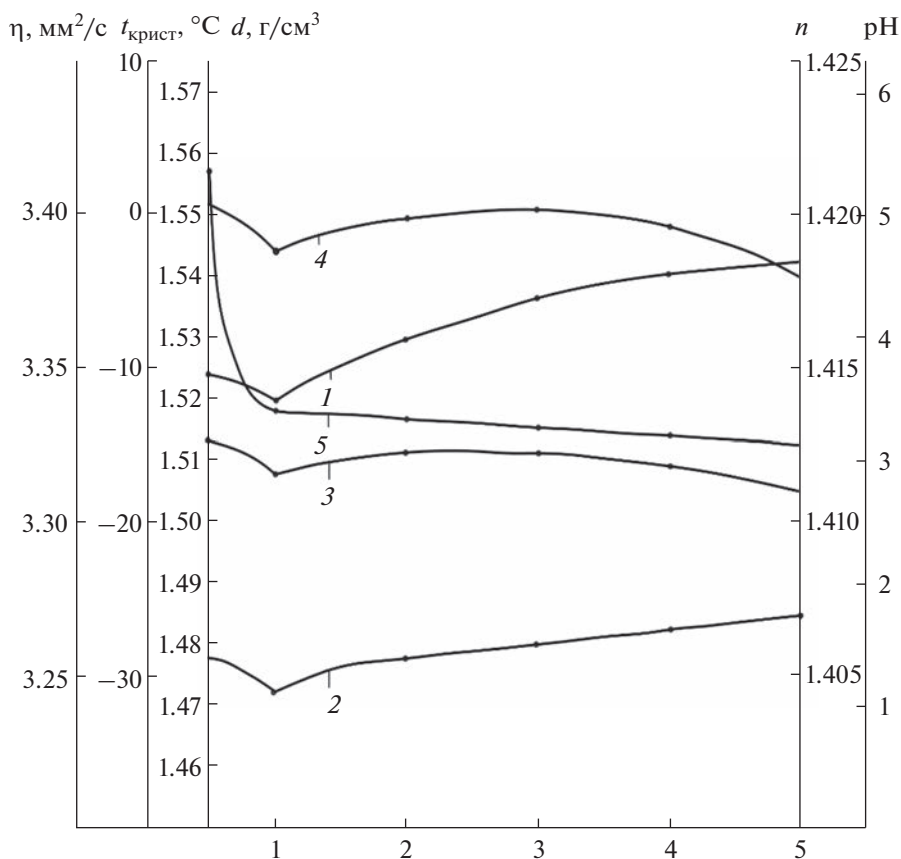
С увеличением концентрации препарата “Нажот” в системе наблюдается незначительное уменьшение плотности от 1.5130 до 1.5050 г/см³, показателя преломления – от 1.4203 до 1.4180 и понижение pH раствора с 5.34 до 3.12 при повышении концентрации до 5.0%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучена растворимость компонентов в системе $\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2$ –[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% H_2O – H_2O визуально-политермическим методом. На фазовой диаграмме разграничены поля кристаллизации исходных веществ и нового соединения $\text{NH}_4\text{ClO}_3 \cdot \text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{HPO}_3\text{NH}_4$. Результаты исследования диаграммы состав–свойства в системе [53.8% $\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2$ + 46.2% H_2O]–[21% $\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{PO}(\text{OH})_2 \cdot \text{NH}_3$ + 11.0% $\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{PO}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{NH}_3$ + 12.0% $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ +

Таблица 1. Двойные и тройные узловые точки системы $\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2$ –[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% H_2O] $-\text{H}_2\text{O}$

№ п/п	Состав жидкой фазы, %			$t_{\text{крист.}}$ °C	Твердая фаза
	$\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2$	[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% H_2O]	H_2O		
1	12.8	40.4	46.8	–8.0	Лед + $\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ + + $\text{NH}_4\text{ClO}_3 \cdot \text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{HPO}_3\text{NH}_4$
2	18.8	37.6	43.6	4.0	$\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ + $\text{NH}_4\text{ClO}_3 \cdot$ $\cdot \text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{HPO}_3\text{NH}_4$
3	25.5	36.4	38.1	47.0	»
4	31.8	36.3	31.9	53.0	»
5	33.9	36.4	29.7	54.5	$\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ + $\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ + + $\text{NH}_4\text{ClO}_3 \cdot \text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{HPO}_3\text{NH}_4$
6	38.4	37.0	26.4	55.5	$\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ + $\text{NH}_4\text{ClO}_3 \cdot$ $\cdot \text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{HPO}_3\text{NH}_4$
7	48.2	41.0	10.8	60.0	»
8	54.0	46.0	—	63.5	»
9	46.0	—	54.0	–40.3	Лед + $\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
10	37.1	7.5	55.4	–28.5	»
11	30.8	14.0	55.2	–21.0	»
12	22.7	24.3	53.0	–11.0	»
13	16.8	33.4	49.8	–7.5	»
14	10.8	45.0	44.2	–7.0	Лед + $\text{NH}_4\text{ClO}_3 \cdot \text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{HPO}_3\text{NH}_4$
15	7.2	55.6	37.2	–7.4	»
16	2.5	75.6	21.9	–10.4	»
17	2.3	78.1	19.6	–11.0	»
18	1.7	98.3	—	–16.3	»
19	55.1	—	44.9	–27.2	$\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ + $\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
20	47.4	10.6	42.0	19.0	»
21	39.3	24.5	36.2	43.0	»
22	62.1	—	37.9	–6.9	$\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ + $\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
23	59.2	8.3	32.5	26.4	»
24	57.0	17.4	25.6	45.0	»
25	56.0	26.4	17.6	58.0	»
26	55.2	35.8	9.0	66.0	»
27	55.2	44.8	—	68.0	»



$\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ [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% H_2O]

Рис. 2. Зависимость изменения физико-химических свойств (вязкость (1), $t_{\text{крис}}$ (2), плотность (3), показатель преломления (4), pH среды (5)) растворов от состава компонентов в системе [53.8% $\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2 + 46.2\% \text{H}_2\text{O}$]–[21.0% $\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{PO}(\text{OH})_2 \cdot \text{NH}_3$ + 11.0% $\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{PO}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{NH}_3$ + 12.0% $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ + 56.0% H_2O].

Таблица 2. Физико-химические и реологические свойства системы [53.8% $\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + 46.2\% \text{H}_2\text{O}$]–[21.0% $\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{PO}(\text{OH})_2 \cdot \text{NH}_3$ + 11.0% $\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{PO}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{NH}_3$ + 12.0% $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ + 56.0% H_2O]

№ п/п	Содержание компонентов, %		Показатель преломления, n	pH	Плот- ность, г/см ³	Вязкость, мм ² /с	$t_{\text{крис}}$, °C
	53.8% $\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2 +$ + 46.2% H_2O	[21% $\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{PO}(\text{OH})_2 \cdot$ $\cdot \text{NH}_3$ + 11% $\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{PO}(\text{OH})_2 \cdot$ $\cdot 2\text{NH}_3$ + 12% $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ + + 56% H_2O]					
1	100.0	0	1.4203	5.34	1.513	3.3480	–29.0
2	99.0	1.0	1.4188	3.40	1.504	3.340	–31.0
3	98.0	2.0	1.4197	3.35	1.512	3.359	–28.8
4	97.0	3.0	1.4202	3.26	1.511	3.373	–28.0
5	96.0	4.0	1.4196	3.21	1.508	3.381	–26.4
6	95.0	5.0	1.4180	3.12	1.505	3.384	–26.0

+ 56.0% H_2O] показывают, что на основе хлората кальция и препарата “Нажот” можно получить эффективно и комплексно действующий состав для одновременного применения в качестве стимулирования раскрытия коробочек хлопчатника и мягкодействующего дефолианта.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Веселова С.В., Бурханова Г.Ф., Нужная Т.В. и др. // Физиол. раст. 2016. Т. 63. С. 649. <https://doi.org/10.1134/S1021443716050150>
2. Веселова С.В., Бурханова Г.Ф., Нужная Т.В. и др. // Биомика. 2018. Т. 10. № 4. С. 387. <https://doi.org/10.31301/2221-6197.bmc.2018-50>
3. Умаров А.А., Кутянин Л.И. Новые дефолианты: поиск, свойства, применения. М.: Химия, 2000. 87 с.
4. 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.
5. Bobozhonov Z.Sh., Sidikov A.A., Shukurov Z.S. // J. Chem. Technol. Metall. 2023. V. 58. P. 2.
6. Bobozhonov Zh., Shukurov Zh., Togasharov A., Akhmadzhonova M. // Russ. J. Inorg. Chem. 2021. V. 66. P. 1031. <https://doi.org/10.1134/S0036023621070032>
7. Shukurov Z.S., Khusanov E.S., Mukhitdinova M.S. et al. // Russ. J. Inorg. Chem. 2021. V. 66. P. 902. <https://doi.org/10.1134/S0036023621060176>
8. 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>
9. Turayev K.A., Togasharov A.S., Tukhtaev S. // J. Chem. Technol. Metall. 2022. V. 57. P. 977.
10. Sidikov A.A., Toghasharov A.S. // Russ. J. Inorg. Chem. 2022. V. 67. P. 2148. <https://doi.org/10.1134/S0036023622601155>
11. Bobozhonov Z.Sh., Sidikov A.A., Shukurov Z.S. // J. Chem. Technol. Metall. 2023. V. 58. P. 310.
12. Кодирова Д.Т., Абидова М.А. // Universum: технические науки. 2019. № 11.
13. Бобожонов Ж.Ш., Шукуров Ж.С., Уташев Ю.И., Тогашиаров А.С. // Вестн. СамГУ. 2022. № 3. С. 90.
14. Бобожонов Ж.Ш. // Universum: технические науки. 2022. № 7.
15. Тураев К.А., Икрамов М.Х., Шукуров Ж.С., Тогашиаров А.С. // Узбек. хим. журн. 2022. № 2. С. 15.
16. Ракитин Ю.В. // Вестн. АН СССР. 1965. № 8. С. 27.
17. Raghavendra T., Rama Reddy Y. // Indian J. Agrik. Res. 2020. V. 54. P. 404. <https://doi.org/10.18805/IJARE.A-5288>
18. Хамдамова Ш.Ш., Карабаева М.С., Ибрагимов Ф.А. и др. // Universum: технические науки. 2019. № 10.
19. Трунин Ф.С., Петрова Д.Г. Визуально-политермический метод. Куйбышев, 1977. Деп. ВИНТИ № 584–87. 94 с.
20. Ts 00203855-43: 2019. Дефолиант “УЗДЕФ”. Стандарт организации. Ташкент: Изд-во стандартов, 2019. 12 с.
21. Подкоритов А.Л., Неудачина Л.К., Штин С.А. Окислительно-восстановительное титрование. Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2015. 19 с. <http://hdl.Handle.net/10995/30960>
22. Фролова Е.А., Кондаков Д.Ф., Свешникова Л.Б. и др. // Журн. неорган. химии. 2021. Т. 66. № 4. С. 531. <https://doi.org/10.31857/S0044457X21040115>
23. 2-Хлорэтилфосфоновая кислота (50% водный раствор). Технические условия ТУ 6-00-0210054-006-90 (взамен ТУ 6-02-3-375-88). 33 с.
24. Баженова Л.Н. Количественный элементный анализ органических соединений. Екатеринбург, 2008. 356 с.
25. Здановский А.Б. Галлургия. Л.: Химия, 1972. 528 с.
26. Громова Н.Ю., Косивцов Ю.Ю., Сульман Э.М. Технология синтеза и биосинтеза биологически активных веществ. Тверь: ТГТУ, 2006. 16 с.
27. Ракитин Ю.В., Ракитин В.Ю. // Агрохимия. 1979. № 5. С. 126.
28. Toghasharov A.S., Askarova M.K., Tukhtaev S. // East Eur. Sci. J. 2016. V. 3. № 8. P. 56.
29. Khamdamova Sh.Sh. // Proc. Universe. Appi. Chem. Biotech. 2017. V. 7. № 2. P. 9. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2017-7-2-9-15>
30. Хамдамова Ш.Ш. Получение дефолиантов на основе хлоратов, этаноламинов и 2-хлорэтилфосфонатов этаноламмония. Дис. ... канд. техн. наук. Ташкент, 2005.