

ISSN 1814-6023 (Print)

ISSN 2524-2350 (Online)

УДК [616.98:578.826]-022.3(476)

<https://doi.org/10.29235/1814-6023-2025-22-4-344-352>

Поступила в редакцию 16.08.2024

Received 16.08.2024

**Н. В. Поклонская¹, Т. В. Амвросьева¹, Ю. Б. Колтунова¹, И. В. Бельская¹,
А. С. Аринович¹, Е. П. Кишкуро², О. Н. Казинец¹**

*¹Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья, Минск,
Республика Беларусь*

²Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Республика Беларусь

ОСОБЕННОСТИ ЦИРКУЛЯЦИИ АДЕНОВИРУСОВ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ И ИХ ДОМИНИРУЮЩИЕ ГЕНОТИПЫ

Аннотация. В настоящей работе представлены результаты изучения особенностей циркуляции аденоовирусов (АдВ) в Республике Беларусь.

Исследовано 1 218 проб сточных вод, 2 383 пробы биологического материала от пациентов с различными клиническими формами заболеваемости АдВ, в том числе 1 579 проб от пациентов с острым гастроэнтеритом и 804 пробы от реципиентов гемопоэтических стволовых клеток (ГСК) с посттрансплантационными осложнениями. Все пробы отбирались на протяжении 2020–2022 гг. ежемесячно.

ДНК АдВ выявлена в 297 (24,38 %) пробах сточных вод. Количественные уровни аденоовирусной ДНК находились в диапазоне от 10^3 до 10^{11} ГЭ/пробу, что свидетельствует о высоком уровне циркуляции АдВ в популяции.

ДНК АдВ (вида АдВ F) выявлена у 85 (5,38 %) пациентов всех возрастов с острым гастроэнтеритом (ОГЭ), у детей 6–17 лет частота детекции АдВ F достигала 12 %. Анализ сезонных закономерностей показал, что частота выявления ДНК АдВ в биологическом материале и сточных водах возрастала с июля по декабрь, а с января по май наблюдалось ее снижение.

При изучении роли аденоовирусной инфекции в развитии посттрансплантационных осложнений у реципиентов органов и клеток ДНК АдВ была выявлена у 13,92 % реципиентов ГСК: виремия – у 54 %, персистентная аденоовирусная инфекция – у 15 % из них, мультиорганская локализация инфекционного процесса – у 12 % пациентов.

Согласно проведенному молекулярному типированию 38 изолятов АдВ, в сточной воде обнаруживались генотипы HAdV1, HAdV2, HAdV3, HAdV12, HAdV40 и HAdV41, у пациентов с ОГЭ – генотипы HAdV40 и HAdV41, у реципиентов ГСК – HAdV5.

Ключевые слова: аденоовирусы, количественная ПЦР, сточные воды, эпидемиологический анализ, молекулярное типирование

Для цитирования: Особенности циркуляции аденоовирусов на территории Республики Беларусь и их доминирующие генотипы / Н. В. Поклонская, Т. В. Амвросьева, Ю. Б. Колтунова [и др.] // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя медыцынскіх навук. – 2025. – Т. 22, № 4. – С. 344–352. <https://doi.org/10.29235/1814-6023-2025-22-4-344-352>

**Natalia V. Paklonskaya¹, Tamara V. Amvrosieva¹, Yulia B. Kaltunova¹, Ina V. Belskaya¹,
Aliaksandra S. Arinovich¹, Elena P. Kishkurno², Olga N. Kazinetz¹**

¹Republican Center for Hygiene, Epidemiology and Public Health, Minsk, Republic of Belarus

²Belarusian State Medical University, Minsk, Republic of Belarus

FEATURES OF ADENOVIRUS CIRCULATION IN THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF BELARUS AND THEIR DOMINANT GENOTYPES

Abstract. This paper presents the results of studies of the features of adenovirus (AdV) circulation in the Republic of Belarus.

A total of 1,218 wastewater samples and 2,383 samples of biological material from patients with various clinical forms were analyzed. This included 1,579 samples from patients with acute gastroenteritis (AGE) and 804 samples from hematopoietic stem cell (HSC) recipients who experienced post-transplant complications. All samples were collected monthly throughout 2020–2022.

AdV DNA was detected in 297 (24.38 %) wastewater samples. The quantitative levels of adenoviral DNA ranged from 10^3 to 10^{11} GE/sample, indicating a high level of AdV circulation within the population.

AdV DNA (AdV F species) was detected in 85 (5.38 %) patients with AGE across all age groups. Among children aged 6–17 years, the frequency of AdV F detection reached 12 %. An analysis of the seasonal patterns showed that the frequency of AdV DNA detection in both biological material and wastewater increased from July to December, followed by a decrease from January to May.

As part of a study of the impact of adenovirus infection on the development of post-transplant complications in recipients of organs and cells, AdV DNA was detected in 13.92 % of HSC recipients. Of these patients, 54 % exhibited viremia, 15 % demonstrated persistent adenovirus infection, and 12 % exhibited multi-organ localization of the infectious process.

The molecular typing of 38 AdV isolates revealed the following genotypes detected in wastewater: HAdV1, HAdV2, HAdV3, HAdV12, HAdV40, and HAdV41. In patients with AGE, genotypes HAdV40 and HAdV41 were identified. In HSCT recipients, HAdV5 was found.

Keywords: adenoviruses, quantitative PCR, wastewater, epidemiological analysis, molecular typing

For citation: Paklonskaya N. V., Amvrosieva T. V., Kaltunova Yu. B., Belskaya I. V., Arinovich A. S., Kishkurno E. P., Kazinetz O. N. Features of adenovirus circulation in the territory of the Republic of Belarus and their dominant genotypes. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya medytsinskikh navuk* = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Medical series, 2025, vol. 22, no. 4, pp. 344–352 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1814-6023-2025-22-4-344-352>

Введение. Аденовирусы (АдВ) человека относятся к видам *Human mastadenovirus A–G*, объединяющим более 100 генотипов. Они передаются фекально-оральным, воздушно-капельным и контактно-бытовым путем и активно выделяются в окружающую среду с фекалиями, мочой и респираторным секретом и активны в течение 50 дней от момента заражения [1]. Для циркуляции АдВ не характерна выраженная сезонность, хотя в летне-осенний период она является более активной [2]. Спектр клинических проявлений аденовирусной инфекции характеризуется значительным многообразием в виде острых респираторных заболеваний, фарингита с лихорадкой и конъюнктивитом, эпидемического кератоконъюнктивита, острого геморрагического цистита, острого гастроэнтерита (ОГЭ). Особую опасность по своим последствиям аденовирусная инфекция представляет для иммунокомпрометированных пациентов (реципиентов органов и клеток, онкологических больных и др.), у которых возможна генерализация процесса с мультиорганным поражением. Аденовирусный энцефалит, тяжелое неврологическое осложнение вирусной этиологии, является наиболее частым у реципиентов гемопоэтических стволовых клеток (ГСК). Кроме того, у этой категории пациентов могут регистрироваться геморрагические циститы и гепатит [3]. В последнее время в перечень возможных последствий АдВ-инфицирования включены так называемые острые гепатиты неуточненной этиологии у детей [4]. На сегодняшний день предполагается, что их развитие может быть обусловлено совместным действием инфекции, вызванной аеноассоциированным вирусом, и аденовирусной инфекции, вызванной АдВ F.

Следует также отметить, что аденовирусная инфекция протекает, как правило, достаточно легко, вследствие чего нередко ускользает от внимания специалистов лабораторной диагностики.

По результатам многочисленных зарубежных исследований установлено, что выявление АдВ у людей достаточно часто (почти в 30 % случаев) не ассоциируется с развитием манифестной инфекции, поэтому распространенность и интенсивность циркуляции АдВ среди населения оценить довольно сложно. Решение этой задачи может стать эффективным с применением нового подхода, основанного на использовании так называемой «эпидемиологии сточных вод». Суть такого подхода состоит в мониторинге сточных вод, направленном на выявление и количественную оценку содержания в них АдВ. Эти исследования базируются на идее о том, что чем более активно вирус циркулирует среди населения, тем в больших количествах он выделяется в сточные воды с мочой и фекалиями как от пациентов с манифестной формой инфекции, так и от бессимптомных вирусоносителей, что указывает на его скрытое присутствие в популяции [5].

Исследования сточных вод на предмет содержания в них АдВ имеют и другой важный аспект, связанный с контаминацией им водоисточников, используемых для рекреационных и питьевых нужд, а также почвы в сельскохозяйственных районах. Все это способствует реализации водного и пищевого (с сельскохозяйственной продукцией) путей заражения, что создает угрозу возникновения кишечных форм аденовирусной инфекции.

К АдВ, вызывающим кишечные формы инфекции, относят преимущественно АдВ F типов 40 и 41. Однако есть данные о том, что типы 1, 2, 3, 5 и 57 также могут быть этиологическими агентами ОГЭ [6]. Аденовирусная инфекция поражает главным образом детей в возрасте до 5 лет и неиммунную популяцию пациентов старшего возраста. АдВ F играют существенную роль в формировании заболеваемости ОГЭ, особенно в странах Юго-Восточной Азии, вызывая чаще всего заболевания детей до 3 лет. В странах со средним и низким уровнем жизни они являются

этиологическими агентами в 75 млн случаев диареи у детей младше 5 лет, что составляет 11,8 % смертей ежегодно, уступая по этим показателям только ротавирусу А и шигелле [7]. Так, например, в Бразилии доля аденоизирусных ОГЭ составляет 24,5 %, в Турции – 57,6 %. При этом в Индии, Чехии и Польше АдВ F вызывает всего 2; 5,6 и 10 % ОГЭ соответственно [8, 9].

Систематизированные данные о циркулирующих среди населения Беларуси АдВ и их генотипическом разнообразии, так же как и информация о контаминации ими эпидемически значимых объектов окружающей среды, до начала настоящих исследований практически отсутствовали, что затрудняло проведение адекватной оценки эпидемиологической ситуации по АдВ-инфекции и прогнозирование возможных сценариев ее развития.

Цель работы – изучение распространенности аденоизирусов среди населения, их вклада в заболеваемость острыми гастроэнтеритами и развитие посттрансплантационных осложнений у реципиентов гемопоэтических стволовых клеток, а также оценка преобладающих генотипов аденоизирусов и возможности возникновения водных вспышек аденоизирусной инфекции в результате вирусной контаминации питьевой воды.

Материалы и методы исследования. План эксперимента включал ежемесячный отбор проб сточной воды на всей территории республики и параллельные исследования образцов от пациентов с ОГЭ для проведения сравнительного анализа активности циркуляции АдВ среди населения (по результатам исследования сточных вод) и частоты их обнаружения у пациентов с ОГЭ.

Для оценки роли АдВ как этиологического агента тяжелых посттрансплантационных осложнений у реципиентов ГСК изучено наличие аденоизирусной инфекции у пациентов с клиническими формами посттрансплантационных осложнений, причиной которых могли стать АдВ. Исследования различных видов биологического материала реципиентов ГСК позволили установить присутствие мультиорганных форм инфекции и локализацию инфекционного процесса.

Результаты изучения сточных вод дали основание для проведения дополнительных исследований питьевой воды для оценки ее контаминации аденоизирусами и эпидемического потенциала как фактора передачи возбудителя.

Генотипирование обнаруженных АдВ позволило оценить их типовое разнообразие у пациентов с различными формами инфекции и среди населения в целом.

Всего в исследование было включено 1 218 проб сточных вод, отбирающихся на протяжении 2020–2022 гг. ежемесячно по всей территории страны в бытовых коллекторах жилых кварталов, инфекционных и детских больниц, дошкольных учреждений, а также на станциях аэрации на «входе» и на «выходе».

Для определения частоты аденоизирусных ОГЭ исследовано 1 579 проб фекалий от пациентов всех возрастных групп.

Для оценки участия АдВ в развитии тяжелых посттрансплантационных осложнений исследовано 804 пробы биологического материала (фекалий, мочи, крови, ликвора, биоптатов органов) от 237 реципиентов ГСК с различными формами посттрансплантационных осложнений, причиной которых могли быть АдВ.

Возможность аденоизирусной контаминации питьевой воды и ее роль как фактора передачи возбудителя изучали на основании исследований 423 проб воды объектов питьевого водоснабжения, отобранных в указанный период.

Весь материал был исследован на наличие ДНК АдВ методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) в режиме реального времени с использованием «Набора для выявления ДНК (РНК) кишечных вирусов методом ПЦР с гибридизационно-флуоресцентной детекцией «ОКВИ-ПЦР» (РНПЦ эпидемиологии и микробиологии, РБ).

Молекулярное типирование выявленных АдВ проводилось методом секвенирования фрагментов белка фибры. Поиск гомологичных последовательностей осуществляли в базе данных NCBI с помощью программы BLAST. Компьютерный анализ последовательностей проводили с помощью программы MEGA версии 7.0.

Результаты и их обсуждение. Для оценки интенсивности циркуляции АдВ F среди населения исследовали сточные воды, поступившие из разных регионов страны. Из 1 218 проанализированных проб ДНК АдВ была выявлена в 297 (24,38 %) из них. Для сравнения: частота обнару-

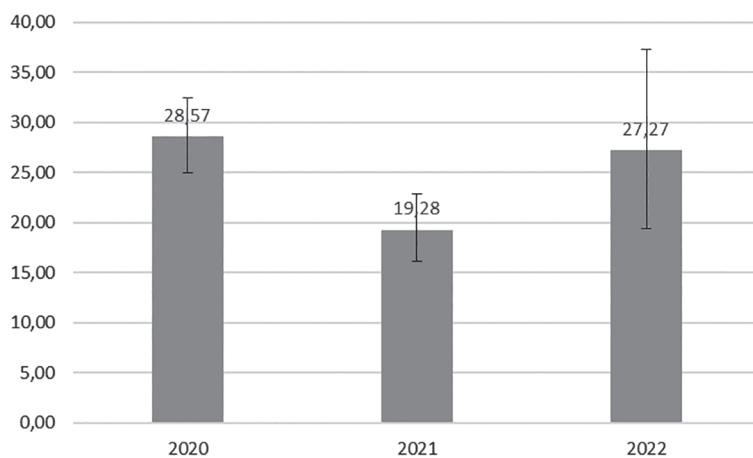


Рис. 1. Частота детекции ДНК АдВ в сточных водах по годам, %

Fig. 1. Frequency of detection of AdV DNA in wastewater by year, %

жения других кишечных вирусов была ниже (ротавирусы выявлялись в 22 % проб, норовирусы – в 13, энтеровирусы – в 12 % образцов сточной воды).

Анализ полученных результатов в течение последних 3 лет (рис. 1) позволил установить, что в 2021 г. имело место статистически значимое уменьшение частоты обнаружения АдВ в сточных водах по сравнению с 2020 г. (28,57 [24,94; 32,5] и 19,28 [16,14; 22,87] % образцов соответственно), указывающее на снижение активности их циркуляции. В 2022 г. доля проб, содержащих ДНК АдВ, вернулась к значению 2020 г. Можно предположить, что наблюдаемое снижение данного показателя было обусловлено в том числе и проводимыми в стране противоэпидемическими мероприятиями в период пандемии COVID-19.

Анализ сезонных закономерностей циркуляции АдВ на основе мониторинга сточных вод показал, что относительное снижение частоты их выявления наблюдалось с марта по июль (19,86–27,39 %), а рост – с августа по февраль (35,59–37,25 %).

Помимо доли проб, содержащих АдВ, для оценки интенсивности их циркуляции использовали такой показатель, как концентрация ДНК АдВ в положительных пробах сточной воды. Оказалось, что количественные уровни аденоовирусной ДНК находились в диапазоне от 10^3 до 10^{11} ГЭ/пробу (рис. 2). При этом около 60 % всех исследованных проб содержали от 10^5 до 10^6 ГЭ АдВ, что было больше, чем установлено для других кишечных патогенов – ротавирусов (10^4 ГЭ/мл), норовирусов (10^3 ГЭ/мл) и энтеровирусов (10^3 ГЭ/мл). Представленные данные свидетельствуют о достаточно высоком уровне циркуляции АдВ в популяции.

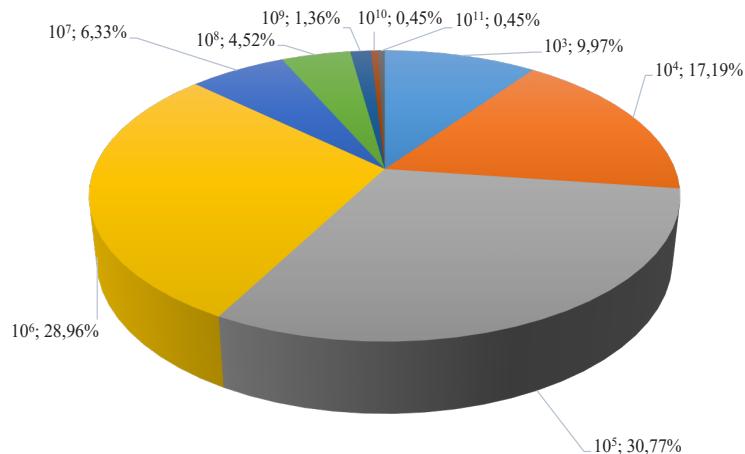


Рис. 2. Концентрации ДНК АдВ в пробах сточных вод (ГЭ/пробу)

Fig. 2. Concentrations of AdV DNA in wastewater samples (GE/sample)

Вследствие отсутствия в Беларуси систематизированных данных о вкладе АдВ в структуру регистрируемой заболеваемости острой кишечной инфекцией проведены исследования по выявлению АдВ F (типы 40 и 41) у 1 579 пациентов с предположительно вирусными ОГЭ. Всего было обследовано: 961 (60,86 %) ребенок в возрасте до 5 лет, 291 (18,43 %) – в возрасте от 6 до 17 лет, 327 (20,71 %) взрослых в возрасте от 18 лет и старше.

Полученные результаты позволили обнаружить ДНК АдВ F у 85 (5,38 %) пациентов.

В 2020 г. частота выявления АдВ F была минимальной во всех возрастных группах (рис. 3), что, по-видимому, было обусловлено санитарно-гигиеническими мероприятиями, получившими широкое распространение в начале пандемии COVID-19. В 2021–2022 гг. частота детекции данных возбудителей в детских группах существенно увеличилась: у детей до 5 лет – в 2 раза (с 3,23 % в 2020 г. до 6,75 и 6,66 % в 2021 и 2022 гг. соответственно), у детей 6–17 лет – в 2–3 раза (с 3,88 % в 2020 г. до 7,59 и 12,00 % в 2021 и 2022 гг. соответственно). В группе взрослых данные показатели в разные годы не имели существенных отличий. Таким образом, полученные данные свидетельствовали о существенном вкладе аденоизвирусной инфекции в формирование заболеваемости ОГЭ, в первую очередь у детей.

Анализ сезонных закономерностей выявления АдВ F у пациентов с ОГЭ показал, что на протяжении 3 лет исследований самый высокий уровень детекции ДНК АдВ в биологическом материале пациентов регистрировался с июля по декабрь, в то время как с января по май наблюдалось его снижение (рис. 4). Эти данные соответствовали сезонным колебаниям АдВ F в сточных

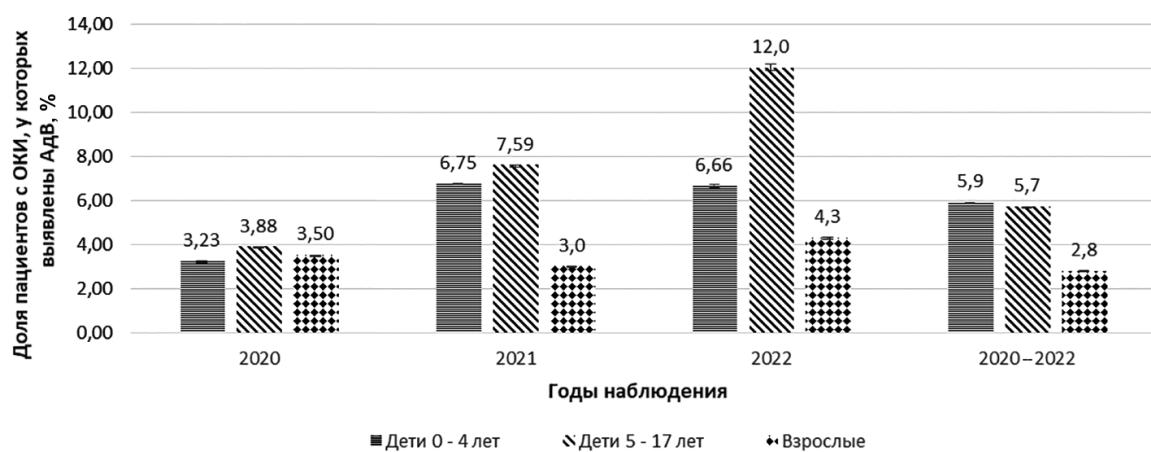


Рис. 3. Доли аденоизвирусной инфекции у пациентов разных возрастов

Fig. 3. Proportions of adenovirus infection in patients of different ages

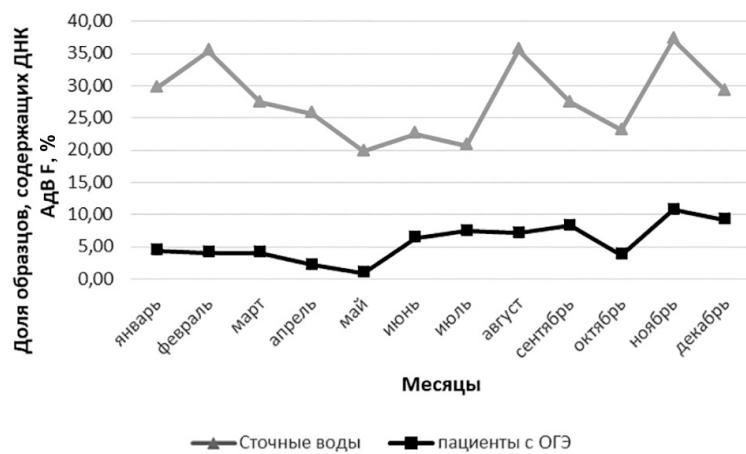


Рис. 4. Уровень детекции ДНК АдВ у пациентов с признаками ОГЭ и в сточных водах по месяцам

Fig. 4. Level of detection of AdV DNA in patients with signs of AGE and in wastewater by month

водах (рис. 4). Если увеличение частоты обнаружения АдВ в фекалиях пациентов с ОГЭ началось с июня и заканчивалось в декабре, то рост показателей их детекции в сточных водах стартовал с августа и заканчивался в феврале. Причем если в октябре наблюдалось снижение частоты детекции АдВ F у пациентов с ОГЭ, то аналогичное снижение имело место и при исследовании проб сточной воды (рис. 4).

Полученные результаты исследований по сезонным колебаниям частоты детекции АдВ F находятся в соответствии с ранее опубликованными данными зарубежных исследователей [2], ставящих под сомнение утверждение об отсутствии сезонности в циркуляции АдВ.

Одним из факторов, определяющих актуальность изучения адено-вирусной инфекции, является ее роль в развитии посттрансплантационных осложнений у реципиентов органов и клеток. Именно в этой группе пациентов АдВ могут вызывать угрожающие жизни тяжелые заболевания. Исходя из этого, нами были проведены исследования по изучению частоты обнаружения АдВ у 237 реципиентов ГСК. Установлено, что в посттрансплантационном периоде адено-вирусная инфекция обнаруживалась у 33 (13,92 %) реципиентов ГСК, при этом у 18 (54,5 %) из них имела место АдВ-виреция, на что указывало обнаружение ДНК АдВ в сыворотке крови. Мультиорганская локализация инфекционного процесса, при которой ДНК АдВ обнаруживалась параллельно в разных видах биологического материала, присутствовала у 4 (12 %) пациентов, причем у одного из них она обнаруживалась в ликворе, что свидетельствовало о наличии нейроинфекции. Следует также отметить, что у 5 (15 %) реципиентов ДНК АдВ выявлялась периодически в течение длительного времени, что указывало на наличие персистентной адено-вирусной инфекции.

Спектр регистрируемых посттрансплантационных осложнений у реципиентов с адено-вирусной инфекцией представлен на рис. 5. Как видно из рис. 5, наиболее характерные для адено-вирусной инфекции формы с поражением только верхних дыхательных путей обнаруживались только у 13 % пациентов. При этом довольно часто адено-вирусная инфекция протекала в виде гепатита (27 %), колита/энтероколита (27 %) и цистита/геморрагического нефрита в сочетании с колитом/энтероколитом и гепатитом (27 %).

Таким образом, полученные нами результаты указывают на то, что широкая распространенность и активная циркуляция АдВ среди населения делает их серьезной угрозой для реципиентов в посттрансплантационном периоде. Если у иммунокомпетентных лиц АдВ вызывают легкие

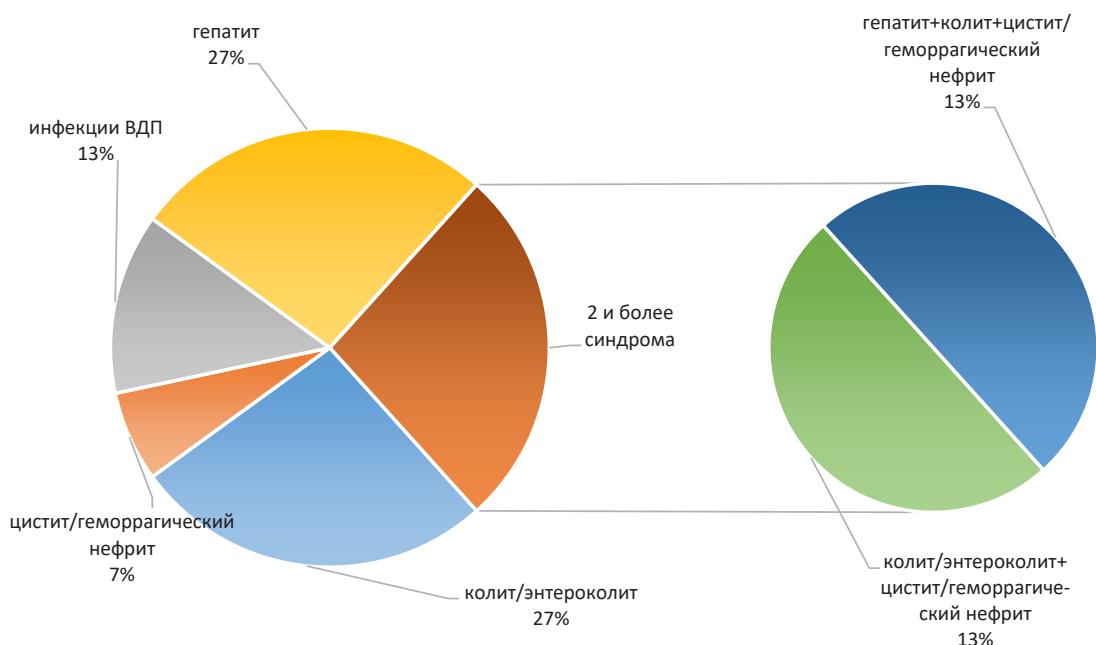


Рис. 5. Частота обнаружения различных клинических проявлений у реципиентов ГСК с адено-вирусной инфекцией

Fig. 5. Frequency of detection of various clinical manifestations in recipients of HSC with adenovirus infection

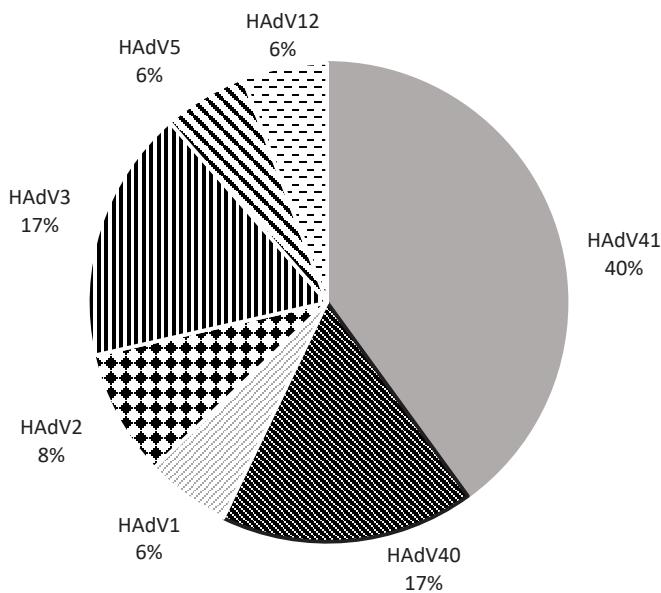


Рис. 6. Спектр выявленных генотипов АдВ

Fig. 6. Spectrum of identified genotypes of AdV

респираторные или кишечные инфекции, то у реципиентов ГСК часто имеет место генерализация инфекции с мультиорганной ее локализацией и возможностью персистенции в течение длительного времени.

Присутствие АдВ в значительных концентрациях в сточных водах создает ожидаемый риск контаминации ими эпидемически значимых объектов окружающей среды, что может представлять угрозу для здоровья человека. К таким эпидемически значимым объектам относятся источники питьевого водоснабжения. Учитывая это, нами проведены специальные исследования, направленные на детекцию АдВ в 423 водоисточниках. Полученные результаты показали наличие ДНК АдВ в 15 (3,5 %) проанализированных пробах, что указывает на реальную возможность АдВ-контаминации объектов питьевого водоснабжения и позволяет рассматривать их в качестве возможных источников заражения аденоовирусной инфекцией.

В ходе исследований проведено молекулярное типирование 38 изолятов АдВ, выявленных в 30 образцах сточных вод и биоматериалах от 6 пациентов с ОГЭ и от 2 реципиентов ГСК. В сточной воде обнаружены генотипы HAdV1, HAdV2, HAdV3, HAdV12, HAdV40 и HAdV41, у пациентов с ОГЭ – генотипы HAdV40 и HAdV41 (рис. 6). У реципиентов ГСК выявлены преимущественно АдВ, не принадлежащие к АдВ F, среди которых удалось идентифицировать генотип HAdV5.

Заключение. В ходе проведенных исследований получены данные, характеризующие циркуляцию АдВ на территории нашей страны и вклад, вносимый этими возбудителями в структуру как регулярно регистрируемых форм аденоовирусной инфекции (ОГЭ), так и тяжелых, угрожающих жизни патологий у реципиентов ГСК.

Установлено, что АдВ активно циркулируют среди населения и являются одним из распространенных (до 12 %) этиологических агентов ОГЭ у детей. Полученные результаты дают основание поставить их на 3-е место в рейтинге этиологических агентов вирусных ОГЭ среди детского населения после рота- и норовирусов.

Циркуляция АдВ характеризуется неярко выраженной сезонностью: частота выявления АдВ у пациентов с ОГЭ и в сточной воде с июля по декабрь была выше, чем с января по май.

АдВ играет существенную роль в возникновении посттрансплантационных осложнений у реципиентов ГСК, о чем свидетельствуют результаты регистрации у них ассоциируемых с данными возбудителями тяжелых патологий в виде гепатитов, колитов/энтероколитов, нефритов.

Полученные данные указывают на необходимость широкого внедрения лабораторной диагностики адено-вирусной инфекции, осуществляемой современными молекулярными методами, особенно у реципиентов ГСК, а также проведения регулярного санитарно-вирусологического мониторинга эпидемически значимых водных объектов.

Конфлікт інтересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Спісок іспользоўваних источнікоў

1. Lion, T. Adenovirus infections in immunocompetent and immunocompromised patients / T. Lion // Clinical Microbiology Reviews. – 2014. – Vol. 27, N 3. – P. 441–462. <https://doi.org/10.1128/cmr.00116-13>
2. Development of a quantitative immunocapture real-time PCR assay for detecting structurally intact adenoviral particles in water / L. Ogorzaly, S. Bonot, B. E. Moualij [et al.] // Journal of Virological Methods. – 2013. – Vol. 194, N 1–2. – P. 235–241. <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2013.07.009>
3. Human adenovirus meningoencephalitis: a 3-years overview / L. R. Vidal, S. M. de Almeida, B. M. Cavalli [et al.] // Journal of NeuroVirology. – 2019. – Vol. 25, N 4. – P. 589–596. <https://doi.org/10.1007/s13365-019-00758-7>
4. Environmental circulation of adenovirus 40/41 and SARS-CoV-2 in the context of the emergence of acute hepatitis of unknown origin / E. Wollants, E. Keyaerts, L. Cuyvers [et al.] // medRxiv. – 2022. <https://doi.org/10.1101/2022.06.08.22276091>
5. Occurrence of various viruses and recent evidence of SARS-CoV-2 in wastewater systems / W. Ali [et al.] // Journal of Hazardous Materials. – 2021. – Vol. 414. – Art. 125439. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125439>
6. Detection and molecular characterization of adenoviruses in Korean children hospitalized with acute gastroenteritis / J. I. Lee, G.-C. Lee, J. Y. Chung [et al.] // Microbiology and Immunology. – 2012. – Vol. 56, N 8. – P. 523–528. <https://doi.org/10.1111/j.1348-0421.2012.00469.x>
7. Lee, B. Pediatric acute gastroenteritis associated with adenovirus 40/41 in low-income and middle-income countries / B. Lee, C. F. Damon, J. A. Platts-Mills // Current Opinion in Infectious Diseases. – 2020. – Vol. 33, N 5. – P. 398–403. <https://doi.org/10.1097/QCO.0000000000000663>
8. Human enteric adenovirus F40/41 as a major cause of acute gastroenteritis in children in Brazil, 2018 to 2020 / L. G. do Nascimento, A. M. Fialho, J. D. S. R. de Andrade [et al.] // Scientific Reports. – 2022. – Vol. 12, N 1. – Art. 11220. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-15413-1>
9. Barutçu, A. Frequency of rotavirus and enteric adenovirus in children with acute gastroenteritis in Halfeti district, Sanliurfa, Turkey / A. Barytçu, S. Barutçu // Cukurova Medical Journal. – 2020. – Vol. 45, N 2. – P. 448–454. <https://doi.org/10.17826/cumj.666575>

References

1. Lion T. Adenovirus infections in immunocompetent and immunocompromised patients. *Clinical Microbiology Reviews*, 2014, vol. 27, no. 3, pp. 441–462. <https://doi.org/10.1128/cmr.00116-13>
2. Ogorzaly L., Bonot S., Moualij B. E., Zorzi W., Cauchie H.-M. Development of a quantitative immunocapture real-time PCR assay for detecting structurally intact adenoviral particles in water. *Journal of Virological Methods*, 2013, vol. 194, no. 1–2, pp. 235–241. <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2013.07.009>
3. Vidal L. R., de Almeida S. M., Cavalli B. M., Dieckmann T. G., Raboni S. M., Salvador G. L. O., Pereira L. A., Rotta I., Nogueira M. B. Human adenovirus meningoencephalitis: a 3-years overview. *Journal of NeuroVirology*, 2019, vol. 25, no. 4, pp. 589–596. <https://doi.org/10.1007/s13365-019-00758-7>
4. Wollants E., Keyaerts E., Cuyvers L., Bloemen M., Thijssen M., Ombelet S. [et al.]. Environmental circulation of adenovirus 40/41 and SARS-CoV-2 in the context of the emergence of acute hepatitis of unknown origin. *medRxiv*, 2022. <https://doi.org/10.1101/2022.06.08.22276091>
5. Ali W., Zhang H., Wang Z., Chang C., Javed A., Ali K., Du W., Niazi N. K., Mao K., Yang Z. Occurrence of various viruses and recent evidence of SARS-CoV-2 in wastewater systems. *Journal of Hazardous Materials*, 2021, vol. 414, art. 125439. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125439>
6. Lee J. I., Lee G.-C., Chung J. Y., Han T. H., Lee Y., Kim M. S., Lee C. H. Detection and molecular characterization of adenoviruses in Korean children hospitalized with acute gastroenteritis. *Microbiology and Immunology*, 2012, vol. 56, no. 8, pp. 523–528. <https://doi.org/10.1111/j.1348-0421.2012.00469.x>
7. Lee B., Damon C. F., Platts-Mills J. A. Pediatric acute gastroenteritis associated with adenovirus 40/41 in low-income and middle-income countries. *Current Opinion in Infectious Diseases*, 2020, vol. 33, no. 5, pp. 398–403. <https://doi.org/10.1097/QCO.0000000000000663>
8. do Nascimento L. G., Fialho A. M., de Andrade J. D. S. R., de Assis R. M. S., Fumian T. M. Human enteric adenovirus F40/41 as a major cause of acute gastroenteritis in children in Brazil, 2018 to 2020. *Scientific Reports*, 2022, vol. 12, no. 1, art. 11220. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-15413-1>
9. Barutçu A., Barutçu S. Frequency of rotavirus and enteric adenovirus in children with acute gastroenteritis in Halfeti district, Sanliurfa, Turkey. *Cukurova Medical Journal*, 2020, vol. 45, no. 2, pp. 448–454. <https://doi.org/10.17826/cumj.666575>

Информация об авторах

Поклонская Наталья Владимировна – канд. биол. наук, вед. науч. сотрудник. Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья (ул. Филимонова, 23, 220114, г. Минск, Республика Беларусь). <https://orcid.org/0000-0001-6431-5050>. E-mail: labsanvir@gmail.com

Амвросьева Тамара Васильевна – д-р мед. наук, профессор, заведующий лабораторией. Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья (ул. Филимонова, 23, 220114, г. Минск, Республика Беларусь). <https://orcid.org/0000-0001-7309-152X>. E-mail: amvrosieva@gmail.com

Колтунова Юлия Борисовна – мл. науч. сотрудник. Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья (ул. Филимонова, 23, 220114, г. Минск, Республика Беларусь). <https://orcid.org/0000-0002-6488-9422>. E-mail: labsanvir@gmail.com

Бельская Инна Валерьевна – науч. сотрудник. Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья (ул. Филимонова, 23, 220114, г. Минск, Республика Беларусь). <https://orcid.org/0000-0003-4044-6827>. E-mail: labsanvir@gmail.com

Аринович Александра Сергеевна – науч. сотрудник. Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья (ул. Филимонова, 23, 220114, г. Минск, Республика Беларусь). <https://orcid.org/0000-0003-4044-6827>. E-mail: labsanvir@gmail.com

Кишикурно Елена Петровна – канд. мед. наук, доцент, доцент кафедры. Белорусский государственный медицинский университет (пр-т Дзержинского, 83, 220116, г. Минск, Республика Беларусь). <https://orcid.org/0000-0002-7389-0898>. E-mail: e.kishikurno@yandex.ru

Казинец Ольга Николаевна – науч. сотрудник. Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья (ул. Филимонова, 23, 220114, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: labsanvir@gmail.com

Information about the authors

Natalia V. Paklonskaya – Ph. D. (Biol.), Leading Researcher. Republican Center for Hygiene, Epidemiology and Public Health (23, Filimonov Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). <https://orcid.org/0000-0001-6431-5050>. E-mail: labsanvir@gmail.com

Tamara V. Amvrosieva – D. Sc. (Med.), Professor, Head of the Laboratory. Republican Center for Hygiene, Epidemiology and Public Health (23, Filimonov Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). <https://orcid.org/0000-0001-7309-152X>. E-mail: amvrosieva@gmail.com

Yulia B. Koltunova – Junior Researcher. Republican Center for Hygiene, Epidemiology and Public Health (23, Filimonov Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). <https://orcid.org/0000-0002-6488-9422>. E-mail: labsanvir@gmail.com

Ina V. Belskaya – Researcher. Republican Center for Hygiene, Epidemiology and Public Health (23, Filimonov Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). <https://orcid.org/0000-0003-4044-6827>. E-mail: labsanvir@gmail.com

Aliaksandra S. Arinovich – Researcher. Republican Center for Hygiene, Epidemiology and Public Health (23, Filimonov Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). <https://orcid.org/0000-0003-4044-6827>. E-mail: labsanvir@gmail.com

Elena P. Kishkurno – Ph. D. (Med.), Associate Professor, Associate Professor of the Department. Belarusian State Medical University (83, Dzerzhinski Ave, 220116, Minsk, Republic of Belarus). <https://orcid.org/0000-0002-7389-0898>. E-mail: e.kishkurno@yandex.ru

Olga N. Kazinets – Researcher. Republican Center for Hygiene, Epidemiology and Public Health (23, Filimonov Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: labsanvir@gmail.com