

DOI: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2021-268-4-76-81>

УДК 656.025

ПРОБЛЕМИ ЛОГІСТИКИ РОЗПОДІЛУ ІМУНОБІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ В ЕПОХУ ПАНДЕМІЇ

Михайлов Є.В., Водолазський О.О., Долбня Д.М.

DISTRIBUTION LOGISTICS PROBLEMS OF IMMUNOBIOLOGICAL DRUGS IN THE PANDEMIC ERA

Mikhailov E.V., Vodolazsky O.O., Dolbnya D.M.

В умовах світової пандемії велику актуальність придбали питання, пов'язані з логістикою розподілу вакцин від коронавірусу COVID - 19. При реалізації логістичних ланцюжків розподілу вакцин виникає ряд істотних перешкод, які пов'язані з тим, що транспортування і зберігання імунобіологічних препаратів вимагає створення дорогої охолоджувальної інфраструктури. Проаналізовані основні вимоги до логістичних ланцюжків розподілу вакцин і успішні приклади світової практики по їх реалізації. Встановлено, що звичайні авторефрижератори не підходять для низькотемпературної доставки вакцин. Оптимальним способом низькотемпературного автомобільного перевезення вакцин є перевезення їх у спеціальних термоконтейнерах, які для більшої надійності перевезення завантажуються в рефрижератори. Існує перспектива деякого пом'якшення вимог регулюючих органів до температурних режимів транспортування і зберігання вакцин у міру накопичення даних випробувань на стабільність імунобіологічних препаратів. Запропоновано приділити увагу стимулюванню розробки і виготовлення в Україні спеціальних низькотемпературних термоконтейнерів і створенню мережі низькотемпературних сховищ, які повинні стати регіональними розподільними центрами для імунобіологічних препаратів.

Ключові слова: логістика, вакцина, доставка, холодовий ланцюг, рефрижератор, термобокс.

Вступ. В умовах світової пандемії людство з нетерпінням чекає вакцин від коронавірусу COVID - 19. Учені їх створили, протестували, фармацевтичні компанії усіх країн нарощують їх виробництво, уряди різних країн почали масову вакцинацію населення. Для цього вакцини треба якнайшвидше доставити в різні точки земної кулі [1]. Проте, на шляху логістичного розподілу вакцин виникає ряд перешкод. Так, наприклад встановлено [2], що вакцина Pfizer/BioNTec має недоліки, які можуть серйозно понизити її доступність навіть для багатих країн. Зокрема, транспортування і зберігання препарату вимагають створення дорогої охолоджувальної інфраструктури. Аналогічні проблеми, хоча і у мен-

шій мірі, виникають і в логістиці розподілу російської вакцини «Супутник V» [3].

Метою роботи є аналіз проблем логістики імунобіологічних препаратів і розгляд шляхів їх подолання.

Виклад основного матеріалу дослідження. Практично усі вакцини, які використовуються нині у боротьбі з пандемією коронавірусу COVID, - 19, є чутливими біологічними субстанціями, які з часом втрачають активність (тобто свою здатність захищати від захворювань). Втрата активності відбувається набагато швидше при дії на вакцину температури вище рекомендованого діапазону. Втрачена одного разу активність вакцини не відновлюється при поверненні вакцини в правильний температурний режим. Будь-яка втрата активності вакцин необратима. Тому зберігання вакцин при правильному температурному режимі життєво важливе для збереження їх повної активності до моменту введення в організм людини.

В процесі виготовлення, транспортування і застосування вакцин слід неухильно виконувати вимоги дотримання так званого безперервного холодового ланцюга [4]. «Холодовим ланцюгом» називають систему, що забезпечує необхідні умови зберігання і транспортування імунобіологічних препаратів від підприємства-виготівника до особи, що вакцинується. Холодовий ланцюг є важливим елементом імунопрофілактики, оскільки усі вакцини втрачають свою активність з часом, особливо внаслідок дії тепла, а деякі і внаслідок заморожування. Виконання щеплень вакциною, що втратила свою активність, і спроби досягнення високого рівня охоплення виявляються даремними, якщо вживана вакцина не має достатньої імуногенної активності. Тому дотримання та підтримка правильного температурного режиму під час зберігання, транспортування і застосування вакцин, є основним завданням.

Система холодового ланцюга включає три основні елементи:

- устаткування для зберігання і транспортування вакцин;
- процедури контролю за розподілом і використанням вакцин;
- персонал, безпосередньо працюючий і обслуговуючий холодинське устаткування і надаючий медичні послуги.

Система холодового ланцюга може бути організована по-різному в різних країнах, але найголовніша вимога повинна дотримуватися неухильно: вакцини повинні знаходитися при належній температурі на усіх етапах - при транспортуванні, зберіганні в морозильнику або в холодинській камері, а також при її використанні під час виконання щеплень в медичних установах.

Навіть за наявності самого високоякісного і сучасного устаткування, холодинський ланцюг виявиться неефективним, якщо люди неправильно поводитимуться з вакциною й устаткуванням. Тому, компетентний персонал і ефективні процедури контролю є надзвичайно важливою частиною системи холодинського ланцюга.

У зв'язку з виникненням пандемії COVID - 19 і глобальними потребами у вакцинації населення планети, перед світовою логістичною галуззю з'явилося безпрецедентне завдання. Найближчими роками їй належить забезпечити доставку декількох десятків мільярдів доз вакцини. У будь-якому випадку доз виявиться більше, ніж жителів планети, оскільки багато вакцин вимагають двократне щеплення.

Проблема, проте, не лише і навіть не стільки в об'ємах майбутніх перевезень, скільки в тому, що частину вакцин необхідно транспортувати в особливих умовах - при низьких і навіть наднизьких температурах. Йдеться, передусім, про вакцину американської компанії Pfizer і її німецького партнера BioNTech, яку необхідно зберігати при мінус 70...80 градусах за Цельсієм. Це спочатку пояснювалося відсутністю інформації про стабільність активної речовини вакцини, тобто його здатність реагувати на перепад температур, не втрачаючи властивості.

Вакцина Pfizer/BioNTech вважається однією з найбільш ефективних серед інших, з мінімальним рівнем побічних ефектів. Проте, навіть в умовах технічно і технологічно розвинених країн Європейського Союзу, її логістика представляє непросту проблему в порівнянні з іншими вакцинами. Міжнародним стандартом для перевезення медичних препаратів вже більше 50 років являється діапазон +2...8 градусів Цельсія. Під цей стандарт давно побудована уся світова фармацевтична логістика. Таким чином, заборона на перевищення температури -70C для вакцини Pfizer/BioNTech стала масштабною проблемою для логістичних компаній.

Аналогічна ситуація склалася і з логістикою розподілу російської вакцини «Супутник V» розробки інституту Гамалєї. Наказана температура холодинського ланцюга при доставці і зберіганні цієї вакци-

ни не повинна перевищувати -18C. Морозильників з необхідними параметрами в клініках, що беруть участь в імунізації населення Росії, виявилось дуже мало. В результаті з'явилася державна програма по будівництву низькотемпературних сховищ в усіх регіонах країни, які повинні стати регіональними розподільними центрами для цієї вакцини [3].

У загальному випадку логістичний ланцюжок при розподілі вакцини (з урахуванням безперервності «холодинського ланцюга») складається з чотирьох етапів:

1. доставка від виробників оптовим одержувачам,
2. доставка в регіональні розподільні центри,
3. розвіз з регіональних складів у поліклініки та прищепні кабінети,
4. зберігання в пунктах імунізації.

На першому етапі імунобіологічні препарати зазвичай доставляють авіатранспортом. На 2 і 3 етапах вакцини доставляють до споживача декількома способами: за допомогою авіадоставки, на автомобілях або комбінуючи ці способи (мультимодальні перевезення). Для усіх видів транспортування та зберігання вакцин від коронавірусу порушення температури вище нормативної залишається головним ризиком. Буквально це означає наступне: наприклад, у разі порушення температурного режиму на одну хвилину і на 0,5C, продукт застосування за призначенням вже не підлягає. Тобто його потрібно знищити.

Міжнародна асоціація повітряного транспорту IATA вже назвала майбутній розподіл вакцин по планеті "найбільшою і самою комплексною логістичною операцією усіх часів" [1]. Вона призвала уряди відкрити кордони і відновити повітряне сполучення, нагадавши, що із-за карантинних заходів різко скоротилося число рейсів. А це сильно обмежує об'єми вантажних авіаперевезень, оскільки украй мало можливостей відправляти вантажі пасажирськими літаками. Провідні американські авіакомпанії звернулися з листом до Конгресу США з вимогою надати галузі фінансову допомогу, щоб вона змогла впоратися з "логістичним викликом розподілу вакцини".

Основна проблема, яка виникла у зв'язку з доставкою вакцини у багатьох аеропортах світу, - «ефект пляшкової шийки» із-за недостатньої оснащеності аеропортів і складських приміщень устаткуванням для зберігання вакцин при заданому температурному режимі. Проте, цю проблему можна розв'язати за рахунок ретельного планування. Так, при авіапостачаннях збереження температурного режиму забезпечується за допомогою спеціальних контейнерів, а складського зберігання можна уникнути, перевантажуючи вакцини з транспортного літака безпосередньо в машини-рефрижератори, що призначені для перевезення вимогливих до температурного режиму вантажів.

Проте, у ряді випадків і з авіадоставкою також виникають проблеми. Так, наприклад, ланцюг доставки для вакцини «Супутник V» майже цілком по-

будований по землі. Літак може доставити до 100 термоконтейнерів (більше 500 тисяч доз), але авіакомпанії не беруть більше десяти із-за високої вартості вантажу та вірогідної поломки борту. Крім того, в російських аеропортах немає устаткування для роботи з таким вантажем. Тому вакцину доставляють в основному автомобільними рефрижераторами. У стандартний рефрижератор входять 33 європалети - до 25 тисяч доз вакцини у кожній [3].

Слід зазначити, що у ряду великих логістичних компаній (наприклад, DHL) вже є чималий досвід роботи з фармацевтичною продукцією глибокого заморожування, хоча досі це був не основний їх бізнес. Раніше вже їм доводилося перевозити при наднизьких температурах досить значні об'єми препаратів проти Еболі, а на кордоні Німеччини з Нідерландами навіть обладнаний спеціальний склад, де встановлено 58 особливо потужних холодильників. DHL ще влітку 2020 року почала готуватися до того, що щонайменше одна з вакцин, що проходили у той час клінічні випробування, зажадає особливих умов транспортування при температурі до мінус 80С. Про це свідчить опубліковане 3 вересня 2020 року дослідження, проведене спільно з міжнародною консалтинговою компанією McKinsey. Воно містить рекомендації, як забезпечити доставку чутливих до температури препаратів, і виходить з того, що в спеціальних рефрижераторах і термобоксах належить перевести 15 мільйонів партій вакцин.

Підвищений інтерес DHL до перевезень медичних вантажів зрозумілий: це - один із стратегічних напрямів її бізнесу, їм займається окремих структурний підрозділ - Life Sciences & Healthcare. Воно має, за даними компанії, понад 140 спеціалізованих холодильних складів в 40 країнах (найновіший відкритися в 2020 році в Індіанapolisі, США) із спеціально навченим персоналом і вже більше 15 років забезпечує транспортне обслуговування клінічних випробувань нових медикаментів.

Представники компанії DHL у минулому році заявили про необхідність здійснення 15 тисяч авіарейсів і перевезення 200 тисяч палетомісць, які потрібно буде перемістити з найсуворішим контролем температури тільки для задоволення базової потреби населення планети у вакцинації. Якщо переупакувати продукцію в термотару, то знадобиться в три рази більше провізних місткостей.

В ході поширення по планеті вакцин проти коронавіруса компанія DHL і її регіональні партнери (наприклад, в Німеччині - концерн Deutsche Post DHL) стануть одними з ключових перевізників, але, природно, далеко не єдиними. Наприклад, в автопарку швейцарської компанії Kühne + Nagel в Європі є 200 рефрижераторних вантажних причепів для доставки медичної продукції, а в її логістичних центрах встановлені холодильні камери, розраховані на температури до мінус 20 градусів. Вони можуть бути переобладнані під температуру мінус 80С.

Deutsche Post DHL і Kühne + Nagel повідомляють, що вже уклали угоди про транспортування ва-

кцин від COVID - 19. Важливу роль не лише в США, але і в Європі, належить зіграти також американським логістичним компаніям Fedex і UPS.

Корпорація Pfizer ще з листопада 2020 року почала в чотирьох штатах США - Нью-Мексіко, Теннессі, Техас, Род-Айленд - тестувати логістику доставки своєї вакцини.

Основна проблема підтримки холодового ланцюга зазвичай проявляється при розвантаженні та зберіганні продукції, оскільки низьку температуру необхідно підтримувати постійно. Цю проблему можливо вирішувати в допомогою термобоксів, технологія використання яких досить добре відпрацьована учасниками обігу лікарських засобів. Використання термобоксів, тобто контейнерів, що щільно закриваються, заповнених хладоелементами, дозволяє добре контролювати вузькі місця перевезення і надійно купірувати інші можливі ризики: фізичне ушкодження, намокання, проникнення пилу, бруду та інше.

Відсутність такого спеціального устаткування, здатного підтримувати задані низькотемпературні режими при перевезенні та зберіганні імунобіологічних препаратів, в період підготовки до масової вакцинації істотно стримувало об'єми перевезення вакцин Pfizer/BioNTech. Але, як відомо, попит визначає пропозицію. Провідні світові виробники оперативно провели розробку та налагодили випуск необхідного устаткування. Так, японська корпорація Panasonic розробила інноваційний термоконтейнер з вакуумною ізоляцією VIXELL, що дозволяє зберігати і транспортувати вакцини і медичні матеріали при наднизькій температурі до - 70°С впродовж 18 днів [5]. Досі термобокси вироблялися переважно шляхом з'єднання панелей з вакуумною ізоляцією. Проте істотним недоліком такої конструкції було те, що холодне повітря просочувалося через проміжки в місцях з'єднання панелей. Panasonic вже давно займається дослідженнями і розробками у сфері виробництва вакуумних ізоляційних панелей і використовує їх для скорочення енергоспоживання в холодильниках й інших продуктах. Використання методу лиття під тиском у виробництві вакуумних термоконтейнерів VIXELL дозволило повністю розв'язати проблему витіку холодного повітря, що неминуче виникає при використанні термобоксів, зібраних з окремих панелей. У 57-літровому контейнері Panasonic у якості ізоляційного матеріалу використовується поліуретанова піна і скловата, які зберігають холод приблизно на 30% ефективніше в порівнянні з попередніми прототипами.

Усередині боксів VIXELL розташовані спеціальні відсіки для зберігання, в яких може підтримуватися різна температура, - за рахунок наповнення цих блоків усередині та зовні холодагентом. Зміна типів холодагентів і їх кількості в VIXELL дозволяє забезпечувати широкий діапазон температур - від температури сухого льоду (нижче - 70С), до - 20С і навіть у діапазоні 2...8С.

До останнього часу ізоляційні матеріали в охолоджувальних контейнерах покривалися пластиком листами. Проте при використанні сухого льоду як холодогенту температура пластика падала до «температури крихкості», тобто підвищувався ризик його ушкодження при падінні або вібрації в процесі транспортування. Амортизуюча конструкція VIXELL пом'якшує удари і знижує ризик ушкодження пластика при падінні коробки, що забезпечує надійніше і стабільніше транспортування навіть в температурній зоні сухого льоду. Відвантаження термобоксів VIXELL фірми Panasonic для фармацевтичних і логістичних компаній почалося вже у березні 2021 року.

Корпорація Pfizer, паралельно з розробкою і випуском вакцини Pfizer/BioNTech, відразу налагодила випуск спеціалізованих термоконтейнерів для її транспортування. Pfizer розробила бокси, які підтримують ультра низьку температуру усередині. Особливість таких контейнерів полягає в тому, що їх можна також при необхідності підключати до електромережі [1].

Фірма va - Q - тес з німецького міста Вюрцбурга, що спеціалізується на розробці та виробництві інноваційних рефрижераторних контейнерів (термоконтейнерів) і термобоксів, оголосила про підписання договору з корпорацією Pfizer про всевітню великомасштабну дистрибуцію його вакцини з 1-го кварталу 2021 року. Німецька компанія надасть партнерові в лізинг декілька тисяч термоконтейнерів, які впродовж декількох днів можуть утримувати постійну температуру в діапазоні від мінус 70 до плюс 25 градусів Цельсія. Завдяки унікальній технології, широкому асортименту і багаторічному досвіду роботи з низькими і дуже низькими температурами фірма va - Q - тес може належним чином підтримати глобальний розподіл вакцини від коронавірусу.

На жаль, подібні термобоксы, які виробляються в Україні, поки здатні підтримувати стабільний температурний режим лише в межах +2...8С. Хоча в країні є достатній науковий і виробничий потенціал для розробки і виготовлення такого устаткування.

За даними FT.com, світовий ринок устаткування для зберігання і упаковки вакцин може вирости з \$22,3 млрд в 2020 році до \$43, 3 млрд в 2027 р., при цьому левову частку займатимуть саме системи зберігання [5].

Існуючий логістичний ринок України найбільш адаптований до роботи з температурним режимом +2...8С, оскільки найбільша кількість вживаних донині імунологічних лікарських препаратів вимагає підтримки саме цієї температури. Складнощі, пов'язані з недоліком знань і досвіду, з'явилися, коли довелося доставляти варіант вакцини, який вимагає зберігання при температурі мінус 70С. Процес зберігання і перевезення вакцини з таким температурним режимом в масштабах країни - це абсолютно новий процес. Це вимагає більшої уваги, налаштування, відладки та, при необхідності, корекції.

В цілому у логістичних компаній зараз достатньо транспортних потужностей для доставки необхідного об'єму вакцини: у великі термокороби (так звані палетники) вміщується близько 10 тис. доз вакцини. У хуру вміщується 30 таких коробів, тобто одна машина здатна доставити 300 тис. доз вакцини, що порівняно з чисельністю населення середнього міста.

Проблема з доставкою вакцини може з'явитися у той момент, коли треба буде доставляти великі об'єми вантажів автомобільним транспортом на значні відстані. У перевезення в термобоксах є істотний недолік - збільшена за рахунок упаковки вага і об'єм вантажу, який неминуче призводить до росту вартості доставки.

В той же час, при усіх своїх недоліках, термопакування - єдиний повноцінний спосіб підтримки стабільного холодового ланцюга. Без термобоксів уникнути температурних виходів при доставці у віддалені частини нашої країни нестабільних заморожених форм вакцин при вантаженні та розвантаженні просто буде неможливо.

Авторефрижератори без термобоксів не підходять для доставки вакцин, які треба зберігати при температурі нижче мінус 20С, оскільки усередині фургонів температура може бути в діапазоні плюс 5С, що в даному випадку неприпустимо. А кількість рефрижераторів, які б охолоджували до температури нижче мінус 20С, вимірюється одиницями.

Тому, оптимальним способом низькотемпературного перевезення вакцини є перевезення в термоконтейнерах, які здатні підтримувати задану температуру три-чотири дні. Для більшої надійності перевезення їх треба завантажувати в рефрижератори.

Але, вказані технічні та технологічні проблеми незабаром можуть бути істотно спрощені. Порівняно недавно поступила інформація про те, що температурний режим перевезення і зберігання вакцини BioNTech/Pfizer дозволено послабити [6]. Компанія Pfizer звернулася в Управління з питань якості продукції та медикаментів США (FDA) в лютому 2021 року з проханням внести корективи в рекомендації по транспортуванню і зберіганню своєї вакцини. Виробник стверджує, що перевезення і зберігання препарату BioNTech/Pfizer впродовж двох тижнів можна здійснювати в звичайних морозильних камерах (раніше однією з найважливіших умов була підтримка на етапах перевезення і зберігання температурного режиму від мінус 60 до мінус 80С⁰. Лише за п'ять днів до безпосереднього застосування дозволялося, щоб препарат знаходився в звичайних холодильних камерах при температурі від 2С⁰ до 8С⁰). За словами представників фірми, вказані зміни пов'язані з аналізом даних, які були отримані за дев'ять місяців з початку розробки і використання препарату.

Розглянувши приведені виробником аргументи, 25 лютого 2021 року FDA офіційно повідомило про дозвіл здійснювати транспортування і зберігання вакцини від коронавірусу BioNTech/Pfizer впродовж двох тижнів при температурі від мінус 15 до мінус

25 градусів за Цельсієм - тобто в звичайних морозильних камерах. У FDA сподіваються, що пом'якшення вимог істотно полегшить постачання вакциною пунктів вакцинації. Крім того, буде понижено тиск на транспортні організації, в завдання яких входило обов'язкове використання надпотужних морозильних установок, а також спеціальних термоконтейнерів.

Слід зазначити, що розробник російської вакцини «Спутник V» - інститут Гамалеї - у кінці грудня 2020 року також завершив її попередні випробування на стабільність. Розробник дійшов висновку, що впродовж трьох діб вона все ж може зберігатися і перевозитися при температурі не вище - 10 градусів (спочатку в холодному ланцюзі для цієї вакцини рекомендувалася температура не вище - 18С⁰). Проте фахівці вважають, що результати випробувань можуть і не затвердити, оскільки нинішні дані, на підставі яких можна було б скоректувати температурний режим, у розробника фактично немає [3].

Холодильні камери на мінус 20С у багатьох українських лікарнях є. Вони були призначені для імунобіологічних препаратів: сироваток, які повинні зберігатися в замороженому виді, біоматеріалів. Для надійного зберігання вакцин в цих холодильних камерах додатково потрібне спеціальне устаткування. Наприклад, мають бути додаткові електрогенератори, які повинні автоматично включатися у разі відключення електрики. Крім того, потрібне будівництво розгалуженої мережі низькотемпературних сховищ в усіх регіонах країни, які повинні стати регіональними розподільними центрами для імунобіологічних препаратів.

Висновки. В умовах світової пандемії коронавірусу COVID - 19 уряди різних країн почали масову вакцинацію населення. Проте, на шляху логістичного розподілу вакцин виникає ряд перешкод, які можуть серйозно понизити доступність вакцин навіть для розвинених країн. В першу чергу вони пов'язані з тим, що транспортування та зберігання імунобіологічних препаратів вимагають створення дорогої охолоджувальної інфраструктури.

Звичайні авторефрижератори не підходять для низькотемпературної доставки вакцин без термоконтейнерів, а кількість рефрижераторів, в яких вантажні приміщення охолоджувалися б до температури нижче мінус 20С вимірюється одиницями. Тому, оптимальним способом низькотемпературного автомобільного перевезення вакцин є перевезення їх у спеціальних термоконтейнерах, які для більшої надійності перевезення треба завантажувати в рефрижератори.

Існує перспектива деякого пом'якшення вимог регулюючих органів до температурних режимів транспортування і зберігання вакцин у міру накопичення даних випробувань на стабільність імунобіологічних препаратів. Це може істотно понизити тиск на транспортні організації, в завдання яких входить обов'язкове використання надпотужних морозиль-

них установок, а також спеціальних термоконтейнерів.

Слід приділити увагу стимулюванню розробки і виготовлення в Україні термобоксів, здатних забезпечити низькотемпературне транспортування та зберігання імунобіологічних препаратів у логістичних ланцюжках розподілу вакцин від COVID - 19.

Потрібна також розгалужена мережа низькотемпературних сховищ в усіх регіонах країни, які повинні стати регіональними розподільними центрами для імунобіологічних препаратів.

Л і т е р а т у р а

1. Логистика эпохи пандемии: как доставить миллиарды доз охлажденных вакцин? [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.dw.com/ru/logistika-protiv-kovida-kak-dostavit-ohlazhdennye-vakciny/a-55679333>
2. Bloomberg указал на препятствие для распространения вакцины Pfizer. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.rbc.ru/society/11/11/2020/5fab8df79a79474acc214558>
3. Вакцина «Спутник V» должна все время находиться при температуре минус 18 и ниже. В результате ее оказалось не в чем хранить и перевозить. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://meduza.io/feature/2021/01/14/vaktsina-sputnik-v-dolzha-vse-vremya-nahoditsya-pri-temperature-minus-18-i-nizhe-v-rezultate-ee-okazalos-ne-v-chem-hranit-i-perevozit>
4. Безопасное обращение вакцинами, холодовая цепь и иммунизация. Пособие для стран СНГ. Global programme for vaccines and immunization. WHO/EPI/LHIS/98.02. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.who.ch/gpv-documents/>
5. Panasonic разработал термоконтейнер для транспортировки вакцин от COVID-19 при -70°С. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://expert.com.ua/138365-panasonic-razrabotal-termokontejner-dlya-transportirovki-vakcin-ot-covid-19-pri-70%CB%9Ac.html>
6. Температуру перевозки и хранения вакцины BioNTech/Pfizer разрешили снизить. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.dw.com/ru/temperaturu-perevozki-i-hranenija-vakciny-biontech-pfizer-razreshili-sniziti/a-56709038>

R e f e r e n c e s

1. Logistika jepohi pandemii: kak dostavit' milliardy doz ohlazhdennyh vakcin? [Elektronnij resurs]. - Rezhim dostupu: <https://www.dw.com/ru/logistika-protiv-kovida-kak-dostavit-ohlazhdennye-vakciny/a-55679333>
2. Bloomberg ukazal na prepjatstvie dlja rasprostraneniya vakciny Pfizer. [Elektronnij resurs]. - Rezhim dostupu: <https://www.rbc.ru/society/11/11/2020/5fab8df79a79474acc214558>
3. Vakcina «Sputnik V» dolzhna vse vremja nahodit'sja pri temperature minus 18 i nizhe. V rezultate ee okazalos' ne v chem hranit' i perevozit'. [Elektronnij resurs]. - Rezhim dostupu: <https://meduza.io/feature/2021/01/14/vaktsina-sputnik-v-dolzha-vse-vremya-nahoditsya-pri-temperature-minus-18-i-nizhe-v-rezultate-ee-okazalos-ne-v-chem-hranit-i-perevozit>
4. Bezopasnoe obrashhenies vakcinami, holodovaja cep' i immunizacija. Posobie dlja stran SNG. Global programme

- for vaccines and immunization. WHO/EPI/LHIS/98.02. [Elektronnij resurs]. - Rezhim dostupu: <http://www.who.ch/gpv-documents/>
5. Panasonic razrabotal termokontejner dlja transportirovki vakcin ot COVID-19 pri -70°C . [Elektronnij resurs]. - Rezhim dostupu: <https://expert.com.ua/138365-panasonic-razrabotal-termokontejner-dlya-transportirovki-vakcin-ot-covid-19-pri-70%CB%9Ac.html>
 6. Temperaturu perevozki i hranenija vakciny BioNTech/Pfizer razreshili snizit' [Elektronnij resurs]. - Rezhim dostupu: <https://www.dw.com/ru/temperaturu-perevozki-i-hranenija-vakciny-biontech-pfizer-razreshili-snizit/a-56709038>

Mikhailov E.V., Vodolazsky O.O., Dolbnya D.M. Distribution logistics problems of immunobiological drugs in the pandemic era.

In the context of the global pandemic of the coronavirus COVID-19, issues related to the logistics of distribution of vaccines against coronavirus have become very urgent. First of all, this concerns the Pfizer / BioNTech vaccine, which requires maintaining extremely low temperatures during storage and transportation. There are a number of obstacles to the implementation of supply chains for the distribution of vaccines that can seriously reduce the availability of vaccines, even for developed countries. First of all, they are associated with the fact that the transportation and storage of immunobiological preparations require the creation of an expensive cooling infrastructure. The main requirements for the supply chains of vaccine distribution and successful examples of world practice in their implementation are analyzed. It has been established that conventional refrigerated trucks are not suitable for low-temperature vaccine delivery without thermal containers, and the number of refrigerators in which cargo spaces would be cooled to temperatures below minus 20C is

measured in units. Therefore, the optimal way of low-temperature road transportation of vaccines is to transport them in special thermal containers, which need to be loaded into refrigerators for greater reliability of transportation. There is a prospect of some softening of the requirements of regulatory bodies for the temperature regimes of transportation and storage of vaccines as data on the stability of immunobiological preparations accumulate. This can significantly reduce the pressure on transport organizations, whose tasks include the mandatory use of heavy-duty freezers, as well as special thermal containers. It is proposed to pay attention to stimulating the development and manufacture of thermoboxes in Ukraine, capable of providing low-temperature transportation and storage of immunobiological preparations in the supply chains of distribution of vaccines against COVID-19. It is also advisable to create a network of low-temperature storages in the country, which should become regional distribution centers for immunobiological preparations.

Keywords: logistics, vaccine, delivery, cold chain, refrigerator, thermobox.

Михайлов Євген Валентинович – к.т.н., доцент, доцент кафедри логістичного управління та безпеки руху на транспорті ЧНУ ім. В. Даля, mihaylov.evv@gmail.com.

Водолазський Олексій Олександрович – старший викладач кафедри логістичного управління та безпеки руху на транспорті ЧНУ ім. В. Даля, alexey.vodolazskyu@gmail.com.

Долбня Данило Миколайович – здобувач вищої освіти кафедри логістичного управління та безпеки руху на транспорті ЧНУ ім. В. Даля, dolbnja@gmail.com.

Стаття подана 01.05.2021.