

UDK: 615.322:615.321:543.422.2:543.544

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУММЫ ФЛАВОНОИДОВ В НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ ЩАВЕЛЯ КИСЛОГО (RUMEXACETOSA L.) СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕ- СКИМ МЕТОДОМ

Джулаев У.Н., Навруззода Г.Ф.

ГОУ «Таджикский государственный медицинский университет им. Абуалиибни Сино», г. Душанбе, Республика Таджикистан

Аннотация

В работе проведено определение суммы флавоноидов в надземной части щавеля кислого (Rumexacetosa L.) спектрофотометрическим методом. Исследование выполнено с использованием реакции комплексообразования флавоноидов с хлоридом алюминия (III), что позволило идентифицировать и количественно оценить их содержание в спиртовых извлечениях. Оптимальные условия экстракции установлены при использовании 70% этилового спирта, соотношении сырьё–экстрагент 1:10 и продолжительности экстракции 120 минут. Калибровочная зависимость между оптической плотностью и концентрацией флавоноидов была линейной ($r = 0,991$), что подтверждает воспроизводимость метода. Содержание суммы флавоноидов в пересчёте на кверцетин составило 2,84% в абсолютно сухом сырьё. Полученные результаты могут быть использованы при стандартизации лекарственного растительного сырья и разработке фитопрепаратов на основе щавеля кислого.

Ключевые слова: щавель кислый, флавоноиды, кверцетин, рутин, спектрофотометрия.

Abstract

This study determined the total flavonoid content of the above-ground portion of common dock (Rumexacetosa L.) using spectrophotometry. The study utilized a complexation reaction of flavonoids with aluminum (III) chloride, which enabled the identification and quantification of their content in alcoholic extracts. Optimal extraction conditions were established using 70% ethyl alcohol, a raw material-to-extractant ratio of 1:10, and an extraction time of 120 minutes. The calibration relationship between optical density and flavonoid concentration was linear ($r = 0.991$), confirming the reproducibility of the method. The total flavonoid content, calculated as quercetin, was 2.84% in absolutely dry raw materials. The results obtained can be used in the standardization of medicinal plant materials and the development of herbal remedies based on common dock.

Keywords: sorrel, flavonoids, quercetin, rutin, spectrophotometry.

Abstrakt

Ushbu tadqiqot spektrofotometriya yordamida umumiy dockning (Rumexacetosa L.) yer ustki qismidagi umumiy flavonoid tarkibini aniqladi. Tadqiqotda flavonoidlarning alyuminiy (III) xlorid bilan kompleks hosil qilish reaksiyasidan foydalanildi, bu esa ularning alkogolli ekstraktlardagi tarkibini aniqlash va miqdorini aniqlash imkonini berdi. Optimal ekstraksiya sharoitlari 70% etil spirti, xomashyoning ekstraktga nisbati 1:10 va ekstraksiya vaqti 120 minut yordamida o'rnatildi. Optik zichlik va flavonoid kontsentratsiyasi o'rtasidagi kalibrlash munosabati chiziqli edi ($r = 0,991$), bu usulning takrorlanishini tasdiqlaydi. Quercetin sifatida hisoblangan umumiy flavonoid miqdori mutlaqo quruq xomashyoda 2,84% ni tashkil etdi. Olingan natijalar dorivor o'simlik materiallarini standartlashtirishda va umumiy dock asosida o'simlik vositalarini ishlab chiqishda qo'llanilishi mumkin.

Kalitso'zlar:otquloq, flavonoidlar, kversetin, rutin, spektrofotometriya.

Введение. Флавоноиды представляют собой обширный класс природных фенольных соединений, присутствующих практически во всех высших растениях. Они обладают выраженной биологической активностью, проявляющейся в антиоксидантных, ангиопротекторных, противовоспалительных и противомикробных эффектах. Многочисленные исследования подтверждают, что флавоноиды играют важную роль в профилактике сердечно-сосудистых заболеваний, сахарного диабета и воспалительных процессов различной этиологии [2-3].

.Благодаря низкой токсичности и физиологической активности флавоноиды широко применяются в фармацевтической промышленности и медицине как в составе фитопрепаратов, так и в качестве вспомогательных компонентов синтетических лекарственных средств. В последние десятилетия интерес к исследованию природных антиоксидантов значительно возрос. Согласно данным фитохимических и фармакологических исследований, флавоноиды обладают выраженной способностью ингибировать процессы перекисного окисления липидов и стабилизировать клеточные мембраны. Их противовоспалительный эффект связан с угнетением активности ферментов циклооксигеназы и липооксигеназы, а также с уменьшением образования медиаторов воспаления [2-4].

Кроме того, флавоноиды проявляют радиопротекторные и гепатопротекторные свойства, что обуславливает перспективность их использования в составе комплексных лекарственных средств. Флавоноиды принадлежат к классу полифенольных соединений растительного происхождения. Их можно отнести к вторичным продуктам метаболизма растений. Однако среди вторичных продуктов эта группа веществ является одной из наиболее заметных, благодаря участию во многих ключевых процессах роста и развития растений.

Флавоноиды участвуют в пигментации растений, могут определять окраску цветов. Они играют заметную роль в процессах клеточной сигнализации и сами могут служить в качестве мессенджеров химических сигналов, участвуют в процессах репродукции растений и, в частности, в процессах развития и функционирования пыльцы, накоплении нектара, в созревании плодов и семян. Новые данные позволяют предположить, что флавоноиды могут участвовать в процессах экспрессии генов, изменять активность регуляторных белков и участвовать в регуляции клеточного деления [1-6].

Однако наиболее заметную роль флавоноиды играют в защите растений от различных неблагоприятных факторов окружающей среды. К ним следует отнести действие ультрафиолета, температурный стресс, повышенные концентрации тяжелых металлов, а также действия ионизирующего излучения. Флавоноиды играют огромную роль в защите растений от бактериальной, вирусной и грибковой инфекции, от проникновения паразитов и повреждения насекомыми [7].

Щавель кислый (*Rumex acetosa* L.) из семейства Гречишные (Polygonaceae) является распространённым растением флоры Таджикистана. Его надземная часть содержит биологически активные вещества — органические кислоты, витамины, дубильные вещества, антоцианы и флавоноиды. Традиционно трава щавеля используется как противовоспалительное, кровоостанавливающее и ранозаживляющее средство.

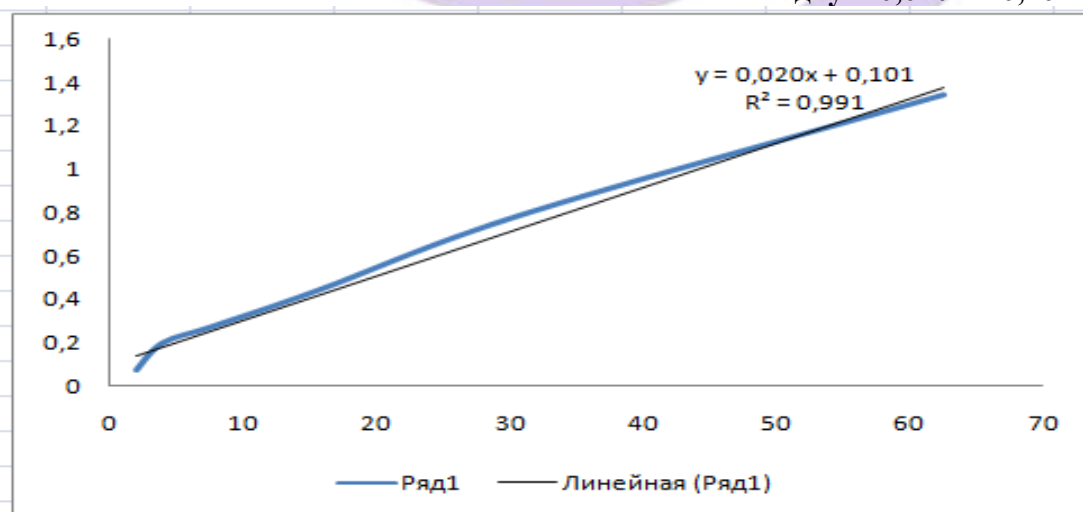
Несмотря на наличие отдельных работ по изучению химического состава щавеля, количественное определение суммы флавоноидов в его траве остаётся недостаточно исследованным. Целью данной работы стало **определение суммы флавоноидов в надземной части щавеля кислого**

методом спектрофотометрии, основан-
 ным на реакции комплексообразования с
 хлоридом алюминия (III).

Методы. Объект исследования. Для
 анализа использовали надземную часть
RumexacetosaL., заготовленную в фазе
 цветения на территории Хатлонской обла-
 сти Республики Таджикистан. Раститель-
 ное сырьё сушили при температуре не
 выше 40 °С до постоянной массы, затем из-
 мельчали до размера частиц 3–5 мм. Приго-
 товление извлечений. Для получения экс-
 трактов навеску 5 г измельчённого сырья
 помещали в колбу со шлифом (100 мл), за-
 ливали 50 мл этилового спирта требуемой
 концентрации (40%, 70%, 96%) и нагревали
 на водяной бане с обратным холодильни-
 ком при температуре 50 °С в течение 120

минут. После охлаждения растворы филь-
 тровали через бумажный фильтр. Проведе-
 ние реакции. Для анализа 3 мл фильтрата
 переносили в мерную колбу на 25 мл, до-
 бавляли 2 мл 2%-ного раствора $AlCl_3$, дово-
 дили объём до метки экстрагентом и выдер-
 живали 30 минут при комнатной темпера-
 туре. Раствор сравнения готовили по той же
 методике, но без добавления хлорида алю-
 миния [9-10].

Спектрофотометрическое измерение.
 Оптическую плотность измеряли на спек-
 трофотометре SUV-800 при длине волны
 440 нм. В качестве стандартного образца
 использовали раствор кверцетина (10 мг в
 25 мл 70%-ного этанола). Калибровочную
 кривую строили в диапазоне концентраций
 0,02–0,12 мг/мл. Уравнение регрессии
 имело вид: $y = 0,020x + 0,101$ ($r = 0,991$).



Для оценки воспроизводимости ме-
 тодики проводили три параллельных опре-
 деления каждой пробы. Полученные значе-
 ния оптической плотности отличались не
 более чем на ± 2 %, что соответствует тре-
 бованиям к аналитической точности фото-
 метрических методов. Контроль стабильно-
 сти растворов осуществляли в течение 24
 часов при хранении в тёмном месте при

$$x = \frac{(D - D_0) \cdot C_0}{m \cdot (100 - W)};$$

где

D — оптическая плотность исследуемого

температуре (20 ± 2) °С; изменение оптиче-
 ской плотности не превышало 1 %. Это под-
 тверждает стабильность комплексов флаво-
 ноидов с хлоридом алюминия (III) и надёж-
 ность применённой методики [2-5].

Расчёт содержания флавоноидов.
 Количество флавоноидов в пересчёте на
 кверцетин (X, %) вычисляли по формуле:

раствора,
 D_o — оптическая плотность раствора сравнения,
 C_o — содержание кверцетина в стандартном

растворе, г,
 m — масса навески сырья, г,
 W — потери массы при высушивании, %.

РЕЗУЛЬТАТЫ. РЕЗУЛЬТАТЫ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ СУММЫ ФЛАВОНОИДОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ СПИРТА-ЭКСТРАГЕНТА ПРЕДСТАВЛЕНЫ В ТАБЛИЦЕ 1.

Таблица 1. Оптимальные условия экстрагирования флавоноидов из травы щавеля кислого ($\lambda = 440$ нм)

Экстрагент	Соотношение-сырьё : экстрагент	Времяэкстракции, мин	Степень-измельчения, мм	D (с $AlCl_3$)	Содержание, %	Сумма флавоноидов, мг/г в пересчёте на кверцетин
40% этанол (надземнаячасть)	1:10	120	3–5	0.26	55	2.35
70% этанол (надземнаячасть)	1:10	120	3–5	0.29	52	2.84
96% этанол (надземнаячасть)	1:10	120	3–5	0.40	40	1.53

Наибольшее содержание флавоноидов наблюдалось при использовании 70%-ного этанола, что соответствует оптимальному соотношению полярных и неполярных свойств растворителя.

Обсуждение. Полученные результаты показали, что эффективность экстракции флавоноидов зависит от концентрации этанола. При низких концентрациях (40 %) экстрагируются преимущественно гидрофильные соединения, а при высокой (96 %) — менее полярные компоненты, что снижает общий выход флавоноидов. Наиболее сбалансированным растворителем оказался 70 %-ный этанол. Высокая корреляция ($r = 0,991$) между оптической плотностью и концентрацией подтверждает линейность и точность метода. Это свидетельствует о возможности его применения для стандартизации лекарственного растительного сырья [6-7].

Сравнение с литературными данными по другим видам семейства *Polygonaceae* (щавель конский, горец перечный) показало, что содержание флавоноидов в *RumexacetosaL.* сопоставимо с известными фитосредствами, обладающими ангиопротекторной активностью. Методика, применённая в исследовании, может быть использована при разработке фармакопейной статьи на траву щавеля кислого, а также при создании новых фитопрепаратов антиоксидантного и противовоспалительного действия. Полученные результаты представляют интерес для фармакогностического анализа и могут быть использованы при разработке нормативной документации на растительное сырьё. Определённые оптимальные условия экстрагирования флавоноидов — использование 70 %-ного этилового спирта, соотношение сырьё : экстрагент 1 : 10 и время экстракции 120 минут — позволяют рекомендовать данный

метод для количественного анализа травы щавеля кислого в лабораторных и производственных условиях [8-9].

Кроме того, спектрофотометрический метод, основанный на комплексообразовании с хлоридом алюминия (III), отличается простотой, доступностью реагентов и высокой точностью, что делает его подходящим для контроля качества фитопрепаратов и биологически активных добавок. Дальнейшее изучение щавеля кислого позволит более глубоко исследовать состав его полифенольных комплексов и расширить спектр применения данного растения в фармацевтической практике.

Закключение. В результате проведённых исследований подтверждено наличие флавоноидов в надземной части

Rumex acetosa L.. Определены оптимальные условия их извлечения: использование 70 %-ного этилового спирта, соотношение сырьё :экстрагент 1 : 10 и время экстракции 120 минут. Предложенная методика спектрофотометрического определения на основе реакции комплексообразования с хлоридом алюминия (III) отличается точностью, воспроизводимостью и простотой, что делает её подходящей для стандартизации лекарственного растительного сырья.

Полученные результаты могут служить основой для разработки методик контроля качества и создания новых фитопрепаратов с антиоксидантной и противовоспалительной активностью на основе травы щавеля кислого.

Литература

1. Гусева, И. В. Лекарственные растения в народной медицине / И. В. Гусева, Л. Н. Воробьева. -Москва: Медицина, 2017.
2. Ляпина, Т. А. Флавоноиды и их биологическая активность / Т. А. Ляпина, Н. И. Павлова. -Санкт-Петербург: Наука. 2016.
3. Бородин, Т. С. (). Природные антиоксиданты: флавоноиды и их роль в лечении заболеваний. Журнал фармацевтической науки, 22(2), 2015-С. 98-102.
4. Власова, Е. М., & Ермакова, Т. А. Методы экстракции и стандартизации экстрактов лекарственных растений. Московский фармацевтический журнал, (2020)34(1), -С. 45-50.
5. Ергожин Е. Е. Проблемы создания и промышленного производства новых отечественных лекарственных средств / Е. Е. Ергожин, К.Д. Пралиев // Материалы международной научно практ. конф. «Актуальные проблемы технологии производства, переработки лекарственного растительного сырья и получение фитопрепаратов». -Караганда, 1994. -С. 23.
6. Омельченко П.С., Гладух Є. В. Визначення технологічних параметрів собоної кропиви трави, яка є основою густого та сухого екстрактів. Збірник наукових праць співробітників НМАПО ім. П. Л. Шупика. 2014. -Вип. 23 (4). -С. 345–349.
7. Определение содержания флавоноидов в облученных образцах по средством спектрофотометрического анализа / А.В. Саруханов, Н.А. Морозова // *Бюллетень науки и практики / Bulletin of Science and Practice* <https://www.bulletennauki.com> Т. 5. №10. 2019 DOI: 10.33619/2414-2948/47 –С. 33-39
8. Пономарев В. Д. Экстрагирование лекарственного сырья / В. Д. Пономарев. -Москва: Медицина, 1976. - 202 с.
9. Суина И.О. Изучение технологических параметров и числовых показателей качества сырья *Aristolochia clematidis* L. / И.О. Суина, И. И. Тернинко. Разработка и регистрация лекарственных средств. 2017. Ноябрь. -№ 4 (21). -С. 202–205.
10. Гулич М. П. Что такое БАДы – пища XXI века или лекарства? / М. П. Гулич Здоров'я України. 2001. -№ 8. -С. 12–15.

UDK: 615.9:658.7:004.8:378.147

ИНТЕГРАЦИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПОДГОТОВКИ КАДРОВ В РАЗВИТИИ СОВРЕМЕННОЙ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ ЛОГИСТИКИ

Жалбирова Г.М., Арыстанов Ж.М., Капасова З.Ш.

НАО «Медицинский университет Астана», г.Астана, Республика Казахстан.

Аннотация

Современная фармацевтическая логистика переживает этап глубоких трансформаций под влиянием цифровизации и роста требований к качеству, прозрачности и скорости поставок лекарственных средств. Использование инновационных технологий - таких как блокчейн, искусственный интеллект и автоматизированные платформы управления цепями поставок - открывает новые возможности для повышения эффективности логистических процессов и предотвращения распространения фальсифицированной продукции. Фальсифицированные и контрафактные лекарственные средства в настоящее время являются одной из самых глобальных проблем фармацевтической промышленности. Согласно отчетам Всемирной организации здравоохранения и организаций, финансирующих исследования в области здравоохранения, около 10-30% лекарств развивающихся странах являются поддельными.

Использование технологии блокчейн может значительно изменить ситуацию: уменьшить количество посредников и сделать логистическую цепочку более прозрачной. Благодаря блокчейну компания сможет самостоятельно выстраивать процесс доставки, что ускорит движение товаров и снизит барьеры в поставках. Повышение эффективности логистики в торговле на фармацевтическом рынке может заметно повлиять на развитие системы здравоохранения.

Однако успешная цифровая модернизация невозможна без соответствующей подготовки кадров. Недостаточный уровень цифровых компетенций фармацевтических специалистов, логистов и управленцев становится сдерживающим фактором для внедрения технологических решений. Поэтому ключевым направлением развития отрасли является интеграция цифровых инструментов с системой профессионального образования и повышения квалификации.

Комплексный подход, сочетающий внедрение цифровых платформ в логистические процессы и формирование кадрового потенциала, способного эффективно работать в условиях цифровой среды, позволит повысить прозрачность и устойчивость цепей поставок лекарственных средств, обеспечить их безопасность и доступность для населения.

Таким образом, интеграция технологий и подготовки кадров выступает стратегическим условием развития современной фармацевтической логистики и укрепления системы здравоохранения в целом.

Ключевые слова: Фармацевтическая цепочка поставок, управление цепочкой поставок лекарств, блокчейн, логистика лекарств, кадры фармацевтической логистики

Abstract

Falsified and counterfeit medicines are currently one of the most global problems of the pharmaceutical industry. According to reports from the World Health Organization and organizations that fund health research, about 10-30% of medicines in developing countries are counterfeit. The use of blockchain technology can significantly change the situation: reduce the number of intermediaries and make the logistics chain more transparent. Thanks to the blockchain, the company will be able to independently build the delivery process, which will accelerate the movement of goods and reduce barriers to supply. Improving the efficiency of logistics in trade can significantly affect the development of the global economy.

The use of blockchain technology can significantly change the situation: reduce the number of intermediaries and make the logistics chain more transparent. Also, with the help of the blockchain, the company can independently organize its deliveries, which will speed up the movement of goods and reduce the number of obstacles during delivery. Improving the efficiency of trade logistics can significantly affect the development of the global health economy.

Keywords: Pharmaceutical Supply Chain, Drug Supply Chain Management, Blockchain, Drug Logistics, Pharmaceutical Logistics Staff.

Annotatsiya

Soxtalashtirilgan va qalbaki dori vositalari hozirda farmatsevtika sanoatining eng global muammolaridan biri hisoblanadi. Jahon sog'liqni saqlash tashkiloti va sog'liqni saqlash tadqiqotlarini moliyalashtiradigan tashkilotlarning hisobotlariga ko'ra, rivojlanayotgan mamlakatlarda dori-darmonlarning taxminan 10-30% soxta. Blockchain texnologiyasidan foydalanish vaziyatni sezilarli darajada o'zgartirishi mumkin: vositachilar sonini kamaytirish va logistika zanjirini yanada shaffof qilish. Blockchain tufayli kompaniya etkazib berish jarayonini mustaqil ravishda qurishi mumkin, bu tovarlarning harakatini tezlashtiradi va etkazib berishdagi to'siqlarni kamaytiradi. Savdoda logistika samaradorligini oshirish jahon iqtisodiyotining rivojlanishiga sezilarli ta'sir ko'rsatishi mumkin.

Blockchain texnologiyasidan foydalanish vaziyatni sezilarli darajada o'zgartirishi mumkin: vositachilar sonini kamaytirish va logistika zanjirini yanada shaffof qilish. Shuningdek, blokcheyn yordamida kompaniya o'z etkazib berishni mustaqil ravishda tashkil qilishi mumkin, bu esa yuklarning harakatlanishini tezlashtiradi va etkazib berishdagi to'siqlar sonini kamaytiradi. Savdo logistikasi-ning samaradorligini oshirish jahon sog'liqni saqlash iqtisodiyotining rivojlanishiga sezilarli ta'sir ko'rsatishi mumkin.

Kalit so'zlar: farmatsevtika ta'minoti zanjiri, dori ta'minoti zanjirini boshqarish, blokcheyn, dori logistikasi, sog'liqni saqlash, farmatsevtika logistikasi xodimlari.

Введение. Существует множество фармацевтических компаний, производящих лекарства, подлинность данных компаний или организаций иногда неизвестна. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), основной причиной десятков тысяч смертей, происходящих в развивающихся странах, являются поддельные лекарства [1,2]. Стандарты GDP играют ключевую роль в обеспечении прозрачности и прослеживаемости движения каждой партии лекарственных средств, что является важнейшим фактором в предотвращении фальсификаций. В Соединённых Штатах выполнение требований Закона о безопасности цепи поставок лекарственных

средств (DSCSA) обязывает всех участников логистической цепи внедрять системы сериализации, обеспечивающие отслеживание каждой единицы продукции в режиме реального времени [3]. В борьбе с фальсификацией лекарственных средств технология блокчейн обеспечивает надёжный и защищённый способ фиксации всех операций в цепочке поставок. На основе блокчейна также предложена новая и передовая система отслеживания и прослеживания Medledger, использующая блокчейн-платформу Hyperledger Fabric с использованием чейнкодов (смарт-контрактов) [4].

На [рисунке 1](#), по данным Курсив представлены ключевые торговые группы

препаратов – терапевтические/профилактические, гормональные и лекарственные средства содержащие алкалоиды – обнаружены существенные расхождения в данных. Объем этих расхождений значительно

превышает существующие оценки контрафактного оборота в 10–12% от официального импорта [5].



Рисунок 1: Расфасованные лекарства: Структура импорта фармацевтической продукции в Республике Казахстан 2020 года

Благодаря регистрации каждой передачи товара в децентрализованном реестре, становится возможной дополнительная проверка подлинности упаковки и прослеживание всей истории движения препарата. Пилотные проекты ведущих фармацевтических компаний уже продемонстрировали перспективность применения блокчейна для контроля подлинности и отслеживания дорогих лекарств [6,7]. Согласно оценкам экспертов, использование цифровых инструментов для мониторинга температурных условий и отслеживания партий лекарственных средств позволяет уменьшить убытки, возникающие из-за отклонений от требуемого температурного режима, почти на 60%. Цифровые инструменты и автоматизация в цепочке поставок способны значительно повысить эффективность процессов, улучшить соответствие нормативным требованиям и обеспечить сохранность качества продукции [8]. Однако их успешное внедрение возможно лишь при наличии специалистов, обладающих необходимыми технологическими компетенциями. По данным нашего исследования, 83%

руководителей биофармацевтических компаний отметили необходимость повышения квалификации или переподготовки значительной части персонала для эффективной поддержки цифровой трансформации [9, 10]. В развивающихся странах мира — наблюдается несоответствие между потребностями в специалистах и возможностями образовательных структур. Так отсутствие инфраструктуры, недостаток практической подготовки, слабая связь между ВУЗами и промышленностью — всё это приводит к тому, что кадровый потенциал остаётся недоиспользованным или не готовым отвечать современным требованиям [11].

Низкий уровень осведомлённости сотрудников о принципах надлежащей дистрибьюторской практики остаётся существенной проблемой [12]. Около половины респондентов отметили, что никогда не проходили обучение или участие в тренингах по вопросам GDP, что создаёт дополнительные препятствия для внедрения современных стандартов дистрибуции, приведенной в Таблице 1:

Таблица 1: Основные проблемы фармацевтической логистики в Казахстане

Проблема	Процент респондентов, столкнувшихся с проблемой (%)	Воздействие на логистику	Возможные последствия	Решение
Низкий уровень автоматизации складов	70	Замедление процессов	Увеличение времени обработки заказов	Внедрение WMS
Высокий уровень ошибок при обработке данных	65	Некорректное управление запасами	Потеря качества продукции	Использование систем FIFO/FEFO
Недостаточная осведомленность о GDP	50	Несоблюдение стандартов качества	Риски регуляторных санкций	Проведение тренингов для сотрудников
Сложности внедрения цифровой маркировки	40	Низкая прослеживаемость	Контрафактная продукция	Цифровизация процессов
Отсутствие системы контроля температуры	55	Потеря качества термолабильных препаратов	Нарушение условий хранения	Установка систем мониторинга температуры

Результативность работы персонала компании определяется рядом факторов: уровнем профессиональных компетенций сотрудников, степенью упорядоченности бизнес-процессов, эффективностью системы мотивации, а также стилем руководства, который применяет менеджмент организации [13].

Методы. Библиографический и контент-анализы позволили обобщить отечественный и зарубежный опыт подготовки кадров и внедрения инновационных технологий в цепях поставок лекарственных средств. Эмпирическую базу исследования составили данные документального анализа нормативно-правовых актов, отраслевой статистики и отчётов международных организаций.

Результаты. Была доказана целесообразность применения инновационных новых технологий, таких как искусственный интеллект, блокчейн, RFID и Интернет вещей в интегрированной среде Pharma 4.0, оказались достаточно эффективными в улучшении прослеживаемости, принятия решений и управления рисками, что очевидно привело к повышению эффективности, прозрачности и прослеживаемости лекарственных препаратов цепочки поставки системы мониторинга в режиме реального времени, установлено, что недоста-

точная подготовка и осведомлённость персонала о принципах надлежащей дистрибуторской практики (GDP) снижают эффективность логистических процессов и уровень безопасности лекарственных средств [14, 15]. Выявлены и доказаны основные организационные и кадровые проблемы, препятствующие внедрению современных цифровых технологий, таких как блокчейн и системы мониторинга в режиме реального времени, для повышения прозрачности и прослеживаемости лекарственных препаратов в фармацевтических цепях поставок, а также разработаны предложения по совершенствованию системы подготовки кадров для фармацевтической логистики с учётом требований цифровой экономики и международных стандартов.

Обсуждение. Полученные результаты подтверждают, что кадровый фактор остаётся одним из ключевых элементов эффективности фармацевтической логистики. Недостаточная осведомлённость специалистов о принципах надлежащей дистрибуторской практики (GDP) и ограниченные возможности профессионального обучения препятствуют внедрению современных технологий и развитию фармацевтического рынка. Эти выводы согласуются с результатами исследований зарубежных авторов, подчёркивающих необходимость интегра-

ции образовательных программ, ориентированных на цифровые компетенции и устойчивые логистические практики. Внедрение инновационных технологий, таких как блокчейн и других цифровых платформ отслеживания поставок, способно существенно повысить прозрачность и безопасность движения лекарственных средств. Однако успешная реализация таких решений требует не только технической инфраструктуры, но и готовности кадрового состава к использованию новых инструментов управления. Таким образом, результаты исследования подчеркивают необходимость комплексного подхода, включающего модернизацию образовательных программ, развитие цифровых навыков специалистов GDP на всех этапах цепи поставок.

Заключение. Проведённое исследование подтвердило, что эффективность фармацевтической логистики во многом определяется уровнем подготовки и компетентности персонала, а также степенью внедрения цифровых технологий в управление цепями поставок. Недостаточная осведомлённость специалистов о принципах GDP и низкая вовлечённость в образовательные программы создают барьеры для реализации международных стандартов и

инновационных решений в фармацевтической деятельности. Внедрение цифровых технологий помогает обеспечить прозрачность, прослеживаемость и безопасность поставок лекарственных средств. Однако их эффективность напрямую зависит от человеческого фактора: уровня цифровых компетенций и готовности персонала к работе в условиях цифровой трансформации. Результаты исследования подтверждают необходимость комплексного подхода к развитию фармацевтической логистики, предполагающего не только технологическую модернизацию, но и совершенствование системы подготовки кадров. Важным направлением становится интеграция модулей по цифровым технологиям и стандартам GDP в образовательные программы, а также формирование культуры соблюдения стандартов качества на всех уровнях логистической цепи. Таким образом, укрепление кадрового потенциала и внедрение инновационных решений создают основу для устойчивого развития фармацевтической логистики и повышения доступности безопасных лекарственных средств для населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. WHO Global Surveillance and Monitoring System for substandard and falsified medical products ISBN 978-92-4-151342-5 © World Health Organization 2017 Дата обращения 10.10.2025
2. Некачественная и фальсифицированная медицинская продукция– Режим доступа: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/substandard-and-falsified-medical-products> Дата обращения 12.10.2025
3. Керимбекова З. (г. Бишкек, Кыргызстан) GDP (GOOD DISTRIBUTION PRACTICE) КАК СТАНДАРТ КАЧЕСТВА ЛОГИСТИКИ В ФАРМАЦЕВТИКЕ: ПРИМЕНЕНИЕ И КОНТРОЛЬ. Международный научный журнал «ВЕСТНИК НАУКИ» № 6 (87) Том 4. ИЮНЬ 2025 г.
4. Mueen Uddin, Blockchain Medledger: Hyperledger fabric enabled drug traceability system for counterfeit drugs in pharmaceutical industry, International Journal of Pharmaceutics, Volume 597, 2021, 120235, ISSN 0378-5173, <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2021.120235>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378517321000399>)

5. Оборот контрафактных лекарств в Казахстане превышает озвученные правительством 10–12%– Режим доступа: <https://qazmarka.kz/press/oborot-kontrafaktnyx-lekarstv-v-kazaxstane/> Дата обращения 12.10.2025
6. Основы: Фармацевтическая цепочка поставок. – Режим доступа: <https://pharmaoffer.com/ru/blog/fundamentals-of-the-pharmaceutical-supply-chain/> Дата обращения 10.10.2025
7. Anushree Tandon, Amandeep Dhir, A.K.M. Najmul Islam, Matti Mäntymäki, Blockchain in healthcare: A systematic literature review, synthesizing framework and future research agenda, Computers in Industry, Volume 122, 2020, 103290, ISSN 0166-3615, <https://doi.org/10.1016/j.com-pind.2020.103290>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166361520305248>)
8. Абляев Эмин Алимович, Шейко Анастасия Валентиновна Инновационный подход к логистике в медицине // Евразийский Союз Ученых. 2016. №33-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnyu-podhod-k-logistike-v-medit sine> (дата обращения: 15.10.2025).
9. Чтобы оцифровать свою цепочку поставок, биофармацевтической компании, возможно, сначала потребуется устранить дефицит квалифицированных кадров. <https://www.deloitte.com/us/en/insights/industry/health-care/biopharma-supply-chain-workforce-digital-future.html> Дата обращения 03.10.2025
10. Alfadla A, Alkhuwailedb R, Aldekheelb Z, Alfurayhb Z. The Role of Pharmacists in Disaster Management: A Qualitative Study Exploring the Experience of Saudi Pharmacists during the COVID-19 Pandemic. Open Public Health J, 2025; 18: e18749445398464. <http://dx.doi.org/10.2174/0118749445398464250707074718>
11. Meilanti, S., Smith, F., Fauziyyah, A.N. et al. A narrative review of pharmacy workforce challenges in Indonesia. Hum Resour Health 23, 10 (2025). <https://doi.org/10.1186/s12960-024-00967-0>
12. Байдуллаева Ш.А., Арыстанов Ж.М., Ерденбек І.Б. Анализ надлежащей дистрибьюторской практики как фактора оптимизации фармацевтического товародвижения. DOI 10.51582/interconf.19-20.12.2024.035
13. Отчет ТОО «СК-ФАРМАЦИЯ» по итогам первого полугодия 2025 года. Дата обращения 13.10.2025
14. Alsakhen I.F., Buics L., Süle E., 2024, Emerging Technologies in Pharmaceutical Supply Chains: a Comprehensive Analysis of Findings and Implications, Chemical Engineering Transactions, 114, 811-816. DOI: 10.3303/CET24114136
15. Zrelli I, Rejeb A. A bibliometric analysis of IoT applications in logistics and supply chain management. Heliyon. 2024 Aug 20;10(16):e36578. doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e36578. PMID: 39262942; PMCID: PMC11388369.