

# Временная эндобронхиальная окклюзия в комплексном лечении эмпиемы плевры с бронхоплевральным свищом

А.М. Гасанов<sup>1,2</sup> ✉, Г.Л. Азизян<sup>3</sup>, П.А. Ярцев<sup>1</sup>, Д.В. Золотарев<sup>1</sup>

Отделение неотложной хирургии, эндоскопии и интенсивной терапии

<sup>1</sup> ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»

129090, Российская Федерация, Москва, Большая Сухаревская пл., д. 3.

<sup>2</sup> ПИУВ – филиала ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» МЗ РФ

440060, Российская Федерация, Пенза, ул. Стасова, д. 8А

<sup>3</sup> ГБУЗ Московской области «Детский клинический центр им. Л.М. Рошаля»

142117, Российская Федерация, Московская область, г.о. Красногорск, территория детского клинического центра, корп. 1

✉ Контактная информация: Гасанов Али Магомедович, доктор медицинских наук, доцент, ведущий научный сотрудник отделения неотложной хирургии, эндоскопии и интенсивной терапии ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ».

Email: endogas@yandex.ru

## РЕЗЮМЕ

В статье приводятся данные системных обзоров по частоте гнойных осложнений с формированием бронхиальных свищей, что подтверждает актуальность данного поиска. Представлен весь спектр диагностического поиска бронхиальных свищей с применением эндоскопических и рентгенологических методик. Также представлены результаты применения всех возможных эндобронхиальных окклюдеров при разобщении бронхоплевральных соустьев, подробно описаны преимущества и недостатки каждого из представленных окклюдеров. Определен вектор развития дальнейшего поиска оптимальных систем для окклюзии бронхов при бронхоплевральных соустьях.

## Ключевые слова:

эмпиема плевры, бронхоплевральный свищ, бронхиальное соустье, окклюдер, окклюзия бронха, бронхиальный обтуратор, эндобронхиальный клапан

## Ссылка для цитирования

Гасанов А.М., Азизян Г.Л., Ярцев П.А., Золотарев Д.В. Временная эндобронхиальная окклюзия в комплексном лечении эмпиемы плевры с бронхоплевральным свищом. *Журнал им. Н.В. Склифосовского Неотложная медицинская помощь*. 2025;14(4):820–827. <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2025-14-4-820-827>

## Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

## Благодарность, финансирование

Исследование не имеет спонсорской поддержки

БПС — бронхоплевральный свищ  
ВБ — виртуальная бронхоскопия  
ВОВ — временная окклюзия бронхов  
ВТС — видеоторакоскопия

ВЭБО — временная эндобронхиальная окклюзия  
КБР — клапан внутрибронхиальный резиновый  
МСКТ — мультиспиральная компьютерная томография  
НИ — направляющий интродьюсер

Лечение неспецифических воспалительных и гнойно-деструктивных заболеваний лёгких и плевры остаётся актуальным вопросом современной торакальной хирургии. Основным осложнением различных форм лёгочных деструкций является эмпиема плевры (17,5%). Частота осложнений эмпиемы плевры с развитием бронхоплеврального свища (БПС) колеблется от 31,6% при парапневмонической этиологии до 66,4% при наличии деструкции лёгочной ткани [1]. Так у 11–40% больных острая эмпиема плевры переходит в хроническую, особенно при позднем обращении, с летальностью от 10 до 27% [1].

Таким образом, основной задачей при лечении эмпиемы плевры и пиопневмоторакса являются очищение плевральной полости, расправление коллабированного лёгкого и закрытие свищевого бронха в ранние сроки [2].

Одним из методов лечения эмпиемы плевры с осложнённой бронхолегочно-плевральными свищами является эндобронхиальная окклюзия. Лечебный эффект временной эндобронхиальной окклюзии (ВЭБО) заключается в герметизации трахеобронхиального дерева, что позволяет временно ликвидировать БПС, восстановить отрицательное давление в плевральной полости и создать условия для расправления коллабированного лёгкого (ликвидации остаточной плевральной полости), заживления свища и достижения надёжного плевродеза [1–3].

В настоящий момент предложено множество технических решений эндоскопической окклюзии, деокклюзии бронхов, а в арсенале эндоскопистов имеется несколько видов бронхоокклюдеров [1–3]. Однако каждый из предложенных способов с использованием того или иного вида окклюдера имеет свои преимущества

и недостатки. На сегодняшний день нет универсального окклюдера, с помощью которого можно было бы надёжно obturировать бронх при БПС, несостоятельности культи бронха и лёгочном кровоотечении, что требует дальнейшего поиска новых технических решений.

#### ДИАГНОСТИКА

Для достижения желаемого клинического результата при эндобронхиальной окклюзии необходима точная топическая диагностика бронхиальных свищей. Это достигается сопоставлением клинической картины с результатами инструментальных методов исследований.

Заподозрить наличие бронхиального свища можно на основании жалоб больного на нарушение дыхания, одышку в покое, кашель с отхождением гнойного отделяемого, усиливающегося в положении больного на стороне, противоположной локализации патологического процесса. При этом количество гнойного отделяемого может зависеть от степени воспаления и объёма остаточной полости.

Рентгенологический метод исследования позволяет определить синдром кольцевидной тени, что может соответствовать клиническому диагнозу неспецифической лёгочной деструкции (абсцесс лёгкого, деструктивная пневмония), а также симптом гидропневмоторакса, что косвенно может свидетельствовать о наличии БПС. На обзорных рентгенограммах в стандартных положениях без дополнительного контрастирования выявить наличие бронхиального соустья невозможно. Существует описание метода рентгенологического исследования с введением контрастного вещества через установленный в плевральную полость дренаж, в том числе в латеропозиции. Затекание контрастного вещества в бронх или полость распада является достоверным признаком наличия БПС или плевролёгочного свища, однако определить точную локализацию невозможно. Диагностическая ценность рентгенографии составляет более 75% [4–9].

Мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) грудной полости позволяет визуализировать БПС или наличие плевролёгочного свища, которое может проявляться в виде дефекта стенки полости распада, сообщающегося с остаточной плевральной полостью [4–9]. Диагностическая ценность МСКТ составляет примерно 95,5% [10–14].

Бронхоскопия является одним из важнейших методов диагностики БПС. При эндоскопическом осмотре трахеобронхиального дерева удаётся визуализировать наличие дефектов культи главного, долевого, реже сегментарного бронха. Периферические бронхиальные свищи возможно определить по косвенным эндоскопическим признакам: локальной гиперемии слизистой оболочки, наличию пенистого или гнойного отделяемого в просвете бронха. Дополнительным приёмом, позволяющим уточнить локализацию бронхиального свища, является введение в плевральную полость через дренаж раствора красителя во время выполнения бронхоскопии (ретроградная хромоплевробронхоскопия) и визуальное определение дренирующего бронха по поступлению из него раствора красителя. Но этот метод диагностики может быть неинформативным при клапанном механизме свища, краситель может заполнять остаточную плевральную полость и не проникнуть в просвет бронхиального дерева [4].

Определить локализацию периферических бронхиальных свищей не только при изолированном поражении одной доли лёгкого, но и при БПС в разных долях позволяет методика поисковой окклюзии бронхов при бронхоскопии с предварительным дренированием плевральной полости (методика В.И. Гераськина, 1974). Суть её состоит в проведении поочерёдной окклюзии долевых бронхов и различных их комбинаций с одновременным контролем герметичности лёгкого, которая оценивается по интенсивности поступления воздуха из плеврального дренажа как во время продолжающейся искусственной вентиляции лёгких, так и при спонтанном дыхании. Обладая рядом преимуществ по сравнению с другими приёмами диагностики периферических бронхиальных свищей, методика В.И. Гераськина имеет и ряд недостатков. Прежде всего это техническая сложность и трудоёмкость исследования, так как при наличии множественных бронхиальных свищей приходится многократно выполнять окклюзию и деокклюзию различных долевых бронхов и их комбинаций, что трудно переносимо при самостоятельном дыхании больного. Так, для поиска бронхиальных свищей, локализующихся в двух долях одного лёгкого, иногда требуется применение шести вариантов различных окклюзий долевых бронхов [4]. Чувствительность бронхоскопии в диагностике БПС достигает 83–100% [15–16]. Виртуальная бронхоскопия (ВБ) дополняет диагностический арсенал для выявления БПС [17–18]. Сущность ВБ заключается в создании компьютерной виртуальной трёхмерной модели трахеобронхиального дерева в результате сложной компьютерной обработки данных сканированной области из массива информации, полученной в результате МСКТ-исследования органов грудной клетки. ВБ даёт возможность визуальной оценки проходимости трахеобронхиального дерева (виртуальная прямая визуализация) [19].

Бронхография как метод диагностики бронхиальных свищей в настоящее время в классическом виде не используется, так как имеет ряд недостатков: аспирационный синдром после попадания рентгеноконтрастного вещества в просвет бронхиального дерева, невозможность визуализации просвета бронхов малого калибра (6–7-го порядка) при наличии в просвете бронхов содержимого.

#### ЛЕЧЕНИЕ

Основным методом выбора лечения любого вида эмпиемы плевры является первичное дренирование плевральной полости и подбор антибактериальной терапии. В дальнейшем лечебная тактика определяется на основании вида эмпиемы плевры и фазы воспалительного процесса. Наиболее распространённым методом лечения в настоящий момент является ранняя видеоторакоскопическая (ВТС-) санация. При наличии БПС необходимо дополнительное проведение ВЭБО. Бронхиальная окклюзия входит в комплекс лечебных мероприятий [5, 6].

Методика дренирования плевральной полости в сочетании с различными методами аспирации и применением временной окклюзии бронха при наличии БПС, предложенная Колкиным Я.Г. и соавт. (2006) позволила добиться положительных результатов в 90,5% наблюдений [20].

В 2008 году *Ia N. Babilashvili, MD, Paata Gvetadze, MD et al.* описали результаты лечения 110 пациентов

с абсцедирующей пневмонией, осложненной БПС, с использованием поролонового окклюдера. При анализе этих данных нет описания доставки поролонового окклюдера в просвет бронха, описания состава и пористости самого поролонового окклюдера, а также сложности эндоскопического удаления этого окклюдера ввиду того, что поролоновый окклюдер, ослизняясь, теряет свою эластичность. Также нет данных о частоте миграции окклюдера из просвета бронха [6].

С появлением отечественной разработки, автором которой является А.В. Левин (2008), можно сказать, что произошёл технический прорыв в лечении пациентов с осложнёнными формами гнойно-воспалительных заболеваний лёгких. Сейчас клапан внутрибронхиальный резиновый (КБР) «Медланг» известен как эффективное устройство для малоинвазивной окклюзии и используется не только во фтизиатрии, но и в торакальной хирургии (рис. 1).

Эндобронхиальный клапан устанавливается в просвет бронха по стандартной методике, как под местной анестезии, так и под наркозом с применением ригидной бронхоскопии (рис. 2).

Чтобы избежать обтурации интактных бронхов, следует осуществлять установку клапана, не выпуская из вида просвет бронхов. Для проверки фиксации клапана после его установки пациента просят покашлять. В это время лепесток клапана должен открыться и пропустить воздух (рис. 3) [21].

По данным Левина А.В. и соавт., 2012–2013, эффективность бронхоблокации при лечении бронхоплевральных свищей составляет 70–73,1%. Количество рецидивов в группе, где применялось лечение с использованием эндобронхиальных клапанов, ниже, чем в группе, где проводили торакоцентез (6,7% против 32,14%,  $p=0,0134$ ). Кроме того у пациентов, которым проводили установку клапанов, время предоперационного периода (1,45 суток против 17,0) и сроки госпитализации были ниже (14,1 суток против 47,4) [4–9, 22–26].

На фоне всех положительных качеств эндобронхиального клапана КБР к недостаткам его применения можно отнести необходимость в специальном техническом оснащении (бронхоскопы различного диаметра в зависимости от диаметра клапана и блокируемого бронха), технические трудности проведения клапана через трахеостомическую или интубационную трубку, а в ряде случаев проведения ригидной бронхоскопии.

При наличии большого количества слизи и крови в просвете бронхов установка клапана осложняется отсутствием свободного рабочего канала эндоскопа и загрязнением оптической линзы с полной потерей визуализации, что требует многократных циклов извлечения и введения эндоскопа для очистки оптики с высоким риском травматизации слизистой оболочки бронхов. Вышеперечисленное влечёт за собой увеличение длительности манипуляции и риск развития респираторных осложнений.

При наличии оротрахеальной трубки проведение эндоскопа с предзаряженным эндобронхиальным клапаном не представляется возможным, для этого необходима переинтубация тубусом ригидного бронхоскопа, установка эндобронхиального клапана с повторной интубацией оротрахеальной трубкой. При наличии трахеостомической трубки необходимо её извлечение на время установки клапана, что дополнительно под-

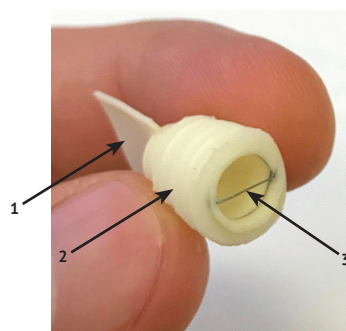


Рис. 1. Внешний вид эндобронхиальных клапанов «Медланг» (фото из собственных наблюдений) 1 — клапанный лепесток; 2 — фиксирующая гофра; 3 — рентгенконтрастная танталовая перемычка для фиксации

Fig. 1. External appearance of the Medlang endobronchial valves: a — valve petal; b — fixing corrugation; в — radiopaque tantalum bridge for fixation

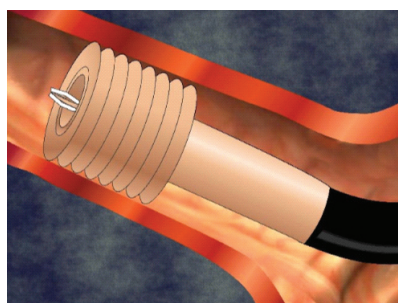


Рис. 2. Фиксация эндобронхиального клапана в блокируемом бронхе [1]

Fig. 2. Endobronchial valve insertion in the blocked bronchus [1]

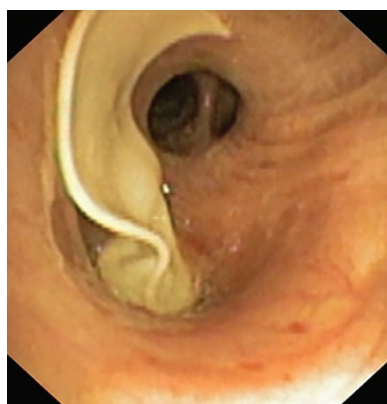


Рис. 3. Эндофотография. Эндобронхиальный клапан установлен в левый верхнедолевой бронх [1]

Fig. 3. Endophotography. The endobronchial valve is inserted in the left upper lobe bronchus [1]

вергает опасности жизнь пациентов, которые нуждаются в продлённой искусственной вентиляции лёгких.

В исследовании Матвеева В.Ю. и соавт. в 2012 году было изучено применение временной окклюзии бронхов (ВОБ) во время ВТС-операции по поводу эмпиемы плевры с БПС у 184 больных. У 109 (59,2%) из них имелись функционирующие бронхоплевральные соустья. Через 3–9 дней после ВТС была проведена временная окклюзия бронхов для устранения постоянной утечки воздуха по дренажам. ВОБ длилась от 8 до 32 дней (в среднем  $15,3 \pm 6,3$  суток) [27].

Было проведено в общей сложности 80 обтураций, а 8 пациентам потребовалось повторное проведение



процедуры. Причины повторных обтураций представлены в таблице.

Чаще окклюзия бронхов проводилась в объёме 1–2 долевых бронхов (29% и 38% пациентов соответственно). Окклюзию главного бронха проводили у 21,6% пациентов. Полного выздоровления с разобщением БПС удалось добиться у 72 больных (83,3%) [27–29].

В исследовании Насирова М.М. и соавт. в 2018 году было изучено применение ВОБ у 32 детей с бактериальной деструкцией лёгких, осложнённой бронхоплевральными свищами. ВОБ проводили после дренирования плевральной полости, и она длилась в среднем от 7 до 16 дней (в среднем 11 дней). В 87,5% случаев уже на второй день после окклюзии наблюдалось восстановление функций лёгкого и уменьшение объёма воздуха в плевральной полости. Через 6–12 месяцев у всех пациентов наблюдалось полное расправление лёгочной ткани без признаков наличия бронхиальных свищей, что подтверждено данными бронхографии и рентгенографии [30].

Результаты лечения 27 пациентов с бронхоплевральными свищами при туберкулёзе лёгких представленные Mizumori, Yasuyuki et al. (2018) показали, что уменьшение сброса воздуха было достигнуто у всех пациентов после окклюзии бронхов с помощью окклюдера Watanabe, полное прекращение сброса воздуха диагностировано у 26 пациентов (96%). Однако 16 из этих пациентов (62%) получали комбинированную терапию, включая плевродез, выполненный после окклюзии бронхов. Для плевродеза, в зависимости от общего состояния больного, использовали аутологичную кровь, 50% раствор глюкозы, миноциклин, тальк и пицибанил. Осложнений, связанных с процедурой, не наблюдали [31]. Окклюзию бронхов проводили с помощью направляющего интродьюсера (НИ) и кюретки [30, 32, 33]. В ходе операции использовали гибкий бронхоскоп. Позиционирование кюретки осуществляли через НИ таким образом, чтобы кончик кюретки выходил за его дистальный край [7] (рис. 4).

Mizumori Y., Horata N., Nakahara Y. et al. изучили эффективность применения окклюдера Watanabe при лечении 21 больного эмпиемой плевры, 7 пациентов с БПС, рецидивирующим пневмотораксом — 10 больных и послеоперационным лёгочным свищем — 5 наблюдений. Коморбидным фоном у больных были: рак лёгкого, пневмония, хроническая обструктивная болезнь лёгких, сахарный диабет, ревматоидный артрит, васкулит, острый респираторный дистресс-синдром. Успешные результаты достигнуты при пневмотораксе — 80,0% (8/10); пиотораксе с бронхиальным свищем — 100% (7/7); послеоперационной утечке воздуха — 75% (3/4).

Дробязгин Е.А. и соавт. (2020) изучили применение эндоскопической клапанной бронхоблокации при лечении бронхоплевральных свищей и длительной утечки воздуха по плевральным дренажам у 115 пациентов с различными лёгочными заболеваниями. Эндоскопическая окклюзия бронха была проведена с целью разобщения БПС и прекращения сброса воздуха по дренажу с расправлением лёгкого. Процедура оказалась эффективной у более чем 70% пациентов, при этом не было зафиксировано значимых осложнений как в процессе выполнения, так и в послеоперационном периоде. Окклюзия бронха была выполнена в течение 3–9 дней после основной операции, а продолжительность нахождения блокатора в бронхе варьировала от 8 до 32 дней. В большинстве случаев окклюзию

Таблица

#### Причины повторных обтураций

Table

#### Causes of recurrent obturation

Причина	n	%
Ослизнённый обтуратор	3	37,5
Эндобронхит в окклюзированном бронхе	3	37,5
Миграция обтуратора из нижнедолевого бронха в главный	1	12,5
Миграция обтуратора из промежуточного бронха в трахею	1	12,5

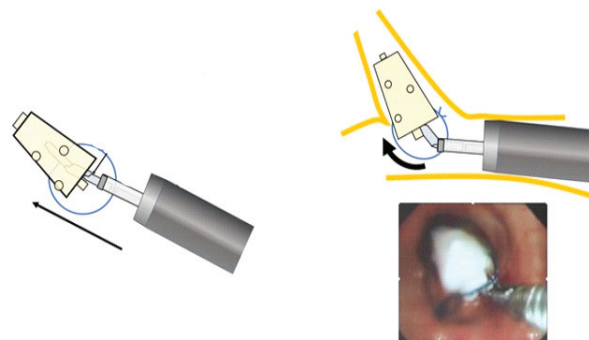


Рис. 4. Методика установки эндобронхиального окклюдера.

Направляющий интродьюсер корректируется путём отрезания 30 мм от проксимального конца окклюдера Watanabe [31]

Fig. 4. Technique for endobronchial occluder insertion. The guide sheath is adjusted by cutting 30 mm from the proximal end of the endobronchial Watanabe spigot [31]

проводили на уровне долевых бронхов, в меньшей степени — на уровне главного бронха [32, 33].

В отечественной литературе встречается описание применения поролоновых обтураторов в виде клинических наблюдений. Так, в описательной части применения данного обтуратора Воронин В.П. и соавт. (2024) описывают эффективность его применения при деструктивных пневмониях с формированием БПС на основании наблюдений в период с 2022 по 2023 год. Четырём пациентам в возрасте от 1 года до 7 лет с диагнозом деструктивная пневмония, осложнённая формированием БПС, была проведена ВОБ с применением поролонового обтуратора, диаметр которого превышал диаметр причинного бронха в 3 раза. После проведения ВЭБО в первые 2–3 суток у пациентов отмечалось значительное улучшение состояния: уменьшилось гнойное отделяемое из плевральной полости, нормализовалась температура тела и отмечалось повышение физической активности. Однако сложно оценить эффективность применения данного обтуратора в связи с небольшим количеством клинических наблюдений [5].

Современные окклюдеры представлены как зарубежными, так и отечественными разработками. Известен метод окклюзии бронха с применением окклюдеров Olympus с целью редукции объёма лёгкого у пациентов с хронической обструктивной болезнью лёгких (рис. 5).

Бронхоскопическая редукция объёма лёгких с использованием эндобронхиальных клапанов является малоинвазивной терапией для пациентов, которые уже проходят лечение. Лечение с помощью эндобронхиальных клапанов может значительно улучшить

функцию лёгких, перенаправляя воздух в здоровых сегменты [34].

Однако в литературных данных встречаются единичные исследования с применением подобного рода бронхиальных обтураторов при гнойно-воспалительных заболеваниях лёгких. Скорее всего это связано с высокой стоимостью данных устройств и отсутствием полной герметичности заблокированного бронха [17–27].

Ретроспективное одноцентровое исследование, проведённое Takeuchi Y. et al. (2023) с применением ВТС с ВЭБО и открытого торакального вмешательства у 49 больных эмпиемой плевры, осложнённых БПС, показал следующие результаты: 37 пациентов (65,3%) были выписаны с положительной динамикой, 7 пациентов (14,3%) выписаны с улучшением и плевральным дренажом, умерли 10 больных (20,4%) [33]. При этом причиной эмпиемы плевры у этих пациентов были: туберкулёз и (или) микотическое поражение лёгких ( $n=19$ ), аспергиллёз лёгких ( $n=8$ ), постпневмонэктомический свищ культи бронха ( $n=8$ ), постпневмонэктомический пищеводный свищ ( $n=2$ ) и бактериальная пневмония ( $n=12$ ) [32].

Таким образом, на сегодняшний день можно с уверенностью говорить о том, что подавляющее большинство авторов, чьи работы были проанализированы, единогласно соглашались с фактом высокой эффективности метода окклюзии бронха в лечении эмпиемы плевры, осложнённой БПС.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённый анализ литературных данных демонстрирует высокую актуальность вопроса бронхоплевральных свищей на фоне гнойно-деструктивных заболеваний лёгких, а также неоднозначные результаты

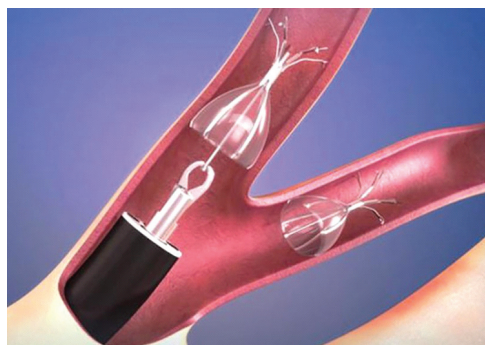


Рис. 5. Эндобронхиальный окклюдер  
Fig. 5. Endobronchial occluder

использования бронхиальных окклюдеров при гнойно-воспалительных заболеваниях лёгких. Применение эндобронхиальной окклюзии в комплексном лечении эмпиемы плевры с бронхоплевральным свищом является патогенетически обоснованным с эффективностью от 65,3 до 84,6%. Однако нет единого мнения об эффективности использования какого-либо одного из методов с применением конкретного окклюдера. Это подталкивает исследователей на поиск и создание новых как окклюдеров, так и методов их доставки в просвет бронха, разработку конструктивно новых решений для более надёжной фиксации и рентгеновизуализации их в просвете бронха. Особое значение имеет сохранение целостности окклюдеров в просвете бронха, а также удобство их извлечения после окончания лечения, чему многие авторы практически не уделяют внимания. В связи со всеми вышеприведёнными аргументами вопрос дальнейшего поиска новых технических решений остаётся актуальным.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Цеймах Е.А., Левин А.В., Швецов И.В., Бродер И.А. Применение клапанного бронхоблокирования и видеоторакоскопии в комплексном лечении пиопневмоторакса. *Эндоскопическая хирургия*. 2011;17(2):14–17.
2. Хрупкин В.И., Гостищев В.К., Золотарев Д.В., Дегтярева Е.В. Торакоскопические методы в комплексном лечении неспецифической эмпиемы плевры и гнойно-деструктивных заболеваний лёгких. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2014;(10):15–20.
3. Бисенков Л.Н., Попов В.И., Шалаев С.А. *Хирургия острых инфекционных деструкций лёгких*. Санкт-Петербург: ДЕАН; 2003. 398 с.
4. Гостищев В.К., Хрупкин В.И., Нефедов А.В., Золотарев Д.В., Теляшов А.Д., Милов В.Е. и др. Неспецифическая эмпиема плевры – дифференцированный подход к комплексному лечению. В кн.: *Сборник тезисов II Международного конгресса «Актуальные направления современной кардио-торакальной хирургии»* (Санкт-Петербург, 24–26 мая 2012 г.). Санкт-Петербург; 2012:113–114.
5. Воронин В.П., Лёвочкин С.П., Фролов Е.А., Галица В.В., Вишняков А.Н., Шарапов В.И. Метод временной окклюзии бронхов при лечении детей с деструктивной пневмонией, осложнённой бронхоплевральными свищами. *Здравоохранение Югры: опыт и инновации*. 2024;2(39):56–62.
6. Babilashvili IN, Gvetadze P. Role of temporary bronchial endoscopic occlusion in surgical pulmonology. *Chest*. 2008;134(4 Suppl 2):139. <https://doi.org/10.1378/chest.134.4.MeetingAbstracts.p139004>
7. Сафоев Б.Б., Курбонов О.М., Хасанов А.К., Ярикулов Ш.Ш. Роль бронхоскопии в лечении осложнённых эндобронхиальных лигатурных свищей после эхинококкэктомии лёгкого. *Новый день в медицине*. 2019;(3):239–241.
8. McManigle JE, Fletcher GL, Tenholder MF. Bronchoscopy in the management of bronchopleural fistula. *Chest*. 1990;97(5):1235–1238. PMID: 2331919 <https://doi.org/10.1378/chest.97.5.1235>
9. Sarkar P, Patel N, Chusid J, Shah R, Talwar A. The role of computed tomography bronchography in the management of bronchopleural fistulas. *J Thorac Imaging*. 2010;25(1):W10–13. PMID: 20160584 <https://doi.org/10.1097/RTI.0b013e31819d12f1>
10. Iqbal N, Ali AS, Zahid A, Jabeen K, Irfan M. Fungal empyema thoracis, a rare but an emerging entity: a retrospective case series from Pakistan. *Ther Adv Infect Dis*. 2023;11:20499361231223887. PMID: 38164127 <https://doi.org/10.1177/20499361231223887>
11. Cheng YF, Chen CM, Chen YL, Cheng CY, Huang CL, Hung WH, et al. The outcomes of thoracoscopic decortication between fungal empyema and bacterial empyema. *BMC Infect Dis*. 2023;23(1):8. PMID: 36609233. <https://doi.org/10.1186/s12879-022-07978-z>
12. Zablockis R, Petruskeviciene R, Nargela RV. Pleuros empiemos ir komplikuoto parapneumoninio pleurito priezastys ir rizikos veiksniai [Causes and risk factors of pleural empyema and complicated parapneumonic pleural effusion]. *Medicina (Kaunas)*. 2010;46(2):113–119. (In Lith.). PMID: 20440084.
13. Woldemariam ST, Molla IB, Merine SK, Yilma DG. Prevalence and treatment outcome of bronchopleural fistula: a multi-center study in Ethiopia. *J Cardiothorac Surg*. 2023;18(1):227. PMID: 37438756 <https://doi.org/10.1186/s13019-023-02325-y>
14. Климов С.В., Кравцов А.Я., Кантерман М.А., Сипухин Я.М. Роль компьютерной томографии в диагностике туберкулеза лёгких. *Сибирский медицинский журнал (Иркутск)*. 1999;16(1):60–64.
15. Jin L, Li Y. Bronchoscopic interventions for bronchopleural fistulas. *Ther Adv Respir Dis*. 2023;17:17534666231164541. PMID: 37067054 <https://doi.org/10.1177/17534666231164541>
16. Sarkar P, Chandak T, Shah R, Talwar A. Diagnosis and management bronchopleural fistula. *Indian J Chest Dis Allied Sci*. 2010;52(2):97–104. PMID: 20578402.
17. Kuramochi M, Shinonaga M, Kuraoka S. Closure of open window thoracostomy due to MRSA pyothorax by EWS bronchial occlusion and modified extraperiosteal air plumbage: a case report. *Surg Case Rep*. 2024;10(1):19. PMID: 38228980 <https://doi.org/10.1186/s40792-024-01815-y>
18. Herrera LJ, Schumacher LY, Hartwig MG, Bakhos CT, Reddy RM, Vallières E, et al. Pulmonary Open, Robotic, and Thoracoscopic Lobectomy study: Outcomes and risk factors of conversion during minimally invasive lobectomy. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2023;166(1):251–262.e3. PMID: 36509569 <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2022.10.050>
19. Котляров П.М. Виртуальная бронхоскопия в диагностике рака легкого. *Лучевая диагностика и терапия*. 2015;(1):56–63.

20. Доброквашин С.В., Сысоев П.Н., Волков Д.Е., Демьянов С.Л. Современные подходы к диагностике и лечению эмпиемы плевры. *Практическая медицина*. 2013;5(74):32–37.
21. Левин А.В., Цеймах Е.А., Зимонин П.Е. *Применение клапанной бронхоблокации при осложнённом туберкулёзе лёгких*. 2-е изд. Барнаул; 2008.
22. Tchkonja D, Vacharadze K, Mskhaladze T. The Efficacy of Endobronchial Valve Therapy in Complex Treatment of Broncho-Pleural Fistulas. *Georgian Med News*. 2020;(306):73–76. PMID: 33130650.
23. Boyko VV, Tkachenko VV, Sochnieva AL, Kritsak VV. Modern view on the problem of acute pleural empyema surgical treatment. *Wiad Lek*. 2024;77(2):327–337. PMID: 38592997 <https://doi.org/10.36740/WLek202402121>.
24. Malkoc A, Gill H, Liu N, Nguyen DT, Phan AT, Nguyen A, et al. Bronchopulmonary Fistula Development in an Elderly Male With COVID-19 Infection. *Cureus*. 2022;14(11):e31686. PMID: 36561584 <https://doi.org/10.7759/cureus.31686>.
25. Hosna AU, Miller D. A Case of Bronchopleural Fistula and Hydropneumothorax in a Patient With Necrotizing Pneumonia Complicated by Mycobacterium avium Complex. *Cureus*. 2022;14(10):e30280. PMID: 36407137 <https://doi.org/10.7759/cureus.30280>.
26. Гостищев В.К., Хрупкин В.И., Теляшов А.Д., Золотарев Д.В., Неведов А.В., Милов В.Е. и др. Лечебный алгоритм при неспецифических эмпиемах плевры с бронхоплевральными свищами. В кн.: *Сборник тезисов III Международного конгресса «Актуальные направления современной кардио-торакальной хирургии» (Санкт-Петербург, 26–30 июня 2013 г.)*. Санкт-Петербург; 2013:120.
27. Матвеев В.Ю., Хасанов Р.М., Гайфуллин Р.Ф., Галков Е.М., Фахрутдинов Р.Н., Ибрагимов А.И. Комбинированное хирургическое лечение эмпиемы плевры с применением видеоторакоскопии. *Практическая медицина*. 2012;(8-2):111–116.
28. Матвеев В.Ю., Хасанов Р.М. Видеоторакоскопия в хирургическом лечении эмпиемы плевры. *Практическая медицина*. 2012;(8-1):23–27.
29. Lazarus DR, Casal RF. Persistent air leaks: a review with an emphasis on bronchoscopic management. *J Thorac Dis*. 2017;9(11):4660–4670. PMID: 29268535 <https://doi.org/10.21037/jtd.2017.10.122>
30. Mizumori Y, Nakahara Y, Hirata N, Hiraoka R, Kominami R, Hirano K, et al. Toward Easy and Rapid Bronchial Occlusion With an Endobronchial Watanabe Spigot: A New Technique Using a Guide Sheath and Curette. *J Bronchology Interv Pulmonol*. 2020;27(2):122–127. PMID: 31851015 <https://doi.org/10.1097/LBR.0000000000000642>.
31. Chuliev MS, Uglonov IM, Narbaev TT, Xotamov XN, Pulatov FT, Barotov FT, et al. Temporary Bronchial Occlusion in Fistulous Forms of Bacterial Lung Destruction in Children. *Progressing Aspects in Pediatrics and Neonatology*. 2018;1(1):16–20. <https://doi.org/10.32474/PAPN.2018.01.000105>
32. Дробязгин Е.А., Чикинев Ю.В., Судовых И.Е. Эндоскопическая клапанная бронхоблокация при лечении бронхоплевральных свищей и утечки воздуха. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2020;(5):49–57. <https://doi.org/10.17116/hirurgia202005149>
33. Галлямов Э.А., Никулин А.В., Дидуев Г.И., Сурков А.И., Хоробрых Т.В. Хирургическое лечение бронхоплевральных свищей на фоне эмпиемы плевры. *Вестник экспериментальной и клинической хирургии*. 2022;15(4):306–313. <https://doi.org/10.18499/2070-478X-2022-15-4-306-313>
34. Lin H, Wang Y, Lu D, Hong W, Wu W, Song D, et al. A novel method for the bronchial occlusion of prolonged air leakage using customized endobronchial plugs. *J Thorac Dis*. 2023;15(12):6419–6426. PMID: 38249896 <https://doi.org/10.21037/jtd-23-1053>

## REFERENCES

1. Tseimakh EA, Levin AV, Shvetsov IV, Broder IA. Application of endobronchial valve occlusion and videothoracoscopy in complex treatment of pyopneumothorax. *Endoscopic Surgery*. 2011;17(2):14–17. (In Russ.)
2. Khrupkin VI, Gostishchev VK, Zolotarev DV, Degtiareva EV. The thoracoscopy in complex treatment of non-specific pleural empyema and purulent-destructive diseases of lungs. *Pirogov Russian Journal of Surgery*. 2014;(10):15–20. (In Russ.)
3. Bisenkov LN, Popov VI, Shalaev SA. *Khirurgiya ostrykh infektsionnykh destruktivnykh legkikh*. Saint-Petersburg: DEAN Publ.; 2003. 398 p. (In Russ.)
4. Gostishchev VK, Khrupkin VI, Nefedov AV, Zolotarev DV, Telyashov AD, Milov VE, et al. Nespetsificheskaya empiema plevry – differentsirovanny podkhod k kompleksnomu lecheniyu. In: *Sbornik tezisev II Mezhdunarodnogo kongressa “Aktual’nye napravleniya sovremennoy kardio-torakal’noy khirurgii” (Sankt-Peterburg, 24–26 maya 2012 g.)*. Saint Petersburg; 2012:113–114. (In Russ.)
5. Voronin VP, Levochkin SP, Frolov EA, Galitsa VV, Vishnyakov AN, Sharapov VI. Method of Temporary Bronchial Occlusion in the Treatment of Children With Destructive Pneumonia Complicated by Bronchopleural Fistulas. *Zdravookhranenie Yugry: Opyt i Innovatsii*. 2024;2(39):56–62. (In Russ.)
6. Babilashvili IN, Gvetadze P. Role of temporary bronchial endoscopic occlusion in surgical pulmonology. *Chest*. 2008;134(4 Suppl 2):139. [https://doi.org/10.1378/chest.134.4\\_MeetingAbstracts.p139004](https://doi.org/10.1378/chest.134.4_MeetingAbstracts.p139004)
7. Safoev BB, Qurbanov OM, Xasanov AQ, Yarikulov SHSH. The Role of Bronchoscopy in the Treatment of Complicated Endobronchial Ligature Fistulas After Echinococctomy of the Lung. *New Day In Medicine*. 2019;(3):239–241. (In Russ.)
8. McManigle JE, Fletcher GL, Tenholder MF. Bronchoscopy in the management of bronchopleural fistula. *Chest*. 1990;97(5):1235–1238. PMID: 2331919 <https://doi.org/10.1378/chest.97.5.1235>.
9. Sarkar P, Patel N, Chusid J, Shah R, Talwar A. The role of computed tomography bronchography in the management of bronchopleural fistulas. *J Thorac Imaging*. 2010;25(1):W10–13. PMID: 20160584 <https://doi.org/10.1097/RTI.0b013e31819d12f1>.
10. Iqbal N, Ali AS, Zahid A, Jabeen K, Irfan M. Fungal empyema thoracis, a rare but an emerging entity: a retrospective case series from Pakistan. *Ther Adv Infect Dis*. 2023;11:20499361231223887. PMID: 38164127 <https://doi.org/10.1177/20499361231223887>
11. Cheng YF, Chen CM, Chen YL, Cheng CY, Huang CL, Hung WH, et al. The outcomes of thoracoscopic decortication between fungal empyema and bacterial empyema. *BMC Infect Dis*. 2023;23(1):8. PMID: 36609233. <https://doi.org/10.1186/s12879-022-07978-z>
12. Zablockis R, Petruskeviciene R, Nargela RV. Pleuros empiemos ir komplikuoto parapneumoninio pleurito priezastys ir rizikos veiksniai [Causes and risk factors of pleural empyema and complicated parapneumonic pleural effusion]. *Medicina (Kaunas)*. 2010;46(2):113–119. (In Lith.). PMID: 20440084.
13. Woldemariam ST, Molla IB, Merine SK, Yilma DG. Prevalence and treatment outcome of bronchopleural fistula: a multi-center study in Ethiopia. *J Cardiothorac Surg*. 2023;18(1):227. PMID: 37438756 <https://doi.org/10.1186/s13019-023-02325-y>.
14. Klimov SV, Kravtsov AY, Kanterman MA, Sipuhin YaM. Computer Tomography in Diagnosis of Lung Tuberculosis. *Siberian Medical Journal (Irkutsk)*. 1999;16(1):60–64. (In Russ.)
15. Jin L, Li Y. Bronchoscopic interventions for bronchopleural fistulas. *Ther Adv Respir Dis*. 2023;17:17534666231164541. PMID: 37067054 <https://doi.org/10.1177/17534666231164541>.
16. Sarkar P, Chandak T, Shah R, Talwar A. Diagnosis and management bronchopleural fistula. *Indian J Chest Dis Allied Sci*. 2010;52(2):97–104. PMID: 20578402.
17. Kuramochi M, Shinonaga M, Kuraoka S. Closure of open window thoracostomy due to MRSA pyothorax by EWS bronchial occlusion and modified extrapariosteal air plombage: a case report. *Surg Case Rep*. 2024;10(1):19. PMID: 38228980 <https://doi.org/10.1186/s40792-024-01815-y>.
18. Herrera LJ, Schumacher LY, Hartwig MG, Bakhos CT, Reddy RM, Vallières E, et al. Pulmonary Open, Robotic, and Thoracoscopic Lobectomy study: Outcomes and risk factors of conversion during minimally invasive lobectomy. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2023;166(1):251–262.e3. PMID: 36509569 <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2022.10.050>
19. Kotlayrov PM. Virtual Bronchoscopy in the Diagnosis of Lung Cancer. *Diagnostic Radiology and Radiotherapy*. 2015;(1):56–63. (In Russ.)
20. Dobrovashin SV, Sysoev PN, Volkov DE, Demyanov SL. Modern Approaches to Diagnosis and Treatment of Pleural Empyema. *Practical medicine*. 2013; 5(74):32–37. (In Russ.)
21. Levin AV, Tseymakh EA, Zimonin PE. *Primenenie klapannoy bronkhoblokatsii pri oslozhnennom tuberkuleze legkikh*. 2nd ed. Barnaul; 2008. (In Russ.)
22. Tchkonja D, Vacharadze K, Mskhaladze T. The Efficacy of Endobronchial Valve Therapy in Complex Treatment of Broncho-Pleural Fistulas. *Georgian Med News*. 2020;(306):73–76. PMID: 33130650.
23. Boyko VV, Tkachenko VV, Sochnieva AL, Kritsak VV. Modern view on the problem of acute pleural empyema surgical treatment. *Wiad Lek*. 2024;77(2):327–337. PMID: 38592997 <https://doi.org/10.36740/WLek202402121>.
24. Malkoc A, Gill H, Liu N, Nguyen DT, Phan AT, Nguyen A, et al. Bronchopulmonary Fistula Development in an Elderly Male With COVID-19 Infection. *Cureus*. 2022;14(11):e31686. PMID: 36561584 <https://doi.org/10.7759/cureus.31686>.
25. Hosna AU, Miller D. A Case of Bronchopleural Fistula and Hydropneumothorax in a Patient With Necrotizing Pneumonia Complicated by Mycobacterium avium Complex. *Cureus*. 2022;14(10):e30280. PMID: 36407137 <https://doi.org/10.7759/cureus.30280>.
26. Гостищев В.К., Хрупкин В.И., Теляшов А.Д., Золотарев Д.В., Неведов А.В., Милов В.Е. и др. Лечебный алгоритм при неспецифических эмпиемах плевры с бронхоплевральными свищами. In: *Сборник тезисов III Международного конгресса “Актуальные направления современной кардио-торакальной хирургии” (Санкт-Петербург, 26–30 июня 2013 г.)*. Saint Petersburg; 2013:120. (In Russ.)



27. Matveev VJ, Khasanov RM, Gayfullin RF, Galkov EM, Fakhrutdinov RN, Ibragimov AI. Combination surgical treatment of pleural empyema pleura using video-assisted thoracoscopy. *Practical medicine*. 2012;(8-2):111–116. (In Russ.)
28. Matveev VY, Khasanov RM. Videothoracoscopy in Surgical Treatment of Pleural Empyema. *Practical medicine*. 2012;(8-1):23–27. (In Russ.)
29. Lazarus DR, Casal RF. Persistent air leaks: a review with an emphasis on bronchoscopic management. *J Thorac Dis*. 2017;9(11):4660–4670. PMID: 29268535 <https://doi.org/10.21037/jtd.2017.10.122>
30. Mizumori Y, Nakahara Y, Hirata N, Hiraoka R, Kominami R, Hirano K, et al. Toward Easy and Rapid Bronchial Occlusion With an Endobronchial Watanabe Spigot: A New Technique Using a Guide Sheath and Curette. *J Bronchology Interv Pulmonol*. 2020;27(2):122–127. PMID: 31851015 <https://doi.org/10.1097/LBR.0000000000000642>.
31. Chuliev MS, Uglonov IM, Narbaev TT, Xotamov XN, Pulatov FT, Barotov FT, et al. Temporary Bronchial Occlusion in Fistulous Forms of Bacterial Lung Destruction in Children. *Progressing Aspects in Pediatrics and Neonatology*. 2018;1(1):16–20. <https://doi.org/10.32474/PAPN.2018.01.000105>
32. Drobyazgin EA, Chikinev YuV, Sudovykh IE. Endoscopic bronchial valve treatment of bronchopleural fistula and air leakage. *Pirogov Russian Journal of Surgery*. 2020;5(49–57). (In Russ.) <https://doi.org/10.17116/hirurgia202005149>
33. Gallyamov EA, Nikulin AV, Diduyev GI, Surkov AI, Horobrykh TV. Surgical Treatment of Bronchopleural Fistulas on the Background of Pleural Empyema. *Journal of Experimental and Clinical Surgery*. 2022;15:4:306–313. (In Russ.) <https://doi.org/10.18499/2070-478X-2022-15-4-306-313>.
34. Lin H, Wang Y, Lu D, Hong W, Wu W, Song D, et al. A novel method for the bronchial occlusion of prolonged air leakage using customized endobronchial plugs. *J Thorac Dis*. 2023;15(12):6419–6426. PMID: 38249896 <https://doi.org/10.21037/jtd-23-1053>.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

## Гасанов Али Магомедович

доктор медицинских наук, доцент, ведущий научный сотрудник отделения неотложной хирургии, эндоскопии и интенсивной терапии ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»; доцент кафедры хирургии и эндоскопии ПИУВ – филиала ФГБОУ ДПО РМАНПО МЗ РФ; <https://orcid.org/0000-0002-1994-2052>, [endogas@yandex.ru](mailto:endogas@yandex.ru);

40%: составление плана работы, основных пунктов статьи, описание методов эндоскопической окклюзии, редакционная работа

## Азизян Георгий Левонович

врач-эндоскопист ГБУЗ Московской области «Детский клинический центр им. Л.М. Рошаля»; <https://orcid.org/0009-0000-4103-327X>, [doctorgregaziz@gmail.com](mailto:doctorgregaziz@gmail.com);

25%: написание текста статьи, систематизация, сбор и анализ материала, сопоставление со списком литературы

## Ярцев Петр Андреевич

доктор медицинских наук, профессор, руководитель отделения неотложной хирургии, эндоскопии и интенсивной терапии ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»; <https://orcid.org/0000-0003-1270-5414>, [yartsevpa@sklif.mos.ru](mailto:yartsevpa@sklif.mos.ru);

20%: редакторская работа над публикацией, структурирование, коррекция текста и схемы статьи

## Золотарев Дмитрий Викторович

кандидат медицинских наук, врач-торакальный хирург, старший научный сотрудник отдела неотложной хирургии, эндоскопии и интенсивной терапии ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»;

<https://orcid.org/0009-0002-7384-2818>, [zolotarevzv@sklif.mos.ru](mailto:zolotarevzv@sklif.mos.ru);

15%: редакторская работа, внесение корректив и написание хирургической части статьи

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

## Temporary Endobronchial Occlusion in the Complex Treatment for Pleural Empyema with Bronchopleural Fistula

A.M. Gasanov<sup>1, 2</sup> ✉, G.L. Azizyan<sup>3</sup>, P.A. Yartsev<sup>1</sup>, D.V. Zolotarev<sup>1</sup>

Department of Emergency Surgery, Endoscopy, and Intensive Care

<sup>1</sup> N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine

Bolshaya Sukharevskaya Sq. 3, Moscow, Russian Federation 129090

<sup>2</sup> Penza Institute of Advanced Medical Training – branch of the Russian Medical Academy of Continuous Professional Education

Stasov Str. 8A, Penza, Russian Federation 440060

<sup>3</sup> L.M. Roshal Children's Clinical Center

Children's Clinical Center Territory bldg. 1, Krasnogorsk District, Moscow Region, Russian Federation 142117

✉ **Contacts:** Ali M. Gasanov, Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Leading Researcher, Department of Emergency Surgery, Endoscopy, and Intensive Care, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; Associate Professor, Department of Surgery and Endoscopy, Penza Institute of Advanced Medical Training – branch of the Russian Medical Academy of Continuous Professional Education. Email: [endogas@yandex.ru](mailto:endogas@yandex.ru)

**ABSTRACT** This article presents data from systemic reviews on the incidence of purulent complications leading to bronchial fistula formation, confirming the relevance of this research. The full range of diagnostic procedures for bronchial fistulas using endoscopic and radiographic techniques is presented. The results of using all possible endobronchial occluders for sealing air leaks from bronchopleural fistulas are also presented. The advantages and disadvantages of each of the presented occluders are described in detail. A vector for further development of optimal systems for bronchial occlusion in bronchopleural fistulas was identified.

**Keywords:** pleural empyema, bronchopleural fistula, bronchial anastomosis, occluder, bronchial occlusion, bronchial blocker, endobronchial valve

For citation Gasanov AM, Azizyan GL, Yartsev PA, Zolotarev DV. Temporary Endobronchial Occlusion in the Complex Treatment for Pleural Empyema with Bronchopleural Fistula. *Russian Sklifosovsky Journal of Emergency Medical Care*. 2025;14(4):820–827. <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2025-14-4-820-827> (in Russ.)

**Conflict of interest** Authors declare lack of the conflicts of interests

**Acknowledgments, sponsorship** The study has no sponsorship

## Affiliations

Ali M. Gasanov	Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Leading Researcher, Department of Emergency Surgery, Endoscopy, and Intensive Care, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; Associate Professor, Department of Surgery and Endoscopy, Penza Institute of Advanced Medical Training – branch of the Russian Medical Academy of Continuous Professional Education <a href="https://orcid.org/0000-0002-1994-2052">https://orcid.org/0000-0002-1994-2052</a> , endogas@yandex.ru; 40%, drafting the work plan, main points of the article, description of endoscopic occlusion methods, editorial work
Georgy L. Azizyan	Endoscopist, L.M. Roshal Children's Clinical Center; <a href="https://orcid.org/0009-0000-4103-327X">https://orcid.org/0009-0000-4103-327X</a> , doctorgregaziz@gmail.com; 25%, writing the article, systematization, collection and analysis of the material, comparison with the reference list
Petr A. Yartsev	Doctor of Medical Sciences, Professor, Head, Department of Emergency Surgery, Endoscopy, and Intensive Care, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; <a href="https://orcid.org/0000-0003-1270-5414">https://orcid.org/0000-0003-1270-5414</a> , yartsevpa@sklif.mos.ru; 20%, editing, structuring, proofreading, correction of the layout of the article
Dmitry V. Zolotarev	Candidate of Medical Sciences, Thoracic Surgeon, Senior Researcher, Department of Emergency Surgery, Endoscopy, and Intensive Care, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; <a href="https://orcid.org/0009-0002-7384-2818">https://orcid.org/0009-0002-7384-2818</a> , zolotarevdy@sklif.mos.ru; 15%, editing, proofreading, writing of the surgical portion of the article

**Received on 09.01.2025****Review completed on 18.04.2025****Accepted on 30.09.2025****Поступила в редакцию 09.01.2025****Рецензирование завершено 18.04.2025****Принята к печати 30.09.2025**