

## РАЗРАБОТКА СОСТАВА ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ РАСТВОРА ПОВИДОНА-ЙОДА В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

К.А. Никитин

sovelij7478@gmail.com

*МБОУ «Гимназия № 5», Белгород, Российская Федерация*

Целью разработки является создание сухого состава для приготовления антисептического раствора повидона-йода в полевых условиях. Актуальность работы заключается в том, что большинство дезинфицирующих средств для обработки ран имеют недостатки, усложняющие их применение в условиях боевых действий и экстремальных ситуаций. В статье предложен способ решения этой проблемы посредством разработки сухого состава для быстрого самостоятельного приготовления антисептического раствора повидона-йода с использованием воды, в том числе из местных природных источников. Был проведен анализ существующих методов получения комплекса повидона-йода, а также методов контроля качества получаемых растворов на его основе. Экспериментально был изучен процесс образования водного раствора комплекса повидона-йода и разработан сухой состав для его быстрого приготовления на основе лимонной кислоты, перкарбоната натрия, йодида калия и поливинилпирролидона (повидона). Разработанный состав обладал стабильностью в сухом виде. Полученные из этого состава водные растворы соответствовали требованиям, которые предъявляются к готовым растворам повидона-йода, выпускаемым фармацевтической промышленностью.

**Ключевые слова:** повидон-йод, антисептик, обработка ран, йодофоры, повидон, поливинилпирролидон, дезинфицирующие средства

**Введение.** Для сохранения жизни и здоровья военнослужащих и мирного населения в местах ведения боевых действий и чрезвычайных ситуаций очень важно наличие и своевременное применение средств для обработки ран. К сожалению, несмотря на достаточно широкий ассортимент антисептических и дезинфицирующих растворов, удобных в применении в мирных бытовых условиях и в условиях лечебных учреждений, эти средства не всегда применимы в экстремальных условиях боевых действий и чрезвычайных ситуаций. Это связано со сложностями транспортировки и хранения готовых растворов, поскольку они достаточно объемны и тяжелы, чувствительны к низким температурам и целостности упаковки. Все это затрудняет их использование личным составом в полевых условиях и населением в экстремальных ситуациях. Кроме того, некоторые из промышленно выпускаемых антисептических средств имеют ограниченный спектр антимикробного действия.

Для решения этой проблемы нами было предложено разработать сухой состав для быстрого самостоятельного приготовления антисептического раствора, обладающего широким спектром антимикробного действия, посредством его растворения непосредственно перед применением в воде, в том числе воды из природных источников. В качестве действующего вещества такого раствора может быть использован комплекс йода с поливинилпирролидоном — повидон-йод (рис. 1).

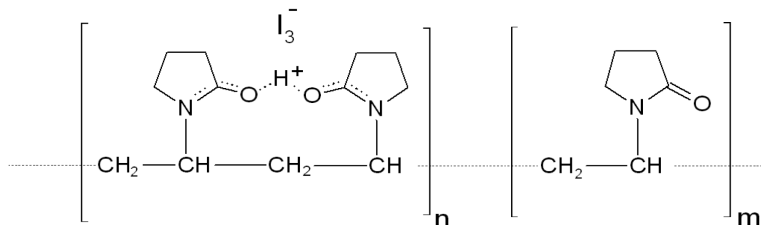


Рис. 1. Структурная формула комплекса повидона-йода

Повидон-йод используется в виде растворов с концентраций комплекса 1...10 %, с содержанием активного йода 0,1...1 %. Он обладает широким спектром антимикробного действия, положительной динамикой заживления ран путем препятствования распространению воспаления, способностью проникать через биопленки, некротические ткани и струпея. Кроме того, повидон-йод характеризуется низкой частотой развития резистентности к антисептику, хорошей переносимостью пациентами, простотой использования [1, 2]. Препараты, содержащие повидон-йод, успешно применяются при профилактике в области хирургического вмешательства [3, 4], свежих ранениях [5], лечении острых гнойных заболеваний мягких тканей и ожогов [7], при профилактике и лечении проблемных ран и трофических язв [6], язвенных дефектов дистальных отделов нижних конечностей при синдроме диабетической стопы [7], пролежней [8].

**Оборудование и материалы. Используемое оборудование.** В исследовании используются рН-метр «рН-Эксперт» со стеклянным комбинированным электродом ЭСК-10601; магнитная мешалка «Ритм-01» (Россия); вискозиметр Оствальда со временем истечения воды 80–120 с (ЭКРОС, Россия), термостат LOIP LT-910 (ЛОИП, Россия); термостат LOIP LT-217 (ЛОИП, Россия); аналитические весы ALT-220d4-1 (Acculab, США).

**Используемые реактивы.** В исследовании используются поливинилпирролидон марки «Энтеродез» (Южфарм, Россия), йодид калия (Русхим, Россия), 30%-ный раствор перекиси водорода (Химмед, Россия), натрия перкарбонат (Русхим, Россия), гидроперит (Русхим, Россия), щавелевая кислота

(Русхим, Россия), безводная лимонная кислота (Русхим, Россия), соляная кислота (Химмед, Россия), натрия тиосульфата пентагидрат (Русхим, Россия), натрия карбонат безводный, чда (Русхим, Россия), крахмал пищевой кукурузный (Гранец, Россия), вода дистиллированная, вода питьевая водопроводная (г. Белгород), вода речная (р. Северский Донец).

**Приготовление растворов. Приготовление раствора комплекса «повидон-йод», образующегося в естественной среде.** В стакан объемом 200 мл, установленный на магнитной мешалке, помещали магнитный якорек и затем последовательно загружали дистиллированную воду, йодид калия и поливинилпирролидон (табл. 1), включали магнитную мешалку и перемешивали до растворения компонентов в течение 3–5 мин. Затем к полученному раствору при перемешивании добавляли соляную кислоту и перекись водорода, перемешивали до образования однородного раствора. Раствор переливали в промаркированную емкость с крышкой и использовали для определения кислотности рН, относительной вязкости и количественного содержания активного йода.

**Таблица 1.** Количества веществ, необходимые для приготовления раствора повидона-йода

№ п/п	Компонент	Масса, г	Объем, мл
1	Поливинилпирролидон	11,76	—
2	Калия йодид	1,96	—
3	Вода	85	85
4	Соляная кислота (36 %)	0,8	0,7
5	Перекись водорода (30 %)	0,36	0,35

**Приготовление раствора повидона-йода с использованием твердых кислот и окислителей.** В стакан объемом 200 мл, установленный на магнитной мешалке, помещали магнитный якорек и затем последовательно загружали воду дистиллированную, калия йодид и поливинилпирролидон, включали магнитную мешалку и перемешивали до растворения компонентов 3–5 мин. Затем к полученному раствору при перемешивании добавляли щавелевую или лимонную кислоту и гидроперит или натрия перкарбонат (табл. 2), перемешивали до образования однородного раствора. Раствор переливали в промаркированную емкость с крышкой и использовали для определения рН, относительной вязкости и количественного содержания активного йода.

**Приготовление экспериментальных образцов сухого состава для приготовления раствора повидона-йода.** В пластиковую емкость с крышкой последовательно помещали отвешенное количество порошков повидона, ка-

лия йодида, лимонной кислоты и перкарбоната натрия. Емкость закрывали крышкой и перемешивали вещества встряхиванием банки в течение 1 мин после добавления очередного компонента. Емкость с образцом состава маркировали и затем использовали для приготовления раствора комплекса повидона-йода.

**Таблица 2. Количества веществ для приготовления раствора повидона-йода**

№ п/п	Компонент	Количество	
		Вариант 1	Вариант 2
1	Поливинилпирролидон	11,76 г	11,76 г
2	Калия йодид	1,96 г	1,96 г
3	Щавелевая кислота	0,36 г	—
4	Гидроперит	0,37 г	—
5	Лимонная кислота	—	1,02 г
6	Натрия перкарбонат	—	0,42 г
7	Вода	85 мл	85 мл

**Приготовление раствора повидона-йода из экспериментальных образцов сухого состава.** В мерный стакан объемом 200 мл, высыпали приготовленный экспериментальный образец, приливали воду до объема 100 мл и полученную смесь перемешивали вручную и через 5–10 мин получали однородный раствор. Полученный раствор переливали в промаркированную емкость с крышкой и использовали для определения pH, относительной вязкости и количественного содержания активного йода.

**Определение относительной вязкости раствора повидона-йода.** В мерную колбу вместимостью 100 мл помещали 60 мл полученного раствора повидона-йода, что эквивалентно 6 г комплекса повидона-йода, доводили объем раствора водой до метки. Фильтровали раствор через мембранный фильтр с размером пор 0,45 мкм. В вискозиметр Оствальда со временем истечения воды 80–120 с помещали 10 мл полученного фильтрата и термостатировали в течение 15 мин при температуре  $25 \pm 0,1$  °C. Измеряли время истечения раствора. Измерения проводили 6 раз. Затем измеряли время истечения воды дистиллированной и рассчитывали относительную вязкость, которая должна иметь значение от 2,5 до 2,5 для 6%-ного раствора.

**Количественное определение активного йода в растворе повидона-йода.** В колбу с притертой пробкой объемом 150 мл вносили 10 мл анализируемого раствора, прибавляли 25 мл воды и 0,5 мл, заранее приготовленного 1%-ного раствора крахмала. Полученную смесь титровали 0,1 М раствором

натрия тиосульфата до обесцвечивания раствора. Содержание активного йода рассчитывали на основе объема, пошедшего на титрование из расчета 1 мл 0,1 М раствора натрия тиосульфата, соответствует 0,01269 г активного йода (I<sub>2</sub>).

Для приготовления индикаторного раствора 1 г крахмала помещали в стеклянный стаканчик с 5 мл холодной воды и перемешивали. Полученную смесь выливали в коническую колбу объемом 250 мл со 100 мл воды, нагретой до кипения. Полученную смесь кипятили в течение 2 мин. Затем полученный раствор охладили до комнатной температуры и закрыли пробкой. Раствор крахмала хранили в холодильнике.

Для приготовления 0,1 М раствора тиосульфата натрия навеску 24,81 г натрия тиосульфата пентагидрата (точная навеска) и 0,1 г безводного натрия карбоната помещали в мерную колбу объемом 1 л и добавляли около 600 мл воды. Колбу закрывал пробкой и перемешивали до растворения. Затем объем раствора доводили дистиллированной водой до метки. Колбу с раствором хранили в темном шкафу.

**Определение рН растворов повидона-йода.** Измерение рН приготовленных растворов повидон-йода проводили в соответствии с Общей фармакопейной статьей 1.2.1.0004.15 «Ионометрия» [10] с использованием прибора рН-метра «рН-Эксперт» с электродом стеклянным комбинированным ЭСК-10601.

**Обсуждение результатов. Изучение процесса образования водного раствора комплекса повидон-йода.** На первом этапе были получены водные растворы комплекса повидона-йода с использованием в качестве источника йода йодида калия в соответствии с описанным в литературе [11–13]. Расчет необходимого количества веществ проводили на основании уравнений химических реакций, которые протекают при этом, данных о концентрации комплекса повидона-йода (около 10 %) и концентрации активного йода (от 0,85 до 1,2 %) в растворах, выпускаемых промышленностью (см. табл. 1).

Образование йода протекает в результате окислительно-восстановительной реакции между йодидом калия и перекисью водорода в присутствии соляной кислоты:



Образование комплекса йода и поливинилпирролидона в присутствии йодида калия можно представить в виде уравнения



При растворении поливинилпирролидона и йодида калия в воде наблюдалось образование окрашенного раствора, что связано с присутствием перекисных соединений в поливинилпирролидоне, которые реагируют с йодидом

калия (рис. 2, а). После добавления к этому раствору соляной кислоты и перекиси водорода наблюдалось углубление окраски в результате образования йода и формирования комплекса повидона-йода (рис. 2, б).

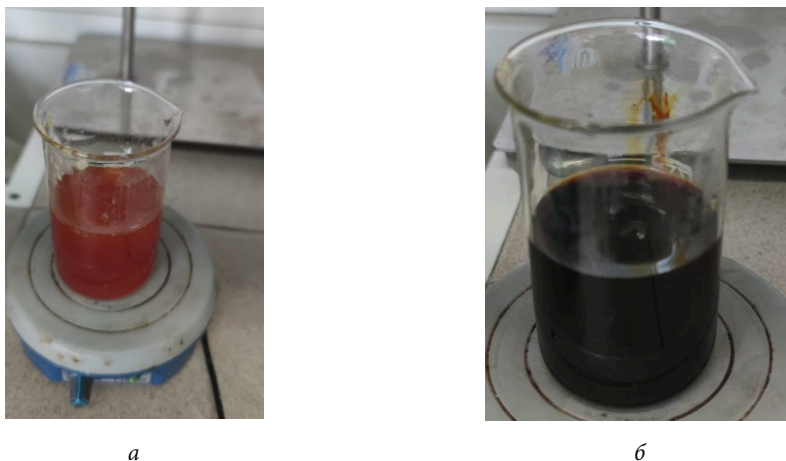
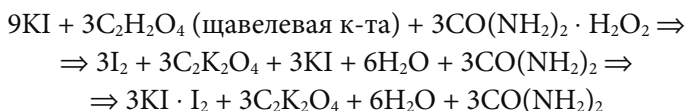


Рис. 2. Образование раствора поливинилпирролидона и йодида калия в воде (а) и раствора комплекса повидон-йод (б)

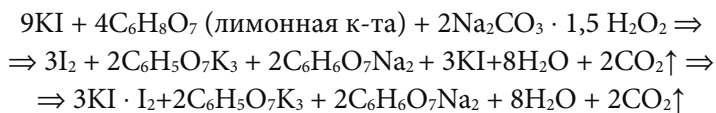
Полученный раствор представлял собой вязкую темно-коричневую жидкость со слабым специфическим йодным запахом, которая легко смешивалась с водой. По результатам проведенных анализов раствор содержал 0,95 % активного йода и имел  $\text{pH} = 3,3$  и относительную вязкость 3,68, что соответствует требованиям к показателям качества, предъявляемым к раствору повидона-йода.

**Разработка состава для приготовления раствора повидона-йода в полевых условиях.** На втором этапе работы была изучена возможность замены жидких компонентов — раствора перекиси водорода и соляной кислоты твердыми окислителями и кислотами.

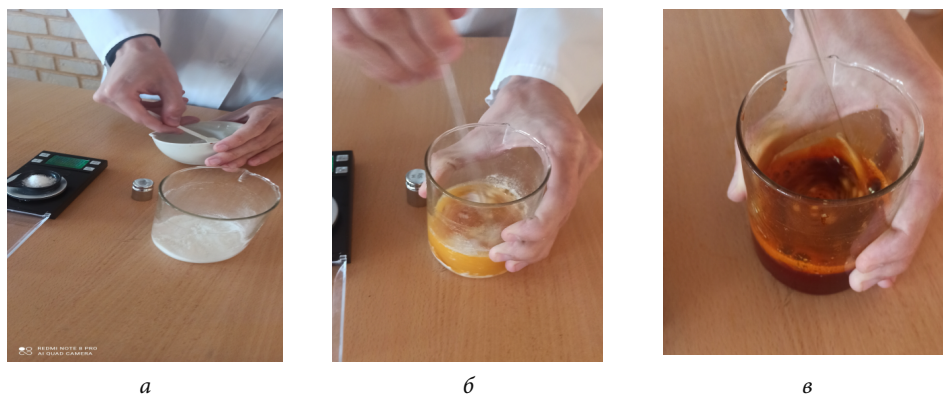
В первом варианте вместо перекиси водорода и соляной кислоты были использованы твердые гидроперит и щавелевая кислота, во втором варианте — перкарбонат натрия и лимонная кислота. Количества веществ (см. табл. 2) для приготовления растворов были рассчитаны на основании соответствующих уравнений реакций образования йода в присутствии щавелевой кислоты и гидроперита



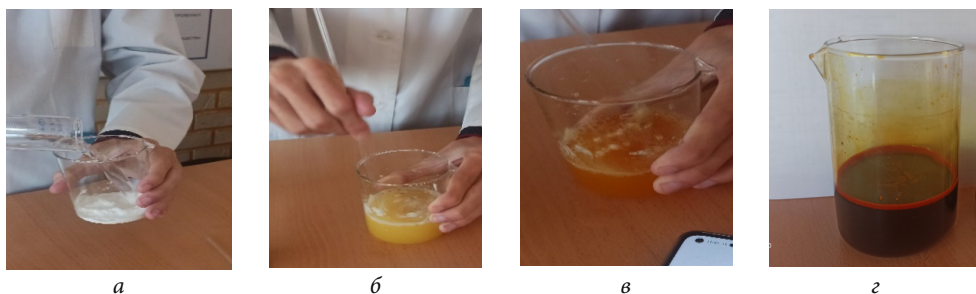
или лимонной кислоты и натрия перкарбоната



При смешении с водой из различных источников, сухие исходные вещества образовывали растворы темно-коричневого цвета (рис. 3 и 4), что обусловлено выделением йода и образованием комплекса повидон-йод. Полученные по вариантам 1 и 2 растворы повидона-йода были проанализированы по соответствующим показателям качества (табл. 3).



**Рис. 3.** Образование раствора комплекса повидона-йода с использованием гидроперита и щавелевой кислоты:  
*a* — загрузка сухих компонентов; *б* — добавление воды;  
*в* — образование раствора повидона-йода



**Рис. 4.** Образование раствора комплекса «Повидон-йод» с использованием перкарбоната натрия и лимонной кислоты:  
*a* — смешение компонентов; *б, в* — постепенное образование раствора повидона-йода; *г* — итоговый раствор повидона-йода

Все полученные растворы соответствовали по показателям качества предъявляемым требованиям за исключением раствора, полученного с использованием гидроперита, щавелевой кислоты и природной воды (раствор 1.3). Полученный раствор содержал нерастворимые частицы, которые предположительно являются оксалатами кальция или магния.

**Таблица 3. Результаты анализа растворов повидона-йода, полученных из сухих веществ**

Образец раствора	Тип воды	Показатель			
		Описание	pH	Активный йод, %	Вязкость
Раствор 1.1	Дистиллированная	Соответствует	3,0	0,97	3,80
Раствор 1.2	Питьевая	Соответствует	3,1	0,95	3,90
Раствор 1.3	Природная	Присутствует осадок	3,5	0,90	3,71
Раствор 2.1	Дистиллированная	Соответствует	3,0	0,97	3,81
Раствор 2.2	Питьевая	Соответствует	2,9	0,95	3,93
Раствор 2.3	Природная	Соответствует	3,4	0,90	3,71

В связи с этим нами для дальнейших исследований был выбран состав на основе лимонной кислоты и перкарбоната натрия, получивший рабочее название «Экстрим-йод» (табл. 4).

**Таблица 4. Разработанный состав «Экстрим-йод» для приготовления раствора повидона-йода**

№ п/п	Компонент	На 100 мл раствора	
		Содержание, %	Масса, г
1	Поливинилпирролидон	77,5	11,76
2	Калия йодид	13,0	1,96
3	Лимонная кислота	6,7	1,02
4	Натрия перкарбонат	2,8	0,42

Для изучения стабильности разработанного состава и проверки пригодности его для самостоятельного приготовления раствора повидона-йода были приготовлены экспериментальные образцы, упакованные в саше-пакеты (рис. 5). Они показали удовлетворительную стабильность при хранении в герметичной таре при нормальных условиях и позволяли легко получать растворы повидона-йода, в том числе после 30 дней хранения (табл. 5).





Рис. 5. Экспериментальные образцы состава «Экстрим-йод»

Таблица 5. Результаты изучения стабильности разработанного состава

Экспериментальный образец	Тип воды	Показатель			
		Описание	pH	Активный йод, %	Вязкость
<i>0 дней</i>					
Образец 1.1	Природная	Соответствует	3,3	0,99	3,82
Образец 1.2	Природная	Соответствует	3,2	0,97	3,91
Образец 1.3	Природная	Соответствует	3,4	0,99	3,76
<i>30 дней</i>					
Образец 2.1	Природная	Соответствует	3,0	0,97	3,88
Образец 2.2	Природная	Соответствует	3,4	0,99	3,86
Образец 2.3	Природная	Соответствует	3,4	0,98	3,87

Все полученные из экспериментальных образцов водные растворы соответствовали по выбранным показателям качества требованиям, которые предъявляются к готовым растворам повидона-йода, выпускаемым фармацевтической промышленностью. Время необходимое для растворения состава в воде составляло от 5 до 10 мин.

**Использование результатов.** Полученные результаты будут использованы для разработки готовой формы и организации производства, востребованного в современных условиях продукта: «Состав для приготовления в полевых условиях антисептического раствора комплекса повидона-йода для обработки кожных покровов и раневых поверхностей». Продукт будет предназначен для использования в условиях боевых действий и других экстремальных ситуациях. Он может быть использован для комплектования индивидуальных аптечек. Внедрение результатов и доведение разработки до конечного продукта планируется осуществить с привлечением индустриального партнера АО «Институт фармацевтических технологий» (г. Москва). Для защиты полученных результатов исследований были поданы заявки на регистрацию товарного знака «Экстрим-йод» № 2024727907 и полезную модель № 024104535 «Набор для приготовления в полевых условиях антисептического раствора комплекса повидона-йода для обработки кожных покровов и раневых поверхностей».

**Заключение.** В результате проведенных исследований был разработан состав для приготовления раствора повидона-йода в полевых условиях, содержащий поливинилпирролидон, калия йодид, лимонную кислоту и перкарбонат натрия в качестве окислителя. Состав получил рабочее название «Экстрим-йод». Все используемые компоненты состава в сухом виде совместимы между собой, что обеспечивает его стабильность. Состав позволяет достаточно быстро, в течение 5–10 мин, приготовить растворы комплекса повидона-йода с использованием воды различного качества: дистиллированной, питьевой и природной (речной).

*Работа была представлена на форуме научно-социальной программы для молодежи и школьников «Шаг в будущее» и научно-технологической выставке (секция 2В1 «Химия и химические технологии») и заняла 2-е место на форуме.*

## Литература

- [1] Борисов И.В. Повидон-йод — новые возможности знакомого препарата (обзор литературы). *Раны и раневые инфекции. Журнал им. проф. Б.М. Костюченка*, 2021, т. 8 (3), с. 12–18.
- [2] Родин А.В., Привольнев В.В., Савкин В.А. Применение повидон-йода для лечения и профилактики раневых инфекций в практике врача-хирурга. *Амбулаторная хирургия*, 2017, vol. (3–4), pp. 43–51.
- [3] Woo K.Y. Management of non-healable or maintenance wounds with topical povidone iodine. *Int. Wound J.*, 2014, vol. 11 (6), pp. 622–626.  
<https://doi.org/10.1111/iwj.12017>

- [4] achapelle J.M. A comparison of the irritant and allergenic properties of antiseptics. *Eur. J. Dermatol.*, 2014, vol. 24 (1), pp. 3–9. <https://doi.org/10.1684/ejd.2013.2198>
- [5] Lachapelle J.-M., Castel O., Casado A.F. et al. Antiseptics in the era of bacterial resistance: a focus on povidone iodine. *Clin. Pract.*, 2013, vol. 10 (5), pp. 579–592. <https://doi.org/10.2217/CPR.13.50>
- [6] Daroczy J. Antiseptic efficacy of local disinfecting povidone iodine (Betadine) therapy in chronic wounds of lymphedematous patients. *Dermatology*. 2002, 2004, suppl. 1, pp. 75–78. <https://doi.org/10.1159/000057730>
- [7] Campbell N., Campbell D. Evaluation of a non-adherent, povidone-iodine dressing in a case series of chronic wounds. *J Wound Care*. 2013; vol. 22 (8), pp. 401–402, 404–406.
- [8] Woo K.Y. Management of non-healable or maintenance wounds with topical povidone iodine. *Int Wound J.*, 2014, vol. 11 (6), pp. 622–626. <https://doi.org/10.1111/iwj.12017>
- [9] *Государственная фармакопея Российской Федерации XV издания*. URL: <http://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-15/> (дата обращения 15.05.2024).
- [10] Кирш Ю.Э., Соколова Л.В. Поливинилпирролидон и лекарственные композиции на его основе, способы их получения (Обзор). *Химико-фармацевтический журнал*, 1983, т. 06, с. 711–721.
- [11] Haaf F., Sanner A., Straub F. Polymers of N-Vinylpyrrolidone: Synthesis, Characterization, and Uses. *Polymer Journal*, 1985, vol. 17, pp. 143–152. <https://doi.org/10.1295/polymj.17.143>
- [12] Dai T., Huang Y.-Y., Sharma S.K. et al. Topical Antimicrobials for Burn Wound Infections. *Recent Patents on Anti-Infective Drug Discovery*, 2010, vol. 5, no. 2, pp. 124–151. <https://doi.org/10.2174/157489110791233522>

**Поступила в редакцию 09.08.2024**

**Никитин Константин Андреевич** — ученик 11 «А» класса МБОУ «Гимназия № 5», Белгород, Российская Федерация.

**Научный руководитель** — Суслов Василий Викторович, канд. хим. наук, доцент кафедры Биотехнологии и промышленной фармации, РТУ МИРЭА; АО «Институт фармацевтических технологий», Москва, Российская Федерация. E-mail: svvchem@ya.ru

**Научный руководитель** — Ярославцева Ирина Федоровна, учитель химии МБОУ «Гимназия № 5», Белгород, Российская Федерация. E-mail: danila\_290605@mail.ru

**Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:**

Никитин К.А. Разработка состава для приготовления раствора повидон-йод в «полевых условиях». *Политехнический молодежный журнал*, 2024, № 06 (95). URL: <https://ptsj.bmstu.ru/catalog/che/inorg/1011.html>

## DEVELOPMENT OF A COMPOSITION FOR FIELD PREPARATION OF THE POVIDONE-IODINE SOLUTION

K.A. Nikitin

sovelij7478@gmail.com

*Municipal Budgetary Educational Institution “Gymnasium No. 5”, Belgorod, Russian Federation*

The development objective is to create a dry composition for field preparation of the povidone-iodine antiseptic solution. The work relevance lies in the fact that most disinfectants for the wound treatment have drawbacks that complicate their use in the combat and extreme situations. The paper proposes an approach to solving this problem by developing a dry composition for rapid independent preparation of the povidone-iodine antiseptic solution using water, including water from the local natural sources. It analyzes the existing methods for obtaining the povidone-iodine complex, as well as the methods for quality control of the resulting solutions based on it. Formation of the povidone-iodine complex aqueous solution was experimentally studied, and a dry composition for its rapid preparation based on citric acid, sodium percarbonate, potassium iodide and polyvinylpyrrolidone (povidone) was developed. The developed composition was stable in the dry form. Aqueous solutions obtained from this composition met the requirements for ready-made povidone-iodine solutions produced by the pharmaceutical industry.

**Keywords:** povidone-iodine, antiseptic, wound treatment, iodophors, povidone, polyvinylpyrrolidone, disinfectants

**Received 09.08.2024**

**Nikitin K.A.** — Student, 11 “A” Class, Municipal Budgetary Educational Institution “Gymnasium No. 5”, Belgorod, Russian Federation.

**Scientific advisor** — Suslov V.V., Ph. D. (Chemistry), Associate Professor, Department of Biotechnology and Industrial Pharmacy, MIREA — Russian Technological University; JSC “Institute of Pharmaceutical Technologies”, Moscow, Russian Federation. E-mail: svvchem@ya.ru

**Scientific advisor** — Yaroslavtseva I.F., Lecturer in Chemistry, Municipal Budgetary Educational Institution “Gymnasium No. 5”, Belgorod, Russian Federation. E-mail: danila\_290605@mail.ru

### Please cite this article in English as:

Nikitin K.A. Development of a composition for field preparation of the povidone-iodine solution. *Politekhnicheskiiy molodezhnyy zhurnal*, 2024, no. 06 (95). (In Russ.). URL: <https://ptsj.bmstu.ru/catalog/che/inorg/1011.html>