

© К.В. Лядов<sup>1</sup>, А.Н. Москаленко<sup>2</sup>, Ю.Е. Копычев<sup>1</sup>, Н.А. Хороненко<sup>1</sup>,  
Н.В. Марков<sup>3</sup>, В.К. Лядов<sup>2,4,5</sup>

## Селективная трансартериальная радиоэмболизация с изотопом иттрия-90 при метастатическом поражении печени: серия наблюдений

<sup>1</sup>Общество с ограниченной ответственностью «Московский центр восстановительного лечения», Москва, Российская Федерация<sup>2</sup>Государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Государственная клиническая больница имени С.С. Юдина» Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Российская Федерация<sup>3</sup>Общество с ограниченной ответственностью «БЕБИГ», Москва, Российская Федерация<sup>4</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного постдипломного образования «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Российская Федерация<sup>5</sup>Новокузнецкий государственный институт усовершенствования врачей — филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения дополнительного постдипломного образования «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Новокузнецк, Российская Федерация© Konstantin V. Lyadov<sup>1</sup>, Aleksei N. Moskalenko<sup>2</sup>, Yury E. Kopychev<sup>1</sup>, Nikita A. Khoronenko<sup>1</sup>,  
Nikolay V. Markov<sup>3</sup>, Vladimir K. Lyadov<sup>2,4,5</sup>

## Selective Transarterial Yttrium-90 Radioembolization for Hepatic Metastases: A Case Series

<sup>1</sup>Limited Liability Company Moscow Center for Rehabilitation Treatment, Moscow, the Russian Federation<sup>2</sup>Moscow City Hospital named after S.S. Yudin, Moscow, the Russian Federation<sup>3</sup>Limited Liability Company BEBIG, Moscow, the Russian Federation<sup>4</sup>Federal State Budgetary Educational Institution of Additional Professional Education Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, the Russian Federation<sup>5</sup>Novokuznetsk State Institute for Advanced Medical Studies — branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Additional Professional Education Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Novokuznetsk, the Russian Federation

**Введение.** Трансартериальная радиоэмболизация (ТАРЭ) с использованием изотопа иттрия-90 является перспективным методом локального воздействия при поражении печени злокачественными опухолями различного гистологического строения. В работе приводятся начальные результаты применения данной методики у девяти пациентов с нерезектабельным билобарным метастатическим процессом в печени.

**Цель.** Обобщение опыта выполнения ТАРЭ у больных с метастатическим поражением печени злокачественными опухолями различного гистологического строения.

**Материалы и методы.** С декабря 2023 по октябрь 2024 г. в ООО «Московский центр восстановительного лечения» выполнено девять процедур ТАРЭ с иттрием-90 (<sup>90</sup>Y) у пациентов с метастазами колоректального рака (5), рака молочной железы (2), желудка (1), меланомы увеальной оболочки глаза (1). Показанием являлась непереносимость или неэффективность лекарственной терапии (от 1 до 3 линий) при удовлетворительном функциональном состоянии пациентов (ECOG 0-1). ТАРЭ проводилась микро-сферами с радиоизотопом <sup>90</sup>Y с энергией 1–1,3 Гбк.

**Результаты.** Хирургических осложнений и летальных исходов не было. У двух пациентов отмечены умеренные тошнота и дискомфорт в правом подреберье, купированные медикаментозно. При медиане наблюдения 6,5 (3–11) мес. у семи из девяти пациентов достигнута стабилизация про-

**Introduction.** Transarterial radioembolization (TARE) with yttrium-90 represents an emerging locoregional therapy for hepatic malignancies of diverse histopathological origins. We present preliminary outcomes from nine patients with unresectable bilobar hepatic metastases treated with this modality.

**Aim.** To summarize our initial clinical experience with TARE in patients with histologically varied metastatic liver lesions.

**Materials and Methods.** Between December 2023 and October 2024, nine TARE procedures using yttrium-90 (<sup>90</sup>Y) microspheres (1-1.3 GBq) were performed at Moscow Center for Restorative Treatment LLC. The cohort included metastases from colorectal (n=5), breast (n=2), gastric (n=1), and uveal melanoma (n=1) primaries. All patients had ECOG performance status 0-1 and demonstrated intolerance or insufficient response to 1-3 lines of prior systemic therapy.

**Results.** No procedure-related mortality or major complications occurred. Two patients experienced moderate, medically managed nausea and right subcostal region discomfort. At median follow-up of 6.5 months (range 3-11), disease stabilization was achieved in seven patients (77.8 %). Two patients exhibit-

цесса. У двух пациентов при контрольном исследовании через три месяца отмечено увеличение прежних и появление новых метастатических очагов.

**Выводы.** ТАРЭ с  $^{90}\text{Y}$  продемонстрировала приемлемые показатели безопасности при использовании в группе пациентов с множественными метастазами в печени различного гистологического строения в рамках комбинированного подхода к лечению. Эффективность данной методики требует дальнейших исследований.

**Ключевые слова:** метастазы в печени; нерезектабельные метастазы; радиоэмболизация; иттрий-90; комбинированные методы лечения

**Для цитирования:** Лядов К.В., Москаленко А.Н., Копычев Ю.Е., Хороненко Н.А., Марков Н.В., Лядов В.К. Селективная трансартериальная радиоэмболизация с изотопом иттрия-90 при метастатическом поражении печени: серия наблюдений. *Вопросы онкологии*. 2025; 71(4): 776-781.-DOI: 10.37469/0507-3758-2025-71-4-OF-2248

✉ Контакты: Москаленко Алексей Николаевич, mansurgkokod@gmail.com

## Введение

Комбинация резекции печени и лекарственной терапии — наиболее распространенный и эффективный способ лечения первичных и вторичных злокачественных опухолей печени. В то же время доля резектабельных опухолей невелика и, например, при метастатическом колоректальном раке (мКРР) составляет около 15 % [1]. Одной из методик обеспечения локального контроля (ЛК) при нерезектабельных злокачественных опухолей печени является трансартериальная радиоэмболизация (ТАРЭ) с  $\beta$ -радиоактивным изотопом иттрия-90 ( $^{90}\text{Y}$ ). Максимальная энергия частиц  $^{90}\text{Y}$  равна 2,27 МэВ, период полураспада — 64,2 ч, пробег  $\beta$ -частиц в тканях не превышает 1 см, а энергия изотопа в 1 Бк составляет дозу облучения в 50 Гр/кг.

Первое исследование противоопухолевого эффекта радиоактивного изотопа иттрия-90 было представлено в Японии в 1964 г. [2]. В 1977 г.  $^{90}\text{Y}$  был использован для трансартериального введения при лечении опухолей печени [3]. В настоящее время ТАРЭ выполняется путем введения взвеси микросфер селективно в сегментарные артерии печени, что позволяет добиться, с одной стороны, эмболизации артериол, питающих опухоль, а с другой — лучевого воздействия на опухоль [4].

В последние годы было проведено несколько метаанализов, посвященных эффективности применения ТАРЭ при опухолях различного гистологического строения. Так, в метаанализе Sugumar и соавт. 2024 г. были изучены 14 исследований у пациентов с нерезектабельными метастазами КРР: сочетание ТАРЭ и лекарственной терапии обеспечило показатель трехлетней общей выживаемости (ОВ) 21 %, что не позволило сделать вывод о преимуществах методики над системным лекарственным лечением [5]. Fidelman и соавт. изучили результаты применения ТАРЭ с  $^{90}\text{Y}$  у 42

пациентов с различными опухолями желудочно-кишечного тракта, показав значимые преимущества применения метода в когорте больных с метастазами нейроэндокринных опухолей в печени [6]. Наконец, постепенно накапливаются данные о возможностях использования данной методики при метастатическом раке молочной железы (РМЖ). Так, Sabet и соавт. в 2019 г. изучили результаты ТАРЭ с  $^{90}\text{Y}$  у 25 пациенток и показали, что при хорошем раннем метаболическом ответе метастазов на лечение (снижение, по данным ПЭТ-КТ с  $^{18}\text{F}$ -фтордезоксиглюкозой SUVmax, не менее чем на 50 % от исходного через 4 нед. после выполнения ТАРЭ) медиана ОВ может достигать 13 мес. [7]

**Conclusion.** Yttrium-90 TARE demonstrated favorable safety outcomes in this heterogeneous cohort of patients with multiple hepatic metastases as part of a combined treatment approach. Further investigation is required to establish efficacy of this technique.

**Keywords:** liver metastases; unresectable metastases; radioembolization; yttrium-90; combined treatment

**For Citation:** Konstantin V. Lyadov, Aleksei N. Moskalenko, Yury E. Kopychev, Nikita A. Khoronenko, Nikolay V. Markov, Vladimir K. Lyadov. Selective transarterial yttrium-90 radioembolization for hepatic metastases: A case series. *Voprosy Onkologii = Problems in Oncology*. 2025; 71(4): 776-781.-DOI: 10.37469/0507-3758-2025-71-4-OF-2248

пациентов с различными опухолями желудочно-кишечного тракта, показав значимые преимущества применения метода в когорте больных с метастазами нейроэндокринных опухолей в печени [6]. Наконец, постепенно накапливаются данные о возможностях использования данной методики при метастатическом раке молочной железы (РМЖ). Так, Sabet и соавт. в 2019 г. изучили результаты ТАРЭ с  $^{90}\text{Y}$  у 25 пациенток и показали, что при хорошем раннем метаболическом ответе метастазов на лечение (снижение, по данным ПЭТ-КТ с  $^{18}\text{F}$ -фтордезоксиглюкозой SUVmax, не менее чем на 50 % от исходного через 4 нед. после выполнения ТАРЭ) медиана ОВ может достигать 13 мес. [7]

Первый в России случай описания ТАРЭ микросферами зарубежного производства у пациентов с метастатическим поражением печени мКРР и гепатоцеллюлярном раком (ГЦР) был опубликован в 2014 г. специалистами из РНЦРХТ им. акад. А.М. Гранова [8]. ТАРЭ с применением микросфер с  $^{90}\text{Y}$  отечественного производства (ООО «БЕБИГ») была выполнена у пациента с ГЦР в 2019 г. в МРНЦ им. А.Ф. Цыба [9], в последующем были представлены результаты лечения ряда пациентов с первичными опухолями печени [10]. Учитывая противоречивые данные об эффективности ТАРЭ с  $^{90}\text{Y}$ , а также ведущую в нашем коллективе работу по оценке эффективности различных методов локального контроля при олигометастазах рака толстой кишки в печени [11, 12], считаем необходимым представить начальные результаты применения данной методики у пациентов с диссеминированным метастатическим процессом при отсутствии возможностей лекарственной терапии.

## Материалы и методы

С декабря 2023 по октябрь 2024 г. в ООО «Московский центр восстановительного лечения»

было выполнено девять процедур ТАРЭ печени с изотопом  $^{90}\text{Y}$ . Принятие решения о проведении ТАРЭ осуществлялось в рамках междисциплинарного онкологического консилиума и было основано на наличии у пациентов распространенного нерезектабельного метастатического процесса в печени и/или отсутствии резервов лекарственной терапии в связи с ее неэффективностью или непереносимостью. Клиническая характеристика пациентов представлена в табл. 1.

Показаниями к ТАРЭ стали множественные метастазы рака толстой кишки в пяти случаях, молочной железы — в двух, желудка и меланомы хориоидеи — по одному случаю. Все пациенты находились в функциональном статусе ECOG 0-1 и ранее перенесли от одной до трех линий химиотерапии. Первичная опухоль была удалена на предшествующих этапах лечения у пациентов №№ 2 и 7. У пациента № 4 на начальном этапе лечения была выполнена паллиативная резекция толстой кишки. У всех больных наблюдались множественные нерезектабельные билобарные метастазы в печени различного размера. Отмечавшиеся у пациентов №№ 2, 6 и 8 внепеченочные метастазы были стабильны благодаря лекарственной терапии. Основным методом диагностики распространенности опухолевого

процесса служила ПЭТ-КТ. Для оценки внутрипеченочного распространения опухолевого процесса использовалась МСКТ с внутривенным контрастированием.

Таким образом, ТАРЭ проводилась разнородной группе больных, которую объединяло множественное разнокалиберное метастатическое поражение печени, наличие в анамнезе не менее одной линии полихимиотерапии, отсутствие объективного ответа на лекарственную терапию со стороны очагов в печени или разнонаправленная их динамика.

Для выполнения процедуры ТАРЭ в качестве источников радиоактивного излучения применялись микросферы из иттрий-алюмосиликатного стекла диаметром  $25 \pm 5$  мкм производства ООО «БЕБИГ» (патент РФ № 2454377). Доза препарата рассчитывалась индивидуально по формуле: активность (ГБк) = площадь поверхности тела (ППТ)–0,2 + (объем опухоли — объем здоровой печени). Объем опухоли и объем здоровой паренхимы печени рассчитывались по КТ с внутривенным контрастным усилением. Площадь поверхности тела пациента (ППТ) рассчитывалась по формуле Дюбуа:  $\text{ППТ} = 0,007184 \times \text{вес (кг)}^{0,425} \times \text{рост (см)}^{0,725}$ . Энергия изотопов при лечении пациентов данной

**Таблица 1. Характеристика пациентов**

№	Пол	Возраст, лет	Первичная опухоль	Характеристика метастазов	Внепеченочные метастазы
1	Муж.	63	Колоректальный рак	Синхронные	Нет
2	Муж.	69	Меланома хориоидеи	Метахронные	Легкое
3	Муж.	42	Рак желудка	Синхронные	Нет
4	Муж.	69	Колоректальный рак	Синхронные	Нет
5	Жен.	67	Колоректальный рак	Синхронные	Нет
6	Жен.	61	Рак молочной железы	Синхронные	Кости
7	Жен.	63	Рак молочной железы	Метахронные	Нет
8	Муж.	57	Колоректальный рак	Синхронные	Селезенка
9	Жен.	66	Колоректальный рак	Синхронные	Нет

**Table 1. Patient Characteristics**

No	Gender	Age, years	Primary Tumor	Metastases Characteristics	Extrahepatic metastases
1	Male	63	Colorectal cancer	Synchronous	None
2	Male	69	Choroidal melanoma	Metachronous	Lung
3	Male	42	Gastric cancer	Synchronous	None
4	Male	69	Colorectal cancer	Synchronous	None
5	Female	67	Colorectal cancer	Synchronous	None
6	Female	61	Breast cancer	Synchronous	Bones
7	Female	63	Breast cancer	Metachronous	None
8	Male	57	Colorectal cancer	Synchronous	Spleen
9	Female	66	Colorectal cancer	Synchronous	None

группы составляла 1–1,3 ГБк, что позволяло достичь дозы, эквивалентной 50 Гр на очаг.

ТАРЭ выполнялась в два этапа. Первый этап — диагностический, при котором использовался изотоп технеция ( $^{99m}\text{Tc}$ ), второй — лечебный, при котором использовались радиоактивные микросферы с  $^{90}\text{Y}$ . Вмешательство выполнялось в условиях рентгеноперационной с помощью передвижной рентгеновской системы Siemens Cios Select. Катетеризация бедренной или плечевой артерии по Сельдингеру проводилась под местной анестезией. После пункции бедренной или плечевой артерии выполнялась селективная катетеризация печеночной артерии при помощи диагностических катетеров Judkins right 5 fr (125 см) и *heah hunter* 5 fr (125 см) и проводников Guid Wire (J-образный 0,035–260 см) и *uniquel* (0.035 *uniquel* 260 см). Обзорная субтракционная ангиография выполнялась с контрастным препаратом Омнипак 350. Следующим этапом использовался меченный  $^{99m}\text{Tc}$  альбумин (Макротех  $^{99m}\text{Tc}$ ). Эффект накопления  $^{99m}\text{Tc}$  в опухолевой ткани оценивали с помощью ОФЭКТ Siemens Evo Excel с использованием программ совмещения изображений и программ определения активности введенного изотопа. Исследование служило для уточнения оценки интенсивности накопления радиофармпрепарата, что важно для расчета дозы  $^{90}\text{Y}$ , поиска артериовенозных шунтов в печени и патологического сброса в легочную или пищеварительную системы. При наличии значимых артериовенозных шунтов выполнялась их эмболизация микроспиралями Vortex Diamond –18.

В нашем исследовании непосредственно ТАРЭ микросферами с  $^{90}\text{Y}$  выполнялась в среднем через 2 нед. Катетеризировалась одна из ранее выбранных питающих артерий с последующим струйным введением микросфер с  $^{90}\text{Y}$  на протяжении 5–10 с.

### Результаты

У двоих пациентов в послеоперационном периоде отмечались тошнота и дискомфорт в правом подреберье, однако нежелательных явлений третьей степени и выше по классификации СТСАЕ 5.0 [13] не было. Эффективность терапии оценивали через 3 и 6 мес. после процедуры путем проведения МСКТ органов брюшной полости с внутривенным контрастированием.

При контрольном исследовании через 3 мес. у семи пациентов достигнута стабилизация, у двух отмечено прогрессирование заболевания в виде увеличения объема метастатического поражения печени и появления метастазов в легких, у пяти пациентов метастатические очаги стабильны через 6 мес.

### Обсуждение

Применение методов локального воздействия и контроля при диссеминированном опухолевом поражении печени, особенно при наличии внепеченочных метастатических очагов, является спорным, однако активно изучаемым вопросом. Повышение эффективности системной лекарственной терапии и возможность достичь стабилизации даже при далеко зашедшем метастатическом процессе позволяет говорить о роли локального контроля в данной категории пациентов при раке различной первичной локализации.

За последние пять лет в мире накоплен ряд исследований, посвященных анализу результатов применения ТАРЭ с  $^{90}\text{Y}$  при первичных и вторичных опухолях печени, что позволило представить несколько систематических обзоров литературы. Нередко опубликованные результаты этих работ достаточно противоречивы.

Так, в крупном исследовании Edeline и соавт. (3990 пациентов с нерезектабельным местнораспространенным процессом) была поставлена цель оценить эффективность различных методов обеспечения ЛК при внутривенной холангиокарциноме. Применение ТАРЭ (1232 пациента) позволило достичь медианы ОВ в 14,1 мес. — несколько ниже, чем при использовании других эндоваскулярных или чрескожных методик — однако группы пациентов в анализируемых работах оказались практически несопоставимы [14]. В работе Schartz и соавт. была прицельно изучена эффективность ТАРЭ в аналогичной группе из 921 пациента: удалось добиться перевода опухоли в резектабельное состояние у 11 % пациентов при медиане ОВ 12,7 мес. [15].

Метаанализ Lemieux и соавт. включил восемь исследований и 1439 больных, которым ТАРЭ с  $^{90}\text{Y}$  проводилось по поводу нерезектабельного гепатоцеллюлярного рака [16]. Отдаленные результаты лечения в сравнении со стандартной терапией не были улучшены (ОШ 0,99 [95 % ДИ 0,81–1,21], однако была отмечена меньшая частота токсичности  $\geq 3$  степени (ОР 0,64 [95 % ДИ 0,45–0,92]). Метаанализ Chow и соавт. включал 24 рандомизированных и квазирандомизированных исследования и 5547 больных и также не позволил выявить очевидных преимуществ в отношении показателя общей выживаемости при использовании стереотаксической радиотерапии, радиочастотной абляции, ТАРЭ и трансартериальной химиоэмболизации (ТАХЭ) при нерезектабельном гепатоцеллюлярном раке [17].

Результаты ТАРЭ при метастатическом поражении печени еще более противоречивы. Как вышеупомянутый систематический обзор Sugumar и соавт. [5], так и метаанализ Zhao и соавт. сви-

детельствуют, что применение ТАРЭ с  $^{90}\text{Y}$  при нерезектабельных метастазах рака толстой кишки в печени не позволяет добиться преимуществ по показателям выживаемости над, например, сочетанием системной лекарственной терапии и химиоэмболизации [18]. В то же время особенностью применения как ТАРЭ, так и химиоэмболизации при метастатическом поражении печени является чрезвычайная гетерогенность пациентов в отношении числа линий системного лечения и применения тех или иных таргетных препаратов. Фактически на сегодняшний день место ТАРЭ с  $^{90}\text{Y}$  в лечении вторичных нерезектабельных опухолей печени не определено.

Преобладание в изученной нами серии наблюдений пациентов с колоректальным раком объясняется наличием большего опыта применения ТАРЭ с  $^{90}\text{Y}$  именно при данной локализации первичной опухоли. Следует сказать, что основной задачей исследования является оценка технической возможности и безопасности применения методики при диссеминированном метастатическом процессе в печени на фоне удовлетворительного состояния пациентов и отсутствия эффективных резервов системной лекарственной терапии. С нашей точки зрения, достигнутые результаты: стабилизация опухолевого процесса на 6 мес. у семи из девяти пациентов и отсутствие тяжелой токсичности — позволяют рассмотреть возможность более широкой многоцентровой оценки потенциала ТАРЭ с  $^{90}\text{Y}$  в отечественной клинической практике. Важным обстоятельством является то, что семь из девяти пациентов смогли продолжить системную терапию через 3–4 нед. после вмешательства. Двое пациентов ранее страдали от непереносимой токсичности химиотерапии и отказались от дальнейшего лекарственного лечения.

### Заключение

ТАРЭ с  $^{90}\text{Y}$  продемонстрировала приемлемые показатели безопасности при использовании в группе пациентов с множественными метастазами в печени различного гистологического строения в рамках комбинированного подхода к лечению. Эффективность данной методики требует дальнейших исследований.

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

#### Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики

Все процедуры с вовлечением больных были проведены в соответствии с Хельсинкской декларацией по правам человека в редакции 2013 г. Проведение данной работы одобрено локальным этическим комитетом МЦВЛ,

протокол № 1 от 20.01.2025. Все больные подписывали информированное согласие на участие в исследовании. *Compliance with patient rights and principles of bioethics* All procedures performed in studies involving human participants were in accordance with the ethical standards of Declaration of Helsinki Protocol (2013). The study protocol received approval from the Institutional Ethics Committee of the Moscow Center for Rehabilitation Treatment (Protocol No. 1, January 20, 2025). Written informed consent was obtained from all participants prior to their inclusion in the study.

#### Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

#### Funding

The work was performed without external funding.

#### Участие авторов

Авторы декларируют соответствие своего авторства международным критериям ICMJE.

Лядов К.В. — идея публикации, научное редактирование; Москаленко А.Н. — обзор публикаций по теме статьи, техническое редактирование, оформление библиографии, написание текста статьи, анализ и интерпретация данных; Копычев Ю.Е. — введение и лечение пациентов, сбор материала исследования;

Хороненко Н.А. — введение и лечение пациентов, сбор материала исследования;

Марков Н.В. — техническое редактирование;

Лядов В.К. — анализ и интерпретация данных, научное редактирование.

Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы.

#### Authors' contributions

The authors confirm compliance with the International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE) authorship criteria.

Lyadov K.V. — study conception, scientific editing;

Moskalenko A.N. — literature review, technical editing, reference management, manuscript drafting, data analysis and interpretation;

Kopychev Yu.E. — patient management, clinical data collection;

Khoronenko N.A. — patient management, clinical data collection;

Markov N.V. — technical editing;

Lyadov V.K. — data analysis and interpretation, scientific editing.

All authors have approved the final version of the article before publication, agreed to assume responsibility for all aspects of the work, implying proper review and resolution of issues related to the accuracy or integrity of any part of the work.

### ЛИТЕРАТУРА/ REFERENCES

1. Adam R., De Gramont A., Figueras J., et al. The oncosurgery approach to managing liver metastases from colorectal cancer: a multidisciplinary international consensus. *Oncologist*. 2012; 17(10): 1225–1239. DOI: 10.1634/theoncologist.2012-0121.
2. Asakura H. Intratumoral injection therapy with Yttrium-90 chloride colloid. *Nihon Igaku Hoshasen Gakkai Zasshi*. 1964; 23: 1493–1509.
3. Grady E.D., Nolan T.R., Crumbley A.J., Rosen A.R. Internal radiation therapy of liver cancer (90-Yttrium resin spheres in-

- tra-arterially) to supplement external radiation therapy, local and systemic chemotherapy. *J Med Assoc Ga.* 1977; 66 (8): 625–629.
4. Tong A.K., Kao Y.H., Too C.W., et al. Yttrium-90 hepatic radioembolization: clinical review and current techniques in interventional radiology and personalized dosimetry. *Br J Radiol.* 2016; 89 (1062): 20150943.-DOI: 10.1259/bjr.20150943.
  5. Sugumar K., Stitzel H., Wu V., et al. Outcomes of hepatic artery-based therapies and systemic multiagent chemotherapy in unresectable colorectal liver metastases: a systematic review and meta-analysis. *Ann Surg Oncol.* 2024; 31(7): 4413–4426.-DOI: 10.1245/s10434-024-15187-y.
  6. Fidelman N., Kerlan R.K.Jr, Hawkins R.A., et al. Radioembolization with <sup>90</sup>Y glass microspheres for the treatment of unresectable metastatic liver disease from chemotherapy-refractory gastrointestinal cancers: final report of a prospective pilot study. *J Gastrointest Oncol.* 2016; 7 (6): 860–874.-DOI: 10.21037/jgo.2016.08.04.
  7. Sabet A., Ries M., Al-Khalaf Y, et al. Early metabolic response assessment of breast cancer liver metastases: 4-week posttreatment FDG PET predicts survival after <sup>90</sup>Y microsphere radioembolization. *Nuklearmedizin.* 2019; 58(3): 242–248.-DOI: 10.1055/a-0891-7650.
  8. Tarazov P.G., Polikarpov A.A., Ivanova A.A. Arterial radioembolization of liver malignancies with yttrium-90 glass microspheres: first experience. *Diagnostic and Interventional Radiology.* 2014; 8(4): 59–66.-DOI: 10.25512/DIR.2014.08.4.06.
  9. Каприн А.Д., Иванов С.А., Кучеров В.Б., et al. Радиоэмболизация печени: новая глава в отечественной онкологии. *Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии.* 2019; 29 (5): 7–12.-DOI: 10.22416/1382-4376-2019-29-5-7-12. [Каприн А.Д., Иванов С.А., Кучеров В.В., et al. Liver radioembolization: a new chapter in russian oncology. *Russian Journal of Gastroenterology, Hepatology, Coloproctology.* 2019; 29 (5): 7–12, DOI: 10.22416/1382-4376-2019-29-5-7-12 (In Rus)].
  10. Каприн А.Д., Иванов С.А., Кучеров В.В., et al. Радиоэмболизация печени: исторические очерки и первые отечественные результаты. *Онкология. Журнал им. П.А. Герцена.* 2021; 10 (5): 5–12.-DOI: 10.17116/onkolog2021100515. [Каприн А.Д., Иванов С.А., Кучеров В.В., et al. Liver radioembolization: historical essays and the first Russian results. *P.A. Herzen Journal of Oncology.* 2021; 10 (5): 5–12. DOI: 10.17116/onkolog2021100515 (In Rus)].
  11. Лядов В.К., Москаленко А.Н., Брицкая Н.Н. Лапароскопические резекции печени и ободочной кишки при синхронных метастазах колоректального рака: серия наблюдений. *Современная Онкология.* 2022; 24(1): 61–65.-DOI: 10.2644/2/18151434.2022.1.201433. [Lyadov V.K., Moskalenko A.N., Britskaia N.N. Laparoscopic resections of the liver and the colon in patients with synchronous colorectal metastases: a case series. *Journal of Modern Oncology.* 2022; 24(1): 60–5.-DOI: 10.26442/18151434.2022.1.201433 (In Rus)].
  12. Москаленко А.Н., Черных М.В., Сагайдак И.В., et al. Сравнительный анализ результатов стереотаксической радиотерапии и резекции печени при солитарных метастазах рака толстой кишки в печени. *Московский хирургический журнал.* 2024; (2): 44–51.-DOI: 10.17238/2072-3180-2024-2-44-51. [Moskalenko A.N., Chernykh M.V., Sagaydak I.V., et al. Stereotactic body radiotherapy vs surgery in solitary colorectal cancer metastases. *Moscow Surgical Journal.* 2024; (2): 44–51.-DOI: 10.17238/2072-3180-2024-2-44-51 (In Rus)].
  13. Freites-Martinez A., Santana N., Arias-Santiago S., Viera A. Using the common terminology criteria for adverse events (CTCAE — Version 5.0) to evaluate the severity of adverse events of anticancer therapies. CTCAE versión 5.0. Evaluación de la gravedad de los eventos adversos dermatológicos de las terapias antineoplásicas. *Actas Dermosifiliogr* (Engl Ed). 2021; 112 (1): 90–92. DOI: 10.1016/j.ad.2019.05.009.
  14. Edeline J., Lamarca A., McNamara M.G., et al. Locoregional therapies in patients with intrahepatic cholangiocarcinoma: A systematic review and pooled analysis. *Cancer Treat Rev.* 2021; 99: 102258.-DOI: 10.1016/j.ctrv.2021.102258.
  15. Schartz D.A., Porter M., Schartz E., et al. Transarterial yttrium-90 radioembolization for unresectable intrahepatic cholangiocarcinoma: A systematic review and meta-analysis. *J Vasc Interv Radiol.* 2022; 33 (6): 679–686.-DOI: 10.1016/j.jvir.2022.02.016.
  16. Lemieux S., Buies A., F Turgeon A., et al. Effect of Yttrium-90 transarterial radioembolization in patients with non-surgical hepatocellular carcinoma: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One.* 2021; 16 (3): e0247958.-DOI: 10.1371/journal.pone.0247958.
  17. Chow R., Simone C.B. 2nd, Jairam M.P., et al. Radiofrequency ablation vs radiation therapy vs transarterial chemoembolization vs yttrium 90 for local treatment of liver cancer — a systematic review and network meta-analysis of survival data. *Acta Oncol.* 2022; 61 (4): 484–494.-DOI: 10.1080/0284186X.2021.2009563.
  18. Zhao J.J., Tan E., Sultana R., et al. Intra-arterial therapy for unresectable colorectal liver metastases: A meta-analysis. *J Vasc Interv Radiol.* 2021; 32 (11): 1536–1545.e38.-DOI: 10.1016/j.jvir.2021.05.032.

Поступила в редакцию / Received / 15.01.2025

Прошла рецензирование / Reviewed / 09.04.2025

Принята к печати / Accepted for publication / 19.06.2025

### Сведения об авторах / Author Information / ORCID

Константин Викторович Лядов / Konstantin.V. Lyadov / ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6972-7740>; eLibrary SPIN: 372560; Author ID (Scopus): 36965508100.

Алексей Николаевич Москаленко / Aleksei.N. Moskalenko / ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2499-6637>; eLibrary SPIN: 8087-1930; Researcher ID (WOS): LQK-0490-2024; RSCI AuthorID: 1197316; Scopus Author ID: 57694272100.

Юрий Евгеньевич Копычев / Yury. E. Kopychev / ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0007-5500-0699>.

Никита Андреевич Хороненко / Nikita. A. Khoronenko / ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1676-0883>.

Николай Владимирович Марков / Nikolay V. Markov / ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9743-714X>; eLibrary SPIN: 6364-9569; RSCI AuthorID: 184694; Scopus Author ID: 18037713900.

Владимир Константинович Лядов / Vladimir.K. Lyadov / ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7281-3591>; eLibrary SPIN: 5385-7889; Scopus ID 57218552793; WoS ResearcherID: AAA-3897-2019; RSCI AuthorID: 642364.

