

16. About licensing: Zakon Resp Belarus' ot 14 okt 2022 g № 213-Z. URL: https://minfin.gov.by/upload/gosznak/acts/zakon_14102022_213z.pdf (data obrashcheniia: 13.12.2024). (In Russ.)

17. About the Pharmacopoeia of the Eurasian Economic Union: reshenie Kollegii Evraziiskoi ekon komis ot 11 avg 2020 g № 100. URL: <https://etalonline.by/document/?regnum=f92000255> (data obrashcheniia: 13.12.2024). (In Russ.)

Адрес для корреспонденции:

220030, Республика Беларусь,
г. Минск, ул. Мясникова, 39,
Управление фармацевтической инспекции
Министерства здравоохранения
Республики Беларусь,
тел.: +375 17 371 07 53,
e-mail: lavnik@minzdrav.gov.by,
Лавник Е. Б.

Поступила 20.12.2024 г.

УДК 615.1:504.064

DOI: <https://doi.org/10.52540/2074-9457.2024.4.24>

Н. И. Михайлова, Р. И. Лукашов

РОЛЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ И НЕЙРОСЕТЕЙ В СИСТЕМЕ ОБРАЩЕНИЯ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

**Белорусский государственный медицинский университет,
г. Минск, Республика Беларусь**

В настоящей статье рассматриваются подходы к совершенствованию системы обращения с фармацевтическими отходами за счет разработки новых информационных ресурсов. Результаты социологического опроса населения г. Минска указывают на низкую осведомленность в вопросах корректной утилизации лекарственных средств с истекшим сроком годности, что делает актуальным совершенствование информационной работы как с населением, так и с медицинскими и фармацевтическими работниками. Для этого на базе онлайн-конструктора Jotform разработан информационный комплекс, содержащий сведения о вреде фармацевтических отходов для окружающей среды, об оптимизации действий фармацевтических и медицинских работников, об организации информационной работы с населением в вопросах работы с лекарственными препаратами с истекшим сроком годности, адреса пунктов сбора данной категории отходов. Также реализована база данных с общими сведениями о лекарственных препаратах и информацией о возможных экологических рисках.

Существующие способы прогнозирования токсичности веществ не дают в полной мере оценить риски для живых организмов ввиду отсутствия способов прогнозирования тератогенного действия. Для решения этой задачи была предложена сверточная нейронная сеть, позволяющая на основании структуры соединения предположить вероятность проявления им тератогенного действия, что особенно актуально при разработке новых способов химической деструкции лекарственных препаратов.

Ключевые слова: *фармацевтические отходы, население, фармацевтический работник, медицинский работник, лекарственные средства, приложение, информационный комплекс, нейросеть.*

ВВЕДЕНИЕ

Развитие фармацевтической промышленности и рост мирового фармацевтического рынка влечет за собой пропорциональный рост количества фармацевтических отходов, образующихся на каждом из этапов жизненного цикла лекарственного средства (ЛС) [1]. Большинство лекар-

ственных препаратов (ЛП), широко используемых в медицине, ветеринарии, из-за некорректной утилизации попадают в сточные воды в неизменном виде или в виде активных метаболитов и могут обнаруживаться в воде питьевого качества [2]. Поступая в водоемы, биологически активные вещества ЛП могут накапливаться в тканях рыб и других организмов, а затем

передаваться по пищевой цепочке, оказывая негативное воздействие на разных ее уровнях. Это может приводить к резкому увеличению резистентности к антибиотикам, нарушению гормонального баланса у животных и человека [3, 4].

Таким образом, присутствие ЛП в экосистемах может привести к непредсказуемым последствиям и оказывать негативное влияние на здоровье человека. Поэтому фармацевтическое загрязнение окружающей среды становится международной проблемой, которая требует должного внимания [3, 4].

В настоящий момент в г. Минске на основании постановления Минского городского Совета депутатов от 18 сентября 2020 года № 237 «Об обращении с отходами просроченных ЛС» создана централизованная система сбора отходов ЛС у населения [5]. Сбор и передачу отходов ЛС с истекшим сроком годности на обезвреживание обеспечивает иностранное общество с ограниченной ответственностью «Remondis» и общество с ограниченной ответственностью «Центр экологического инжиниринга и нормирования» путем передачи содержимого установленных контейнеров на объекты обезвреживания [6].

ЛС с истекшим сроком годности относятся к опасным отходам, поэтому контейнеры для них должны соответствовать определенным требованиям безопасности. Белые контейнеры, установленные компанией «Remondis», соответствуют этим стандартам. В них предусмотрена двойная защита от протекания и специальный запорный механизм, который не дает возможности открыть контейнер случайным прохожим. Выбрасывать в данные контейнеры можно ЛП в форме таблеток, капсул, суппозитория, мазей, суспензий, спреев, капель, кремов, предварительно освободив от вторичной упаковки. Выбрасывать жидкие ЛС в стекло нежелательно [6].

Если это безопасные для окружающей среды жидкости (физрастворы, настойки), их рекомендуют после разведения водой слить в канализацию, а флаконы утилизировать в специальные контейнеры для сбора стекла и пластика. В контейнеры для сбора ЛС с истекшим сроком годности не следует сдавать шприцы, бинты, медицинские маски, а также органические и бытовые отходы, ртутные термометры [6].

Для технической поддержки проекта в

Республике Беларусь функционирует чат-бот «Кудыкінуць?» на базе мессенджера Telegram, в котором пользователям доступна информация о правилах раздельного сбора разных групп отходов, в том числе и ЛС. Кроме инструкции с правилами сбора ЛС с истекшим сроком годности в чат-боте можно узнать адреса ближайших пунктов сбора, указав свое месторасположение.

На рынке информационных услуг существуют мобильные приложения, оптимизирующие процесс контроля за «домашней» аптечкой. Например, «Аптечка. Учет медикаментов» – приложение для ведения учета ЛС, которое позволяет осуществлять поиск нужного ЛС, настроить уведомление о необходимости приема ЛС в определенное время, а также по штрих-коду проверить подлинность ЛС. При регистрации ЛС в приложении указывается дата истечения его срока годности, по достижении которой также поступает уведомление о том, что ЛС больше нельзя принимать и его необходимо передать для обезвреживания [7]. Однако существующие информационные ресурсы и комплексы не содержат полной информации о вреде ЛС для окружающей среды, обо всех адресах пунктов сбора ЛС с истекшим сроком годности и не имеют сведений по совершенствованию информационной работы с населением, медицинскими и фармацевтическими работниками.

Цель настоящего исследования – разработать информационный ресурс для повышения уровня грамотности населения, медицинских и фармацевтических работников в вопросах обращения с фармацевтическими отходами.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для определения информированности населения о функционировании системы обращения фармацевтических отходов проводили социологический опрос жителей г. Минска, в котором с января 2023 г. по октябрь 2024 г. приняли участие 1285 человек. Опрос осуществляли методом интервьюирования, среди опрошенных 18,6% составили респонденты до 18 лет, 33,8% – респонденты в возрасте 18–30 лет, 12,4% – 31–40 лет, 10,6% – 41–50 лет, 11,7% – 51–60 лет, доля респондентов старше 60 лет составила 12,9%.

Разработку информационного ком-

плекса осуществляли с использованием онлайн-конструктора Jotform [8]. Платформа Jotforms предлагает как готовые формы для размещения информации, сбора данных, так и дает возможность создать пользовательский информационный комплекс с возможностью настройки функционала на решение конкретных задач. Платформа является бесплатной для разработчика и для пользователей, что упрощает масштабирование проектов, разработанных с помощью онлайн-конструктора Jotform. Проекты, созданные с помощью конструктора Jotform, доступны на персональном компьютере при входе через браузер и с мобильных устройств на Android и iOS без установки приложения, что делает взаимодействие пользователя с информационным комплексом проще и быстрее [8].

В качестве инструмента для оценки тератогенного действия соединений была выбрана математическая модель в виде сверточной нейронной сети, разработанной на многофункциональном, объектно-ориентированном, кроссплатформенном языке программирования Java. Средой разработки выступила IntelliJ IDEA от JetBrains, поддерживающая язык Java и обладающая широким набором интегрированных инструментов для проведения рефакторинга кода. Структура нейронной сети представлена чередованием сверточных и субдискредитирующих слоев [9].

Доступ к информационному комплексу осуществляется по ссылке <https://eu.jotform.com/app/240674156647362> или QR-коду.



РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Социологический опрос населения по вопросам осведомленности населения в вопросах обращения ЛС с истекшим сроком годности показал, что около половины опрошенных (48,3%) осведомлены о последствиях негативного воздействия фармацевтических отходов на окружающую среду. Результаты анкетирования показали, что 31,0% респондентов уверены, что никакого вреда экологии фармацевти-

ческие отходы не приносят. Около 21,0% респондентов затруднялись оценить опасность влияния данной категории отходов на окружающую среду.

Анкетирование позволило установить, что не знали о существовании в Республике Беларусь контейнеров для сбора ЛС с истекшим сроком годности 44,8% респондентов, знали о сборе ЛС с истекшим сроком годности и пользуются ими на регулярной основе 6,9% респондентов, знали о пунктах сбора фармацевтических отходов в Республике Беларусь, однако не пользуются ими 24,1% опрошенных. Не знали о пунктах сбора фармацевтических отходов в Республике Беларусь 24,1% опрошенных и пользоваться ими не планируют.

За 2021 год в Республике Беларусь было собрано 854,4 кг ЛС с истекшим сроком годности, за 2022 год – 1770 кг, за 2023 год – 2279,7 кг. Ежегодно количество пунктов сбора отходов ЛС с истекшим сроком годности прибавляется, их численность на конец 2024 года составила 51 пункт [5].

Количество адресов пунктов для сбора ЛС от населения в зависимости от организаций, в которых они находятся, представлено на рисунке 1.

Большинство респондентов (78,3%) утилизируют ЛС вместе с бытовыми отходами. 8,0% утилизируют фармацевтические отходы путем слива в канализацию, 10,0% респондентов пользуются услугами специализированных пунктов сбора, 3,5% опрошенных ответили, что в их аптечках отсутствуют ЛС с истекшим сроком годности.

Полученные результаты и недостатки существующих информационных ресурсов указали на необходимость разработки информационного ресурса для повышения грамотности населения в вопросах обращения с фармацевтическими отходами.

С использованием онлайн-конструктора Jotforms разработан информационный комплекс «Природа без лекарств», в котором представлен алгоритм действий населения, фармацевтических и медицинских работников при истечении срока годности ЛП.

В информационном комплексе представлены сведения для населения о том, почему важно корректно утилизировать ЛП, информация, которую должен предоставлять работник аптеки в ходе реализации ЛП, а также врач – в ходе назначения

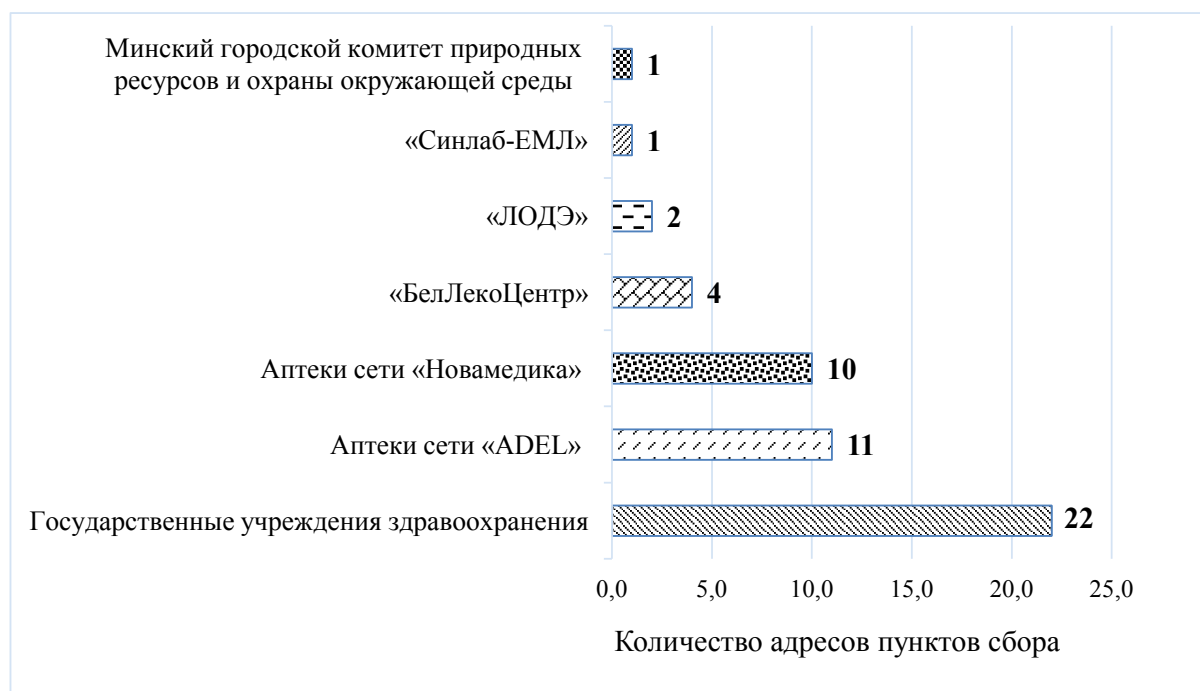


Рисунок 1. – Количество пунктов сбора ЛС с истекшим сроком годности от населения в 2024 году

их пациенту. Также в приложении можно найти данные об адресах пунктов сбора ЛП с истекшим сроком годности и действия на случай невозможности сдать ЛП в этот пункт сбора.

Медицинский работник в ходе назначения ЛП пациенту должен напомнить, что необходимо контролировать срок годности ЛП, указанный на упаковке, что применять ЛП с истекшим сроком годности запрещено, а также проинформировать об адресах пунктов сбора ЛП, ближайших к месту жительства пациента, или об их наличии в организации здравоохранения.

Раздел «Информация для фармацевтического работника» содержит классификацию ЛП с позиции уровня экологического риска, а также алгоритм действий фармацевтического работника в ходе предоставления покупателю информации по вопросам обращения с ЛП с истекшим сроком годности в момент реализации ЛП.

Кроме этого, для специалистов фармацевтического профиля реализована база данных, в которой организована поисковая справочная система с информацией о конкретном ЛП, интересующем специалиста (фармакотерапевтическая группа, показания к применению, противопоказания, лекарственные взаимодействия, сведения о рисках для окружающей среды и спо-

собах его обезвреживания в условиях лаборатории). Информация, представленная в справочной информационной системе, соответствует содержанию общей характеристики ЛП.

Программной поддержки также требует этап выбора способов обезвреживания ЛП, альтернативных сжиганию. Так, уничтожение фармацевтических отходов группы цитостатических ЛС, в соответствии с действующим законодательством в области обращения с медицинскими и фармацевтическими отходами, проводится с использованием высокотемпературных технологий. Однако при долгом хранении перед такой утилизацией остатки цитостатических ЛС, сохраняющиеся в иглах, во флаконах и капельницах, способны наносить вред работникам учреждений здравоохранения.

Одним из возможных направлений снижения их отрицательного воздействия на медицинский персонал является химическая деструкция, цель которой – получение менее токсичных продуктов (изменение параметров мутагенности, тератогенности и цитотоксичности), которые можно хранить до сжигания.

Ключевым этапом выбора способа химической деструкции является анализ тератогенных, канцерогенных, мутагенных

свойств продуктов деградации цитостатических ЛС. Если оценить мутагенность продуктов химического разрушения можно с помощью инструмента TEST, канцерогенность – CarcinoPred-EL, то для прогнозирования тератогенности подходящего инструмента не существует, в связи с чем необходимо разработать соответствующую математическую модель [10, 11].

Для решения данной задачи была разработана нейронная сеть, позволяющая определить вероятность проявления тератогенных свойств вещества с известной структурой. Для обучения нейронной сети был использован набор данных из 624 органических соединений, проявляющих тератогенные свойства и без свойств тера-

тогенности. На входе нейронная сеть принимает изображения спрогнозированных спектров ^{13}C ЯМР, на выходе просчитывает вероятность проявления тератогенности [12, 13]. Конечная точность прогнозирования составила 95,6%.

Для прогнозирования тератогенных свойств соединения необходимо ввести его структуру, которую нейронная сеть анализирует и прогнозирует вероятность развития тератогенного эффекта (рисунок 2). Чем ниже будет данный процент, тем ниже вероятность тератогенного действия анализируемого соединения, что указывает на безопасность образующихся продуктов деструкции и перспективность применяемого способа деструкции.

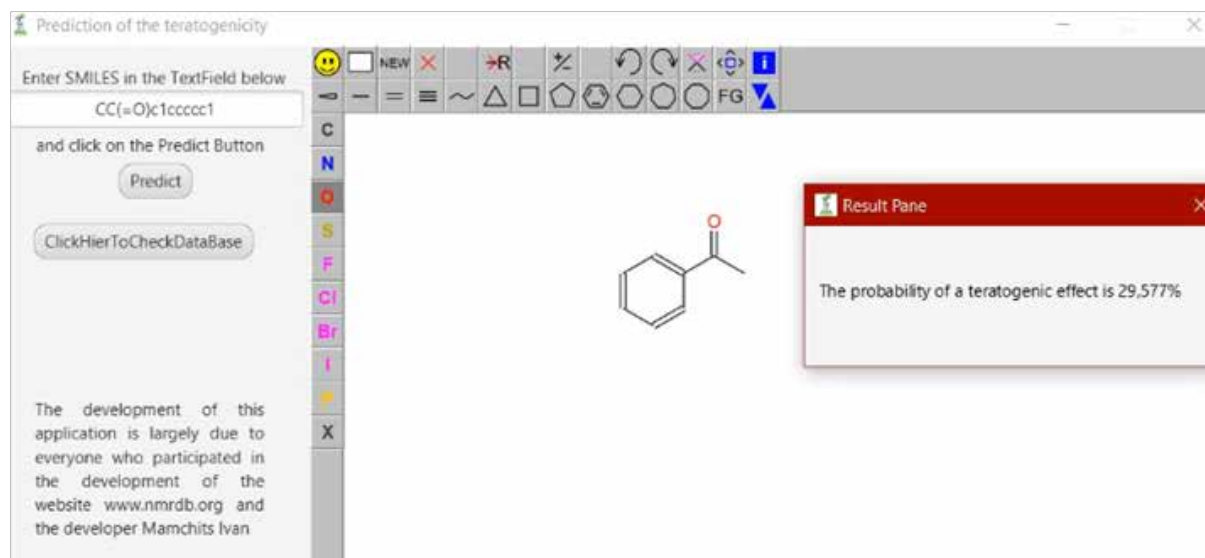


Рисунок 2. – Рабочая область разработанной нейронной сети для прогнозирования тератогенности соединений

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Информационный комплекс для населения, медицинских и фармацевтических работников о правилах обращения с ЛП с истекшим сроком способствует решению проблемы недостаточной информированности населения о вреде фармацевтических отходов для окружающей среды. Повышение уровня грамотности в вопросах обращения ЛС с истекшим сроком годности позволит сократить вероятность их попадания в окружающую среду и минимизировать вред, наносимый окружающей среде фармполлутантами.

Для поиска новых способов химической деструкции ЛС могут быть исполь-

зованы нейросети. Предлагаемая модель позволяет спрогнозировать наличие или отсутствие тератогенных свойств у предполагаемых продуктов деструкции, что может значительно сократить скрининговый этап исследований при выборе новых способов обезвреживания ЛС.

SUMMARY

N. I. Mikhailava, R. I. Lukashov
THE ROLE OF WEB APPLICATIONS
AND NEURAL NETWORKS
IN THE SYSTEM
OF PHARMACEUTICAL WASTE
MANAGEMENT

This article considers approaches to im-

proving the pharmaceutical waste management system by developing new information resources. The results of a sociological survey of Minsk population indicate low awareness of correct disposal of expired drugs which makes it important to improve information work with both the population and medical and pharmaceutical employees. For this purpose, an information complex based on the Jotform online constructor containing information on the harm of pharmaceutical wastes to the environment, on optimizing the actions of pharmaceutical and medical workers, on organizing information work with the population on the issues of working with expired drugs and addresses of collection facilities for this category of wastes has been developed. A database with general information on drugs and information on possible environmental risks has also been implemented.

Existing methods for predicting the toxicity of substances do not allow to assess fully the risks to living organisms due to the lack of methods for predicting a teratogenic effect. To solve this problem a convolutional neural network allowing to predict the probability of its teratogenic effect based on the structure of the compound, which is especially important in the development of new methods for the chemical destruction of drugs, has been proposed.

Keywords: pharmaceutical wastes, population, pharmaceutical employee, medical worker, drugs, application, information complex, neural network.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дрёмова, Н. Б. Обзор современных тенденций развития мирового фармацевтического рынка / Н. Б. Дрёмова, С. В. Соломка // Университетская наука: взгляд в будущее : сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч. конф., посвящ. 87-летию Курского гос. мед. ун-та (4 февр. 2022 г.) : в 2 т. / Курский гос. мед. ун-т ; под ред. В. А. Лазаренко. – Курск: Курский гос. мед. ун-т, 2022. – Т. 2. – С. 46–49.

2. Трошина, А. К. Влияние лекарственных средств на состав сточных вод / А. К. Трошина, К. В. Кусенков // Водоснабжение, химия и прикладная экология: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Гомель 22 марта 2021 г. / под общ. ред. Е. Ф. Кудиной. – Гомель: Белорус. гос. ун-т транспорта, 2021. – С. 97–99.

3. Кривенкова, Е. Разрабатываются новые способы обезвреживания и корректной утилизации фармацевтических отходов / Е. Кривенкова // Медицинский вестник. –

2024. – 26 февр. – URL: <https://medvestnik.by/technology/razrabatyvayutsya-novye-sposoby-obezvrezhivaniya-i-korrektnoj-utilizatsii-farmatsevticheskikh-otkhodov> (дата обращения: 12.12.2024).

4. Баренбойм, Г. М. Загрязнение поверхностных и сточных вод лекарственными препаратами / Г. М. Баренбойм, М. А. Чиганова // Вода: химия и экология. – 2012. – № 10. – С. 40–46.

5. Места сбора отходов просроченных лекарственных средств в г. Минске. – URL: <https://minskpriroda.gov.by/sp/activities/ecology-of-minsk/mesta-sbora-otkhodov-prosrochennykh-lekarstvennykh-sredstv-v-g-minske/> (дата обращения: 14.12.2024).

6. Сбор лекарственных препаратов. – URL: <https://remondis-belarus.by/services-b2b/sbor-lekarstvennykh-preparatov-s-istekshim-srokom-godnosti-ot-naselenija> (дата обращения: 14.12.2024).

7. Аптечка. Учет медикаментов. – URL: <https://www.rustore.ru/catalog/app/ru.decsoft.myaidkit> (дата обращения: 14.12.2024).

8. Jotform: Free Online Form Builder & Form Creator. – URL: <https://www.jotform.com/> (date of access: 14.12.2024).

9. Куляпина, М. С. Анализ библиотек и инструментов для реализации нейронной сети по подбору катализатора на языке программирования Java / М. С. Куляпина // Инновации. Наука. Образование. – 2022. – № 57. – С. 171–180.

10. Toxicity Estimation Software Tool (TEST) // United States Environmental Protection Agency: [website]. – URL: <https://www.epa.gov/chemical-research/toxicityestimationsoftware-tool-test> (date of access: 07.05.2024).

11. CarcinoPred-EL: Novel models for predicting the carcinogenicity of chemicals using molecular fingerprints and ensemble learning methods / L. Zhang, H. Ai, W. Chen [et al.] // Scientific reports. – 2017. – Vol. 7, N 1. – P. 2118.

12. [Drug safety in pregnancy - the Embryotox project] / C. Schaefer, M. Oppermann, E. Wacker, C. Weber-Schoendorfer // Zeitschrift für Evidenz, Fortbildung und Qualität im Gesundheitswesen. – 2012. – Vol. 106, N 10. – P. 723–728.

13. nmrdb.org: NMR database. – URL: <https://www.nmrdb.org> (date of access: 02.05.2024).

REFERENCES

1. Dremova NB, Solomka SV. Review of modern trends in the development of the global pharmaceutical market. V: Kurskii gosudarstvennyi meditsinskii universitet; Lazarenko VV, redactor. Universitetskaya nauka: vzgliad v budushchee : sb nauch tr po materialam Mezhdunar nauch konf, posviashch 87-letiiu Kurskogo gos med unta (4 fevr 2022 g) : v 2 t. Kursk, RF: Kurskii gos

med un-t; 2022. T. 2. s. 46–9. (In Russ.)

2. Troshina AK, Kusenkov KV. The influence of drugs on the composition of wastewater. V: Kudina EF, redactor. Vodosnabzhenie, khimiia i prikladnaia ekologiia. Materialy Mezhdunar nauch-prakt konf; 2021 Mart 22; Gomel'. Gomel', RB: Belorus gos un-t transporta; 2021. s. 97–9. (In Russ.)

3. Krivenkova E. New methods for the disposal and correct disposal of pharmaceutical waste are being developed. Meditsinskii vestnik. 2024 Fevr 26. URL: <https://medvestnik.by/technology/razrabatyvayutsya-novye-sposoby-obezvrezhivaniya-i-korrektnej-utilizatsii-farmatsevticheskikh-otkhodov> (data obrashcheniia: 12.12.2024). (In Russ.)

4. Barenboim GM, Chiganova MA. Pollution of surface and waste waters by pharmaceuticals. Voda: khimiia i ekologiia. 2012;(10):40–6. (In Russ.)

5. Collection sites for expired medicines in Minsk. URL: <https://minskpriroda.gov.by/sp/activities/ecology-of-minsk/mesta-sbora-otkhodov-prosrochennykh-lekarstvennykh-sredstv-v-g-minske/> (data obrashcheniia: 14.12.2024). (In Russ.)

6. Collection of medicinal preparations. URL: <https://remondis-belarus.by/services-b2b/sbor-lekarstvennykh-preparatov-s-istekshim-srokom-godnosti-ot-naselenija> (data obrashcheniia: 14.12.2024). (In Russ.)

7. First aid kit. Medicine inventory. URL: <https://www.rustore.ru/catalog/app/ru.decsoft.myaidkit> (data obrashcheniia: 14.12.2024). (In Russ.)

8. Jotform: Free Online Form Builder & Form Creator. URL: <https://www.jotform.com/> (date of

access: 14.12.2024).

9. Kuliapina MS. Analysis of libraries and tools for the implementation of a neural network for catalyst selection in the Java programming language. Innovatsii. Nauka. Obrazovanie. 2022;(57):171–80. (In Russ.)

10. Toxicity Estimation Software Tool (TEST). United States Environmental Protection Agency: [website]. URL: <https://www.epa.gov/chemical-research/toxicityestimationsoftware-tool-test> (date of access: 07.05.2024)

11. Zhang L, Ai H, Chen W, Yin Z, Hu H, Zhu J et al. CarcinoPred-EL: Novel models for predicting the carcinogenicity of chemicals using molecular fingerprints and ensemble learning methods. Sci Rep. 2017;7(1):2118. doi: 10.1038/s41598-017-02365-0

12. Schaefer C, Oppermann M, Wacker E, Weber-Schoendorfer C. [Drug safety in pregnancy - the Embryotox project]. Z Evid Fortbild Qual Gesundheitswes. 2012;106(10):723–8. doi: 10.1016/j.zefq.2012.11.012

13. nmrd.org: NMR database. URL: <https://www.nmrd.org> (date of access: 02.05.2024)

Адрес для корреспонденции:

220083, Республика Беларусь,
г. Минск, пр-т Дзержинского, 83, корп. 15,
УО «Белорусский государственный
медицинский университет»,
кафедра фармацевтической химии с курсом
повышения квалификации и переподготовки,
тел. 8(017)2794217,
e-mail: pharmtic@bsmu.by,
Михайлова Н. И.

Поступила 19.12.2024 г.

УДК 614.2: 615.2 (476)

DOI: <https://doi.org/10.52540/2074-9457.2024.4.30>

Н. Ю. Лескова

**ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА ОБОСНОВАННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ
УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ ПРОЦЕССНОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ
КАЧЕСТВОМ ЛЕКАРСТВЕННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
БОЛЬНИЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет,
г. Витебск, Республика Беларусь**

Процессно-ориентированный подход является важной составляющей системы менеджмента качества, обеспечивая достижения актуальных целей и получения планируемых результатов. В статье представлена усовершенствованная для больничной организации процессная модель управления качеством лекарственного обеспечения, включающая управленческие, основные, вспомогательные процессы. В модели использовались фармакоэкономические ABC, VEN, DDD, XYZ-анализы, объединенные в матрицы. Для