

Надзор за сточными водами и окружающей средой

Резюме по полиовирусу

Пилотная версия от 6 декабря 2024 г.



В этом документе содержится информация о надзоре за сточными водами и окружающей средой (НСВОС) на наличие полиовируса. Данный документ следует использовать вместе с прилагаемым *Руководством НСВОС по одному или нескольким патогенам*, которое включает общую и сквозную информацию (доступно [здесь](#)). Если иное не указано, информация, актуальная на момент написания, взята из общедоступных источников Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), Центров США по контролю и профилактике заболеваний (ЦКЗ) и Глобальной инициативы по ликвидации полиомиелита (ГИЛП).

Краткий обзор НСВОС в отношении полиовируса

- Полиомиелит — это заболевание, имеющее большое значение для глобального общественного здравоохранения и выбранное в качестве целевого заболевания для программы ликвидации.
- НСВОС в отношении полиовирусов является полезным, технически и операционно осуществимым и приемлемым в различных санитарных условиях. Он хорошо интегрирован в рамки глобальной программы ликвидации полиомиелита.
- Однако НСВОС в отношении полиовируса в значительной степени сводится к программе контроля одного патогена. Интеграция других целевых объектов в один или несколько рабочих процессов НСВОС выглядит перспективной, но пока находится на ранней стадии.

Таблица 1. Краткая оценка ключевых критериев НСВОС в отношении полиовируса (при наличии и отсутствии канализации)^{a,b}

Условия	Категориальная оценка (CA)	Значимость для общественного здравоохранения	Осуществимость / относительная ценность	Техническая осуществимость	Операционная осуществимость	Приемлемость	Оптимизация	
	Убедительность доказательств (SoE)						Комплексный ответ на заболевание	Многоцелевой НСВОС
Наличие канализации	CA	не подразделяется по видам канализации						
	SoE							
Отсутствие канализации	CA							
	SoE							

Обозначения:

1. Категориальная оценка (CA) критериев

Категория	Код	Описание
Высокая	Зеленый	Критерии оцениваются как соблюдающиеся на самом высоком уровне
Средняя	Желтый	Критерии оцениваются как соблюдающиеся на промежуточном уровне (возможно, что соблюдаются не все подкомпоненты критериев)
Низкая	Оранжевый	Соблюдение критериев оценивается как низкое
Не поддерживается	Фиолетовый	Критерии оцениваются как не поддерживающиеся
Неприменимо	Серый	Критерий неприменим ИЛИ не может оцениваться из-за недостаточных фактических данных

2. Убедительность доказательств (SoE)

Уровень доказательств	Код	Описание
-----------------------	-----	----------

Сильный		Высококачественные последовательные доказательства, в том числе из нескольких соответствующих исследований/условий, масштабируемых, в течение длительного периода, с фактическими данными из условий выполнения программы, а не только из исследовательских работ или краткосрочных проектов.
Умеренный		Соответствующие доказательства доступны, но не отвечают критериям классификации уровня «Сильный» ^c .
Недостаточные доказательства		Имеющиеся доказательства недостаточны, и необходимы дальнейшие исследования/оценки

^a Более подробное описание критериев, используемых для оценки применимости НСВОС в отношении конкретного патогена, а также методов, используемых для оценки этих критериев, включено в *Руководство НСВОС по одному или нескольким патогенам*. Оценка в таблице 1 отражает краткую характеристику на глобальном уровне, но оценка на уровне отдельной страны может отличаться.

^b Под наличием канализации понимается наличие закрытых канализационных сетей. Под отсутствием канализации понимается наличие различных установок, не объединенных в «канализационные сети», включая открытый дренаж и коллективные точки отбора проб. Небольшие септик-танки отдельных жилых домов или зданий не подходят для индивидуального отбора проб и отдельно здесь не рассматриваются. На сегодняшний день большая часть данных НСВОС получена с использованием канализационных сетей, зачастую в районах с высоким уровнем дохода. Тем не менее в мире большая часть населения пользуется разнородными неканализационными сооружениями, и это имеет значение для оценки различных категорий НСВОС.

^c Доказательства, классифицированные как «умеренные», соответствуют одному или нескольким из следующих критериев: получены не из многочисленных источников, в течение короткого периода, без фактических данных на уровне выполнения программы, и/или когда результаты не являются последовательными или высококачественными.

Резюме

- Полиомиелит остается **чрезвычайной ситуацией в области общественного здравоохранения, имеющей международное значение (ЧСЗМЗ)**, в отношении которой в рамках ГИЛП продолжается **глобальная кампания по ликвидации**.
- **Полиовирусы** включают дикий полиовирус (ДПВ) **типа 1** (ДПВ-1) и циркулирующие **полиовирусы вакцинного происхождения** (цПВВП) трех серотипов, которые вызывают паралич и другие тяжелые заболевания у людей. **ДПВ типов 2 и 3 были ликвидированы во всем мире**. Зоонозных хозяев полиовируса не имеет.
- **Подходы к организации эпиднадзора различаются в зависимости от условий**, в которых полиовирус: а) является эндемичным, б) несет повышенный риск или с) обладает низким риском повторного появления, d) при наличии вспышки заболевания и e) в будущем — после ликвидации.
- Эпиднадзор за полиовирусом включает как наблюдение за клиническими случаями острого вялого паралича (ОВП), так и НСВОС. Положительные результаты по любому из этих направлений **становятся сигналом для принятия мер** органами здравоохранения.
- **Рутинный режим НСВОС** на дозорных участках используют для обнаружения полиовируса или для подтверждения его отсутствия. **Гибкий режим НСВОС** (с дополнительными точками и более частым отбором проб) может быть вызван обнаружением вируса в ходе рутинного НСВОС, выявлением случаев заболевания или нарушением условий содержания. Его используют для определения масштаба циркуляции в сообществе, информирования о мерах реагирования и оценки их эффективности.
- Хорошо известна техническая осуществимость **НСВОС** в отношении полиовируса для обнаружения и определения генетических характеристик; это позволяет дифференцировать полиовирусы и проводить филогенетическое сравнение с клиническими изолятами. Однако существуют также известные ограничения, которые могут повлиять на эффективность всего процесса НСВОС, от отбора проб до генетической характеристики изолятов; задержать получение результатов и/или ограничить чувствительность теста могут периодический отбор проб, транспортировка в лабораторию и анализ сложных смесей вирусов. Все чаще используют прямое обнаружение с использованием молекулярных методов и оценку альтернативных методов отбора проб в рамках НСВОС.
- **Эксплуатационная осуществимость** НСВОС в отношении полиовируса продемонстрирована. Имеется значительный опыт масштабного отбора проб в канализационных системах, а также в санитарных системах, не имеющих канализационных сетей¹. С помощью Глобальной сети лабораторий по полиомиелиту (ГСЛП) обработка образцов, анализ и отчетность стандартизированы при широком соблюдении протоколов биобезопасности и биозащиты.
- **Возможности комплексного эпиднадзора:**
 - Мероприятия НСВОС хорошо интегрированы во все ключевые аспекты программы эпиднадзора и реагирования на полиомиелит. Полиовирус можно использовать в качестве модели для других заболеваний по интеграции НСВОС как компонента мультимодального эпиднадзора.
 - Программы НСВОС в отношении полиовируса можно использовать для включения других патогенов при низкой предельной стоимости (если рабочие процессы совпадают), с

¹ В Глобальной программе по ликвидации полиомиелита называются структурированными и неструктурированными канализационными системами.

потенциалом для улучшения справедливого, экономически эффективного эпиднадзора и укрепления готовности к эпидемиям/пандемиям и потенциала реагирования на них.

- Эффективность **полиовирусного НСВОС** можно улучшить за счет **прикладных исследований** в следующих областях (согласно Стратегии ГИЛП):
 - улучшение **чувствительности и своевременности методов НСВОС**, осуществляемых в подходящих и разнообразных глобальных условиях;
 - оптимизация **рентабельного, безопасного и устойчивого НСВОС в отношении полиовируса** на этапе ликвидации полиомиелита и после сертификации, включая соображения по биологической безопасности;
 - оценка и оптимизация **включения других целевых объектов в многоцелевой НСВОС** при сохранении или усилении эффективности основного НСВОС в отношении полиовируса.

Содержание

1.	Общая информация.....	1
1.1.	Вирус, ассоциированное с ним заболевание и факторы риска	1
1.2.	Глобальное бремя и географическое распространение	1
1.3.	Пути передачи	2
1.4.	Этап ликвидации и постсертификации.....	2
2.	Полиовирус и сточные и природные воды	3
2.1.	Потенциальные источники попадания в сточные и природные воды	3
2.2.	Персистенция целевых объектов, деградация и риск присутствия инфекционного вируса	3
3.	Эпиднадзор за полиовирусом.....	5
3.1.	Общий контроль полиовируса и ответные меры	5
3.2.	Опыт использования НСВОС в отношении полиовируса	6
4.	Цели НСВОС и соответствующие действия по линии общественного здравоохранения.....	10
4.1.	Рутинный режим НСВОС в отношении полиовируса	10
4.2.	Гибкий режим НСВОС в отношении полиовируса.....	10
4.3.	Действия по линии общественного здравоохранения, вытекающие из результатов НСВОС в отношении полиовируса.....	11
5.	Дополнительные методологические соображения по НСВОС в отношении полиовируса	12
5.1.	Методы отбора проб.....	12
5.2.	Лабораторные методы и интерпретация результатов.....	13
5.3.	Отчетность и коммуникация	13
5.4.	Приемлемость НСВОС в отношении полиовируса	13
6.	Соображения по комплексному эпиднадзору и многоцелевому НСВОС.....	15
6.1.	Интеграция НСВОС в отношении полиовируса в существующий эпиднадзор и меры реагирования	15
6.2.	Интеграция многоцелевого НСВОС с эпиднадзором за полиовирусом.....	15
7.	Основные пробелы в знаниях и приоритеты прикладных исследований.....	16
	Список литературы	18

1. Общая информация

1.1. Вирус, ассоциированное с ним заболевание и факторы риска

Полиовирус является возбудителем полиомиелита (также известного как детский паралич). Это небольшой безоболочечный РНК-вирус из рода энтеровирусов. ДПВ-1 сохраняется в циркуляции, тогда как ДПВ типа 2 и 3 были ликвидированы и хранятся только в безопасных лабораторных хранилищах. Изредка встречаются также мутации или рекомбинации живых штаммов ослабленной оральной полиовакцины, которые превращаются в полиовирусы вакцинного происхождения (ПВВП), они могут передаваться от человека к человеку и затем классифицируются как циркулирующие полиовирусы вакцинного происхождения (цПВВП). Хотя могут возникать цПВВП всех трех серотипов, преобладающей причиной вспышек является серотип 2 (цПВВП-2). Эти вирусы передаются другим людям и вызывают заболевания и эпидемические вспышки. По клинической этиологии ДПВ и цПВВП неразличимы. У большинства инфицированных людей полиовирус не вызывает никаких симптомов, а относительно легкие гриппоподобные симптомы отмечены примерно у 25% больных с инфекцией острой формы. Однако примерно у 1-5% и 0,05-0,5% инфицированных людей возникают более серьезные симптомы, такие как менингит и паралич соответственно. Непропорционально чаще страдают дети. Другие неполиомиелитные энтеровирусы, такие как серотип D68, могут вызывать полиомиелитное заболевание с острым вялым миелитом.

1.2. Глобальное бремя и географическое распространение

Полиомиелит (вызванный как ДПВ, так и цПВВП) по-прежнему классифицируется как ЧСЗМЗ, поскольку полиовирус является остроинфекционным, и без постоянных усилий он снова начнет вызывать пандемии. Когда в 1988 году началась инициатива ГИЛП, полиомиелит ежегодно приводил к параличу сотни тысяч детей. С момента ее развертывания количество инфекций ДПВ сократилось более чем на 99,99%. Это было достигнуто благодаря сочетанию мобилизации сообщества, плановой и дополнительной вакцинации, улучшению водоснабжения, санитарии и гигиены (ВСГ), усилению эпиднадзора и реагирования на вспышки.

Глобальная ликвидация находится сейчас на завершающей стадии. Серотипы 2 и 3 вируса ДПВ были объявлены ликвидированными в 2015 и 2019 годах соответственно. Пять из шести регионов ВОЗ были сертифицированы как свободные от местного ДПВ, а Африканский регион ВОЗ прошел такую сертификацию в августе 2020 года. ДПВ-1 сохраняет эндемичный характер только в Пакистане и Афганистане.

С 2012 года количество случаев паралитического полиомиелита, вызванных цПВВП, превысило количество случаев, вызванных ДПВ. Вспышки цПВВП сосредоточены в странах с низким уровнем дохода и районах, затронутых конфликтами, где все еще используется оральная вакцина против полиомиелита (ОПВ), а показатели вакцинации и системы санитарии недостаточны. В рамках инициативы ГИЛП реализуется долгосрочная стратегия по снижению заболеваемости цПВВП путем поэтапного отказа от использования ОПВ вакцин Сэбина в пользу инактивированных вакцин против полиомиелита (ИПВ), а также генетически модифицированных, более стабильных версий ОПВ

(например, новой оральной вакцины против полиомиелита типа 2, нОПВ-2). Однако переход происходит медленно и сложно, особенно в странах с низким уровнем дохода.

1.3. Пути передачи

Полиовирус передается от человека к человеку в основном через фекально-оральный путь или, реже, через общий источник (например, зараженную воду или пищу). Зоонозные резервуары с размножением вне организма человека отсутствуют.

1.4. Этап ликвидации и постсертификации

После успешной ликвидации ДПВ-1 и цПВВП произойдет смещение приоритетов эпиднадзора. В этот период основные риски потенциального возобновления полиомиелита будут связаны с продолжающимся использованием ОПВ и появлением цПВВП, включая связанный с хроническим выделением ПВВП лицами с иммунодефицитом (иПВВП)¹. Дополнительные риски могут представлять случайный выброс полиовируса из лаборатории или предприятия по производству вакцин, а также злонамеренный выброс в результате биотеррористических действий²⁻⁴.

2. Полиовирус и сточные и природные воды

2.1. Потенциальные источники попадания в сточные и природные воды

Распространение вируса человеком: полиовирус может распространяться инфицированным человеком, а также лицами, получившими вакцину ОПВ.

Полиовирус размножается и выделяется из носа и горла в течение нескольких дней, а из кишечника — в течение нескольких недель, с высоким содержанием в фекалиях⁵. Частота, характер и количество вирусов, выделяемых разными людьми, сильно различаются и могут носить перемежающийся характер. Фекальное выделение у иммунокомпетентных невакцинированных лиц обычно высокое в первые две недели, с пиком примерно через 6-8 дней после заражения. Через 4-6 недель выделение обычно прекращается, а средний максимальный уровень выделения составляет 10^5 вирусных частиц на грамм кала⁶⁻⁸. Люди с первичным иммунодефицитом могут выделять высокие уровни полиовируса в течение очень длительного периода⁹.

Будучи живым ослабленным вирусом, ОПВ также размножается и выделяется с фекалиями после вакцинации. ИПВ — это инактивированная вирусная вакцина, которая не реплицируется и не приводит к выделению вируса. Для определения потенциальных местных источников, ставших следствием применения ОПВ, требуется сравнение с местными графиками вакцинации от полиомиелита. В районах с рутинной вакцинацией ОПВ можно ожидать обнаружение в сточных водах ОПВ и вируса, связанного с ОПВ. Более высокие уровни этих вирусов связаны с дополнительными кампаниями по вакцинации ОПВ.

Другие связанные с полиомиелитом потенциальные источники в сточных водах могут быть следствием случайного выброса полиовируса из лаборатории или предприятия по производству вакцин или злонамеренного выброса биотеррористического характера.

Зоонозное выделение: зоонозные (или не связанные с человеком) источники отсутствуют.

2.2. Персистенция целевых объектов, деградация и риск присутствия инфекционного вируса

Деградация и персистенция полиовируса в окружающей среде хорошо изучены; в условиях и временных рамках переноса, связанных с различными системами санитарии в разных климатических зонах, деградация незначительна. В сочетании с повышенным уровнем выделения полиовируса с фекалиями и имеющимися аналитическими методами, незначительная деградация делает полиомиелит идеальным целевым объектом для надзора за сточными водами и окружающей средой.

После выделения полиовирус может сохранять жизнеспособность в течение нескольких недель при комнатной температуре, в том числе в водной среде, поскольку (как безоболочечный вирус) он относительно устойчив к ультрафиолетовому излучению и влажности. Низкие температуры и присутствие органических веществ (которые содержатся в сточных водах) замедляют скорость распада, в то время как повышенная температура связана с ускорением распада¹⁰. Имеются доказательства того, что полиовирус отделяется с твердым компонентом сточных вод, при этом более высокие концентрации обнаруживаются в осадочных фракциях¹¹.

Воздействие полиовируса и других инфекционных патогенов может представлять опасность для санитарных работников и других лиц, контактирующих со сточными водами и природными водами, загрязненными человеком. Для лиц, подвергающихся воздействию, связанному с профессиональными обязанностями, рекомендуются стандартные меры защиты от инфекционных опасностей.

3. Эпиднадзор за полиовирусом

3.1. Общий контроль полиовируса и ответные меры

Стратегия достижения глобальной ликвидации полиомиелита определена в Стратегии ГИЛП на 2022–2026 годы (продлена до 2029 года)¹². Цели заключаются в следующем:

- навсегда ликвидировать какую-либо передачу полиовируса в эндемичных странах;
- устранить передачу цПВВП и предотвратить вспышки в неэндемичных странах.

Стратегическая цель, связанная с эпиднадзором, заключается в улучшении обнаружения и реагирования посредством чувствительного контроля, позволяющего программе получать важную и своевременную информацию для начала действий. Существует два основных типа контроля в целях обнаружения полиовируса. Клинический надзор за случаями заболевания, связанного с ОВП, и НСВОС. Кроме того, существует надзор за полиовирусом среди лиц с первичными иммунодефицитными расстройствами (ПИД), это то, что называется контролем вакцинного полиовируса, связанного с иммунодефицитом (иПВВП). Его осуществляют с помощью широких систем надзора за энтеровирусами и специальных дополнительных исследований.

Надзор за ОВП и НСВОС используется совместно в рамках интегрированного эпиднадзора за полиомиелитом. Оба направления поддерживаются лабораториями ГСЛП и системой управления данными и информацией о полиомиелите.

Основным способом контроля является надзор за ОВП. Он включает в себя выявление и сообщение о детях с ОВП, транспортировку образцов кала для анализа, выделение и идентификацию полиовируса в лаборатории, аккредитованной в ГСЛП, а также генетическое и геопространственное картирование вируса для определения его происхождения. Существует активный надзор за ОВП в эндемичных странах, в странах со вспышками и в странах высокого риска, а также пассивный надзор в других местах. Тем не менее надзор на основе случаев заболевания, как правило, является запаздывающим индикатором циркуляции полиовируса, учитывая низкий процент полиовирусных инфекций, приводящих к параличу, а также временной промежуток в несколько недель с момента появления симптомов до лабораторного подтверждения.

Мероприятия НСВОС дополняют надзор за ОВП и при этом обладают следующими преимуществами:

- НСВОС может обнаруживать скрытую циркуляцию полиовируса, фиксируя наличие бессимптомных или малосимптомных инфекций в сообществе, особенно в условиях высокого гуморального и низкого мукозального иммунитета (например, в странах, использующих только ИПВ (но не ОПВ) при рутинной иммунизации).
- В целях удовлетворения потребностей контроля полиомиелита можно подобрать экономически эффективный охват населения и частоту НСВОС, сбалансировав своевременность тестирования и охват населения со стоимостью программы.
- Как и клинические образцы, образцы НСВОС можно использовать для определения типа полиовируса, будь то штаммы пероральной вакцины (отражающие рутинную или дополнительную вакцинацию ОПВ), ДПВ, ПВВП. Для определения происхождения можно также использовать серотип, генотипы и филогенетическое картирование.

- В дополнение к обычному надзору НСВОС можно использовать в гибком ответе на вспышку (с идентификацией ДПВ или цПВВП с помощью клинических случаев ОВП или с помощью НСВОС) с организацией дополнительных мест отбора проб или повышением частоты отбора проб для изучения циркуляции (или ее отсутствия) полиовируса.

Первоочередными задачами программы являются биологическая безопасность и биозащита, учитывая риск, связанный со случайным или преднамеренным высвобождением полиовируса (включая вирусные изоляты), а также проблемы с охраной труда и техникой безопасности персонала. Для безопасного обращения с образцами и их содержимым существуют стандартные протоколы.

3.2. Опыт использования НСВОС в отношении полиовируса

Имеется обширный и многолетний опыт использования НСВОС в отношении полиовируса вместе с надзором за клиническими случаями ОВП, начиная от динамической фазы реагирования на полиомиелит до текущих усилий по ликвидации в более чем 80 странах. В определенных областях и обстоятельствах было показано, что НСВОС значительно повышает чувствительность эпиднадзора за полиовирусом по сравнению с наблюдением только за клиническими случаями ОВП.

То, что полиовирус можно обнаружить в сточных водах, было известно еще в 1940-х годах¹³. Использование НСВОС в отношении полиовируса было интегрировано в рамки инициативы ГИЛП более 20 лет назад. В 2003 году ВОЗ выпустила Руководство по экологическому надзору за циркуляцией полиовируса¹⁴. В 2015 году ГИЛП выпустила обновленное руководство, а также план расширения экологического надзора, уделив первоочередное внимание странам с эндемичными или бывшими недавно эндемичными заболеваниями, текущими или недавними вспышками цПВВП и продолжающимся использованием ОПВ¹⁵. В 2023 году ГИЛП опубликовала Полевое руководство по внедрению экологического надзора за полиовирусом с акцентом на программные и операционные аспекты, такие как выбор места, сбор и транспортировка образцов, а также использование полученных данных для начала действий¹⁶. Они дополняются другими руководствами ГИЛП¹⁷, вспомогательными материалами и инструментами для использования партнерами и национальными программами надзора за полиомиелитом.

Вместе эти документы формируют и поддерживают устоявшиеся стандартизированные практики НСВОС в отношении полиомиелита в рамках ГИЛП. Общие стандартизированные характеристики этих мероприятий программы НСВОС в отношении полиомиелита включают:

- Выбор дозорного участка — с учетом таких ключевых факторов, как охват групп населения с самым высоким риском, наличие сходящихся канализационных систем и осуществимость отбора проб.
- Периодический отбор проб — обычно с использованием выборочных случайных проб и ежемесячной частотой.
- Сбор, хранение и транспортировка образцов — надзор и процедуры, которые способствуют поддержанию качества образцов, безопасности персонала и документированию цепочки поставок.

- Создание и поддержание аккредитованной в ГСЛП лаборатории, реализующей стандартизированные методы НСВОС — обычно с использованием двухфазной концентрации образцов, выделения вирусов на клеточной культуре с последующим подтверждением генетической последовательности для дифференциации ДПВ, цПВВП и Сэбин-подобного вируса и филогенетическим картированием всех известных последовательностей полиовируса, полученных из клинических случаев ОВП и проб окружающей среды.
- Инструменты управления информацией — для обеспечения своевременной визуализации данных о случаях ОВП и результатах НСВОС для поддержки принятия решений.
- Планы действий в случае единичных и повторных положительных результатов НСВОС — включая расширение НСВОС, усиленный надзор за случаями ОВП и другие конкретные действия, обусловленные конкретными обстоятельствами.
- Системы непрерывного улучшения качества с мониторингом ключевых показателей, которые позволяют выполнять корректирующие действия, включая укрепление или прекращение работы неэффективных участков отбора проб.

Цели надзора и связанные с ними подходы НСВОС различаются по условиям и изменяются с течением времени по мере продвижения программы к ликвидации полиовируса.

Доказательства того, что в определенных областях хорошо реализованная программа НСВОС значительно повышает чувствительность надзора за полиовирусом, послужили стимулом для ускоренного расширения НСВОС с 2013 года¹⁸. Опыт программы НСВОС демонстрирует ее ценность для раннего выявления случаев ОВП или при их отсутствии, а также для определения масштаба вспышки и ее успешного контроля. Филогенетический анализ проб НСВОС и генетических образцов в случаях заболевания проливает свет на источник и цепочки передачи полиовируса при вспышках. Отсутствие обнаружения вируса при повторных пробах также дает полезную контекстно-специфическую информацию, особенно в условиях предшествующей эндемичности или после вспышек.

Существует обширная документация по особой ценности полиомиелита как мощной дополнительной системы обнаружения на основе индикаторов^{14,18,12,16,15,20,21}. НСВОС в различных эпидемиологических обстоятельствах и условиях. **Наглядные примеры** включают:

- **В условиях эндемичного ДПВ:**
 - В Пакистане и Афганистане обширный НСВОС повысил чувствительность и раннее обнаружение по сравнению с мониторингом только случаев ОВП, показал продолжающуюся циркуляцию ДПВ-1 и его географическое распространение, несмотря на сокращение зарегистрированных случаев ОВП^{22–24}.
 - Исторически сложилось так, что в Египте и Индии НСВОС использовали для перекрестной проверки и подтверждения тенденций снижения случаев ОВП вплоть до успешной ликвидации вируса^{25,26}.
 - Результаты НСВОС обеспечили дополнительную уверенность в успешной ликвидации вируса в ранее эндемичных странах (включая Нигерию, Египет, Индию и другие).
- **Регионы с повышенным риском повторного появления ДПВ-1:**

- Иран находится в зоне высокого риска повторного заноса ДПВ, поскольку граничит с эндемичными странами. НСВОС обеспечил обнаружение ДПВ-1 (при отсутствии клинических случаев) с генотипическими связями с Пакистаном, а также ПВВП и сформировал уверенность в контроле вспышки²⁷.
- Напротив, последняя известная циркуляция ДПВ за пределами Пакистана и Афганистана была обнаружена в ходе наблюдения за клиническими случаями ОВП в Малави и Мозамбике в 2021 и 2022 годах. В то время ни в одной из стран не было действующих программ НСВОС, но с тех пор были созданы соответствующие программы для усиления надзора и исключения продолжающейся циркуляции полиовируса²⁸.
- **После нарушения режима локализации ДПВ:**
 - Программа НСВОС была реализована после предполагаемого нарушения режима локализации вируса, а затем были получены дополнительные доказательства его успешного сдерживания в различных регионах, включая Нидерланды⁴.
- **Регионы с повышенным риском вспышек цПВВП:**
 - В Египте в 2021 году НСВОС проявил достаточную чувствительность для обнаружения множественных отдельных первичных очагов ПВВП с генотипическими связями с Суданом, Чадом и Йеменом, а также локально возникшей вспышки цПВВП после дополнительных кампаний вакцинации ОПВ²⁹.
 - На Мадагаскаре, где наблюдались повторяющиеся вспышки цПВВП-1, секвенирование изолятов из проб НСВОС, от клинических больных и их контактов, а также филогенетический анализ показали локальное возникновение и распространение четырех отдельных появляющихся групп, определенных в качестве рекомбинантов ПВ типа 1 и других энтеровирусов типа В и С³⁰.
- **Регионы с более низким риском повторного появления полиовируса (при рутинном использовании ИПВ):**
 - Многие освободившиеся от полиомиелита страны, которые применяли ИПВ, используют НСВОС для мониторинга повторного появления полиовируса и обеспечения уверенности в отсутствии его скрытой циркуляции^{31–34, 37}.
 - В сточных водах трех стран Европы (Германия, Польша и Испания) в 2024 году неоднократно обнаруживали цПВВП, генетически связанный с появляющимся в Нигерии штаммом, при этом не было выявлено ни одного клинического случая²¹.
- **Регионы со вспышками:**
 - После первоначального обнаружения было показано, что установить параметры и сдерживать вспышки помогает усиленное наблюдение с привлечением дополнительных участков отбора проб, повышение частоты отбора проб и ускорение анализов^{36–38}.
 - НСВОС использовали для обнаружения вирусов, определения параметров и генетической связи вспышки цПВВП-2 в нескольких странах, включая скрытую циркуляцию в Великобритании (Лондон и Северная Ирландия), Канаде и Израиле, а также один случай паралича в штате Нью-Йорк^{31,39–42}.

- **Регионы с риском, вызванным конфликтом:**
 - Конфликты и другие сложные чрезвычайные ситуации повышают риск повторного появления полиовируса из-за нарушения рутинной вакцинации, санитарных систем, а также других факторов. В секторе Газа во время конфликта 2023 года смогли продолжить работу системы НСВОС и обеспечить получение раннего предупреждения о циркуляции цПВВП-2⁴³.

В рамках ГИЛП эксперты продолжают уделять внимание расширению центров НСВОС в приоритетных странах и повышению эффективности с помощью стандартизированной структуры мониторинга, инструментов и поддержки^{16,44}. Эти инструменты охватывают такие ключевые аспекты процесса, как полнота, качество и своевременность сбора образцов, транспортировка, тестирование и отчетность по результатам культивирования и секвенирования, а также чувствительность обнаружения энтеровируса. К концу 2023 года в рамках эпиднадзора за полиомиелитом 900 центров сообщали о результатах НСВОС из 86 стран, включая 378 центров в 27 из 28 приоритетных стран ГИЛП за 2023 год. Результаты НСВОС в приоритетных странах показали некоторое улучшение показателей качества работы центров; целевой показатель чувствительности к энтеровирусам был достигнут в 58,8% центров, а в 19 странах свыше 80% центров достигли показателя выделения энтеровирусов >50%²⁴.

4. Цели НСВОС и соответствующие действия по линии общественного здравоохранения

Полная интеграция НСВОС и клинического эпиднадзора в рамках программы ликвидации полиовируса, включая контекстное использование рутинного и гибкого режима НСВОС, обеспечивает модель интегрированного мультимодального эпиднадзора для программ по другим болезням.

Использование НСВОС повышает своевременность и чувствительность обнаружения полиовируса и актуально для стран, свободных от полиовируса, в настоящее время эндемичных по ДПВ-1 или стран с историей первичного очага или вспышки полиовируса. В районах, которые считаются «свободными от полиомиелита», единичный случай обнаружения ДПВ или ПВВП с помощью НСВОС является основанием для начала дальнейшего расследования. Меры реагирования на обнаружение полиовируса в ходе НСВОС включают дальнейшее расследование на территории, охватываемой центром НСВОС, а при повторном обнаружении возможно усиление эпиднадзора за случаями ОВП, дополнительные мероприятия по линии НСВОС и дополнительные кампании по вакцинации.

Гибкий режим НСВОС

означает ограниченный по времени контроль с определенным сигналом для его начала. Гибкий режим НСВОС подразумевает проведение новых ограниченных по времени мероприятий или целенаправленных изменений в существующей программе НСВОС, например, более частый отбор проб или в разных местах, сокращение времени обработки результатов и/или выполнение новых или других анализов.

Рутинный режим НСВОС

включает последовательный отбор проб в одних и тех же участках с использованием последовательных методов.

4.1. Рутинный режим НСВОС в отношении полиовируса

НСВОС дополняет эпиднадзор за случаями ОВП следующим образом:

- путем своевременного обнаружения завоза ДПВ-1 или ПВВП и появления циркулирующих полиовирусов вакцинного происхождения (цПВВП);
- отслеживая текущую передачу полиовирусов для определения стратегии вакцинации и получения доказательств ликвидации полиовирусов в окружающей среде.

4.2. Гибкий режим НСВОС в отношении полиовируса

Гибкий режим НСВОС с расширенным и/или более частым отбором проб запускается при клиническом или экологическом обнаружении ДПВ или ПВВП во время рутинного контроля.

Реакция на обнаружение вируса в образце сточных вод (или выявление случая ОВП) определяется эпидемиологическим контекстом, будь то неожиданное событие в условиях отсутствия полиовируса или ожидаемое в эндемичных условиях или при уже выявленной вспышке. Гибкий

режим НСВОС используют для помощи в определении степени циркуляции в сообществе или ее отсутствия, для выявления генетических и геопространственных эпидемиологических связей, а также для информирования, определения реагирования и оценки его эффективности. Быстрая реализация гибкого ответа НСВОС возможна только при наличии существующей рутинной программы.

4.3. Действия по линии общественного здравоохранения, вытекающие из результатов НСВОС в отношении полиовируса

Действия по линии общественного здравоохранения, вытекающие из результатов НСВОС в отношении полиовируса, зависят от контекста и описаны в стратегии ликвидации ГИЛП на 2022–2026 годы¹² и текущем Глобальном плане действий по надзору за полиомиелитом.

5. Дополнительные методологические соображения по НСВОС в отношении полиовируса

Этот раздел следует читать вместе с общими методологическими соображениями в разделе 5 *Надзор за сточными водами и окружающей средой в отношении одного или нескольких патогенов: Руководство по расстановке приоритетов, внедрению и интеграции* (доступно [здесь](#)).

Прошло более 20 лет с момента разработки первого всеобъемлющего руководства по НСВОС в отношении полиовируса¹⁴. Руководство включает рекомендации по отбору проб, анализу и отчетности. Информация передается по линии ВОЗ и ГИЛП. Примеры опубликованных руководств и основополагающих публикаций приведены в списке литературы^{12,14–16,19,45}.

Система НСВОС в отношении полиовируса включает пять основных активных направлений работы:

- Разработка и валидация национального плана.
- Выбор места для сбора образцов и управление.
- Сбор образцов и транспортировка в лабораторию.
- Лабораторный анализ (выделение вирусов, молекулярные методы и секвенирование).
- Использование информации для действий.

5.1. Методы отбора проб

В полевом руководстве 2023 года подробно описаны стратегия и критерии выбора и мониторинга мест сбора образцов для программы НСВОС в отношении полиовируса, соответствующих риску полиовируса, интересующей популяции и социально-экономическому и политическому контексту⁴⁶. Эти критерии включают соображения по выбору места при наличии сходящихся канализационных сетей и в их отсутствие, а также мониторинг производительности для оценки качества и прекращения эксплуатации неработающих мест. В руководстве также подробно описаны требования к безопасному и высококачественному сбору образцов, документированию, транспортировке и хранению.

Какие-либо особые рекомендации по сбору образцов окружающей среды для НСВОС в отношении полиовируса отсутствуют, помимо тех, что обычно используются для отбора микробиологических проб при мониторинге окружающей среды и НСВОС. Успешно использовались обычные случайные выборки, составные пробы (по времени или местоположению) и пассивный отбор/ловушки. Ни один метод не является идеальным, у каждого есть свои плюсы и минусы. При выборе следует учитывать конкретный контекст и вариант использования. Наиболее широко используемым методом в качестве реально осуществимого является периодический случайный отбор проб. Однако он имеет ограничения с точки зрения стоимости, чувствительности и своевременности; он требует забора проб в течение узкого временного окна, обладает низким временным охватом, а также требует дорогостоящей транспортировки объемных образцов жидкости. Доступны альтернативные улучшенные методы отбора проб и концентрации, которые устраняют некоторые из этих ограничений, но такие методы как фильтрация^{47–50} сами по себе имеют другие ограничения. На стадии оценки находятся другие инновации в отборе проб в сочетании с экспресс-анализом непосредственно на месте.

5.2. Лабораторные методы и интерпретация результатов

Наиболее распространенные, давно известные тесты НСВОС на полиовирус включают выделение вируса с использованием культуры клеток^{12,14–16,19}. Это позволяет обнаружить все типы полиовируса, которые затем идентифицируются как вакциноподобные или дикие с помощью теста внутритиповой дифференциации (ITD), включающего набор из шести анализов рОТ-ПЦР. В частности, самые последние рекомендации ВОЗ¹⁹ и рабочие проекты¹⁵ протоколов используют ОТ-ПЦР в реальном времени для последующего тестирования с помощью культивирования. Затем отобранные образцы транспортируются в аккредитованные ГСЛП специализированные лаборатории для секвенирования с целью дальнейшей идентификации полиовирусов вакцинного происхождения и подтверждения наличия полиовирусов, важных для программы. Однако эти методы не являются быстрыми; требования ГИЛП к производительности ГСЛП предусматривают завершение всех стадий процесса в течение 35 дней. Во всех случаях лаборатории, анализирующие концентрированные сточные воды, в которых обнаружен полиовирус (за исключением Сэбин-1 и -3), должны придерживаться протоколов GAP III и переходить на протоколы GAP IV^{51,52}.

Существует сильное желание использовать прямое тестирование рОТ-ПЦР в отношении изолятов клинических случаев ОВП, с учетом превосходства более своевременного и чувствительного обнаружения, а также пользы для анализа образцов сточных вод или окружающей среды. Хотя пока это не рекомендуется, но если эти тесты используют для образцов НСВОС, то ВОЗ предоставляет руководство о порядке информирования о любых положительных результатах и предоставления образцов в аккредитованные лаборатории⁵³. Прямые молекулярные методы для образцов НСВОС использовали в различных обстоятельствах для идентификации как полиовирусов дикого типа, так и вакцинного происхождения, хотя отрицательная прогностическая ценность все еще не достигла оптимального уровня. Примеры включают успешное использование для изучения, своевременного реагирования и контроля вспышек цПВВП в нескольких странах, включая США (штат Нью-Йорк), Великобританию (Лондон) и Израиль, где применяли как ОТ-ПЦР, так и секвенирование^{40–42,54}. Глобальные специализированные лаборатории сети ГСЛП (ВОЗ) находятся в процессе оценки молекулярных методов и в свои периодически обновляемые руководства будут включать любые изменения.

5.3. Отчетность и коммуникация

ГИЛП предоставляет интерактивную панель инструментов, объединяющую результаты наблюдения клинических случаев и НСВОС, представление которых адаптировано для конечного пользователя, а также включает геопространственные и табличные отображения¹⁷. К ним относятся обнаружение ОВП и НСВОС в отношении полиовируса, молекулярная эпидемиология и показатели обеспечения качества.

5.4. Приемлемость НСВОС в отношении полиовируса

В рамках программы эпиднадзора за полиовирусом во всем мире широко используют НСВОС на уровне населения НСВОС в отношении полиовируса соответствует этическим принципам ВОЗ по эпиднадзору в рамках общественного здравоохранения, в этих целях НСВОС общепризнан и используется во всем мире. Национальный план действий по полиовирусу является результатом

инклюзивного процесса с участием общественности, органов охраны окружающей среды и санитарии, а также других заинтересованных сторон, поэтому соответствующие соображения о приемлемости и этические аспекты следует обсуждать и учитывать в специально разработанном для страны плане действий, а также в ходе мониторинга и оценки. В странах, эндемичных по ДПВ-1, где вопросы приемлемости в отношении вакцинации против полиомиелита хорошо задокументированы, программа контроля широко внедряется и не испытывает таких проблем.

Сквозные вопросы приемлемости, этические, юридические аспекты и связанные с ними вопросы по всем мероприятиям НСВОС обсуждаются в обзорном документе НСВОС.

6. Соображения по комплексному эпиднадзору и многоцелевому НСВОС

6.1. Интеграция НСВОС в отношении полиовируса в существующий эпиднадзор и меры реагирования

- Вместе с клиническим и другим надзором НСВОС полностью интегрирован в программы по полиомиелиту, включая контекстное использование рутинного и гибкого режима НСВОС. Это дает наилучшую модель интегрированного мультимодального эпиднадзора, включая НСВОС для программ по другим заболеваниям.
- Интеграция НСВОС включает в себя как часть планирования комбинированного наблюдения с оптимальным соответствием, так и централизованную поддержку со стороны ГСЛП и служб данных, а также информирование для клинического надзора и деятельности НСВОС. Визуализация результатов НСВОС и клинического наблюдения совместно поддерживает своевременное принятие решений.
- Тем не менее поскольку целью ГИЛП является ликвидация полиомиелита, она до сих пор остается в основном вертикальной программой. В своей текущей стратегии конечной стадии ГИЛП стремится связывать и укреплять в целевых странах общие системы эпиднадзора за заболеваниями и реагирования на них⁵⁵.

6.2. Интеграция многоцелевого НСВОС с эпиднадзором за полиовирусом

- В конце 2023 года программа по полиомиелиту включала 900 центров в 86 странах с низким и средним уровнем дохода, прогнозируемое продолжение НСВОС в течение 10 лет после ликвидации полиомиелита, хорошо отлаженные процедуры НСВОС, инфраструктуру и партнеров, а также обязательство интегрировать приоритетные мероприятия НСВОС (например, в отношении SARS-CoV-2). Она также сохраняла обязательство внедрять инновации и укреплять чувствительные и своевременные методы отбора проб и анализа.
- Хорошо отлаженные программы НСВОС в отношении полиовируса могут обеспечить местный потенциал и возможности, которые с низкими предельными затратами можно расширить на другие патогены для рутинного и/или гибкого режима НСВОС. Это зависит от сохранения постоянной финансовой и логистической поддержки.
- Многоцелевой эпиднадзор с использованием программ по борьбе с полиомиелитом может повысить объективный контроль с готовностью к эпидемиям/пандемиям и возможностью реагирования, учитывая распределение центров по борьбе с полиомиелитом в странах с низким уровнем дохода.
- Распределение центров по борьбе с полиомиелитом в Африке, Азии, тропических и полутропических зонах может совпадать с распределением других представляющих интерес патогенов, таких как фекально-оральные патогены *S. Typhi*, *S. Paratyphi A* и *B*, *Vibrio cholerae*, а также вирус оспы обезьян и различные арбовирусы, переносимые комарами, среди прочих.
- Помимо этого, в принципе, любой патоген или его генетический материал, распространяющийся через сточные и природные воды, загрязненные человеком (например,

через стул, мочу, секреты, кожу или кровь), потенциально может быть обнаружен в образцах, собранных в рамках программы НСВОС в отношении полиовируса.

- Поэтому выглядят перспективными возможности использования и интеграции других патогенов с существующими или слегка измененными программами НСВОС в отношении полиовируса, при этом усиливая или не ухудшая НСВОС в отношении полиовируса. Однако известные ограничения и проблемы существуют. Программа НСВОС в отношении полиовируса использует стандартизированные методы, охватывающие разработку программы отбора проб, выбора и проверки места отбора, сбора и транспортировки образцов, анализа и отчетности; эти методы для других потенциальных целевых объектов могут оказаться неоптимальными. Это может ограничивать гибкость адаптации программы НСВОС в отношении полиовируса теми способами, которые поддерживают НСВОС в отношении нескольких патогенов.
- И наоборот, существующие практики НСВОС в отношении других патогенов могут быть частично использованы для интеграции полиовируса — например, для экономически более эффективного отбора проб и транспортировки.

7. Основные пробелы в знаниях и приоритеты прикладных исследований

Усилия по борьбе с полиомиелитом находятся на критическом этапе, поскольку масштаб и скорость распространения заболевания после пандемии COVID-19 могут поставить под угрозу достижение конечной стадии ликвидации полиомиелита. Существует несколько приоритетов прикладных исследований для оптимизации применения НСВОС в отношении полиовируса и укрепления эпиднадзора за полиомиелитом. Основные пробелы в знаниях и рекомендуемые области прикладных исследований включают:

- Расширенный стратегический план ГИЛП на 2022–2029 годы определяет потребность в новых инструментах, подходах и партнерах для оптимизации эффективности методов эпиднадзора НСВОС в отношении полиовируса. Это включает такие характеристики системы, как чувствительность и своевременность, которые должны быть осуществимы для масштабной реализации в соответствующих и разнообразных глобальных условиях как в эндемичных регионах, так и в регионах высокого риска. К таким условиям относится охват подверженных вспышкам цПВВП ключевых географических регионов, большая часть которых находится в условиях ограниченных ресурсов с нехваткой улучшенных систем санитарии в жарком тропическом климате.
- В настоящее время проводятся прикладные исследования, в том числе в областях, охватывающих:
 - Инновации, валидацию и стандартизацию методов отбора проб. Это включает в себя улучшение чувствительности и временного охвата периодического случайного отбора проб^{47–49}.
 - Лабораторные методы, в том числе с прямым молекулярным обнаружением и секвенированием. Это включает в себя улучшение чувствительности и своевременности

- культивирования со снижением требований к биобезопасности (т. к. прямые молекулярные методы не предполагают культивирование живых вирусов)^{40–42,54,56–58}.
- Другие улучшения в области наращивания потенциала и качества системных программ для сокращения времени получения результата и времени эффективного реагирования в целях достижения конечной стадии ликвидации полиовируса.
 - Исследования для определения компромиссов, необходимых при разработке методов и оптимизации решений в соответствующем контексте. Идеального метода не существует, и для достижения целей эпиднадзора в рамках конкретного контекста необходимы целенаправленные компромиссы.
 - Исследования по изучению оптимизации экономически эффективного, устойчивого НСВОС в отношении полиомиелита, который будет продолжаться и после ликвидации в рамках продолжающегося мониторинга. Вероятно, они будут включать определение других целевых объектов в рамках многоцелевого НСВОС, гарантируя при этом, что основная эффективность НСВОС в отношении полиовируса будет сохраняться или повышаться.

Список литературы

Общая информация о полиовирусе была взята из общедоступных руководств ГИЛП, ЦКЗ США и ВОЗ, к которым следует обратиться для получения самой последней информации^{17,59,60}.

1. Lopez Cavestany R, Eisenhower M, Diop OM, Verma H, Quddus A, Mach O. The Last Mile in Polio Eradication: Program Challenges and Perseverance. *Pathogens*. 2024;13(4):323. doi:10.3390/pathogens13040323
2. Shulman LM, Manor Y, Sofer D, Mendelson E. Bioterrorism and Surveillance for Infectious Diseases - Lessons from Poliovirus and Enteric Virus Surveillance. *J Bioterrorism Biodefense*. 2012;0(0):1-10. doi:10.4172/2157-2526.S4-004
3. Jeannoël M, Antona D, Lazarus C, Lina B, Schuffenecker I. Risk Assessment and Virological Monitoring Following an Accidental Exposure to Concentrated Sabin Poliovirus Type 3 in France, November 2018. *Vaccines*. 2020;8(2):331. doi:10.3390/vaccines8020331
4. Duizer E, Ruijs WL, Hintaran AP, Hafkamp MC, Veer M van der, Wierik MJ te. Wild poliovirus type 3 (WPV3)-shedding event following detection in environmental surveillance of poliovirus essential facilities, the Netherlands, November 2022 to January 2023. *Eurosurveillance*. 2023;28(5):2300049. doi:10.2807/1560-7917.ES.2023.28.5.2300049
5. Ghendon Y, Robertson SE. Interrupting the transmission of wild polioviruses with vaccines: immunological considerations. 1994;72.
6. Alexander JP Jr, Gary HE Jr, Pallansch MA. Duration of Poliovirus Excretion and Its Implications for Acute Flaccid Paralysis Surveillance: A Review of the Literature. *J Infect Dis*. 1997;175(Supplement_1):S176-S182. doi:10.1093/infdis/175.Supplement_1.S176
7. Lodder WJ, Buisman AM, Rutjes SA, Heijne JC, Teunis PF, de Roda Husman AM. Feasibility of quantitative environmental surveillance in poliovirus eradication strategies. *Appl Environ Microbiol*. 2012;78(11):3800-3805. doi:10.1128/AEM.07972-11
8. Dowdle WR, Birmingham ME. The Biologic Principles of Poliovirus Eradication. *J Infect Dis*. 1997;175(Supplement 1):S286-S292. doi:10.1093/infdis/175.Supplement_1.S286
9. Singanayagam A, Klapsa D, Burton-Fanning S, et al. Asymptomatic immunodeficiency-associated vaccine-derived poliovirus infections in two UK children. *Nat Commun*. 2023;14(1):3413. doi:10.1038/s41467-023-39094-0
10. Nasser AM, Tchorch Y, Fattal B. Comparative Survival of E. Coli, F+Bacteriophages, HAV and Poliovirus 1 in Wastewater and Groundwater. *Water Sci Technol*. 1993;27(3-4):401-407. doi:10.2166/wst.1993.0381
11. Nakajima M, Uwatoko K, Kobayashi K, Pan IJ, Iwabuchi N, Sunairi M. Adhesion and releasing of Poliovirus to activated sludge of wastewater purifying plants. *Water Sci Technol J Int Assoc Water Pollut Res*. 2003;47(9):117-121.

12. WHO. Polio Eradication Strategy 2022–2026: Delivering on a promise. Опубликовано онлайн в 2021 г. polioeradication.org
13. Kling C, Olin G, Fåhraeus J, Norlin G. Sewage as a carrier and disseminator of Poliomyelitis Virus. *Acta Med Scand.* 1942;112(3-4):250-263. doi:10.1111/j.0954-6820.1942.tb13092.x
14. WHO. Guidelines for environmental surveillance of poliovirus circulation. Опубликовано онлайн в 2023 г. https://polioeradication.org/wp-content/uploads/2016/07/WHO_V-B_03.03_eng.pdf
15. WHO. Global Polio Eradication Initiative. Guidelines on environmental surveillance for detection of poliovirus. Опубликовано онлайн в 2015 г. http://polioeradication.org/wp-content/uploads/2016/07/GPLN_GuidelinesES_April2015.pdf
16. WHO. Field guidance for the implementation of environmental surveillance for poliovirus. Опубликовано онлайн в 2023 г.
17. ГИЛП. Глобальная инициатива по ликвидации полиомиелита (ГИЛП). <https://polioeradication.org/>
18. Asghar H, Diop OM, Weldegebriel G, et al. Environmental Surveillance for Polioviruses in the Global Polio Eradication Initiative. *J Infect Dis.* 2014;210(suppl_1):S294-S303. doi:10.1093/infdis/jiu384
19. WHO. Polio laboratory manual, 4th edition. Опубликовано онлайн в 2024 г. https://polioeradication.org/wp-content/uploads/2017/05/Polio_Lab_Manual04.pdf
20. NASEM, Committee on Community Wastewater-based Infectious Disease Surveillance, Water Science and Technology Board, et al. *Wastewater-Based Disease Surveillance for Public Health Action*. National Academies Press; 2023:26767. doi:10.17226/26767
21. WHO. Poliovirus detections in European Region underscore importance of vaccination and vigilance. WHO - News.
22. Cowger TL, Burns CC, Sharif S, et al. The role of supplementary environmental surveillance to complement acute flaccid paralysis surveillance for wild poliovirus in Pakistan – 2011–2013. De La Torre JC, ed. *PLOS ONE.* 2017;12(7):e0180608. doi:10.1371/journal.pone.0180608
23. Kroiss SJ, Ahmadzai M, Ahmed J, et al. Assessing the sensitivity of the polio environmental surveillance system. *PLOS ONE.* 2018;13(12):e0208336. doi:10.1371/journal.pone.0208336
24. Kishore N. Surveillance To Track Progress Toward Polio Eradication — Worldwide, 2022–2023. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.* 2024;73. doi:10.15585/mmwr.mm7313a1
25. Hovi T, Blomqvist S, Nasr E, et al. Environmental surveillance of wild poliovirus circulation in Egypt--balancing between detection sensitivity and workload. *J Virol Methods.* 2005;126(1-2):127-134. doi:10.1016/j.jviromet.2005.02.002
26. Chowdhary R, Dhole TN. Interrupting wild poliovirus transmission using oral poliovirus vaccine: environmental surveillance in high-risks area of India. *J Med Virol.* 2008;80(8):1477-1488. doi:10.1002/jmv.21230

27. Nejati A, Tabatabaei SM, Mahmoudi S, et al. Environmental Surveillance of Poliovirus and Non-polio Enteroviruses in Iran, 2017–2023: First Report of Imported Wild Poliovirus Type 1 Since 2000. *Food Environ Virol.* 2024;16(3):391-397. doi:10.1007/s12560-024-09600-8
28. Davlantes E. Update on Wild Poliovirus Type 1 Outbreak — Southeastern Africa, 2021–2022. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.* 2023;72. doi:10.15585/mmwr.mm7215a3
29. Shabana MR, Zaghloul AY, El Shaarawy TH, Elleboudy NS, Aboshanab KM. Monitoring the VDPV2 outbreak in Egypt during 2020–2021 highlights the crucial role of environmental surveillance and boosting immunization in combating Poliovirus. *BMC Infect Dis.* 2024;24(1):866. doi:10.1186/s12879-024-09731-0
30. Raharinantoanina J, Joffret ML, Bessaud M, et al. Wide circulation of type 1 vaccine-derived poliovirus strains in clinical specimens from suspected cases of poliomyelitis, their contacts and in wastewater in Madagascar since late 2020. *Virology.* 2024;600:110253. doi:10.1016/j.virol.2024.110253
31. Zuckerman NS, Bucris E, Morad-Eliyahu H, et al. Environmental surveillance of a circulating vaccine-derived poliovirus type 2 outbreak in Israel between 2022 and 2023: a genomic epidemiology study. *Lancet Microbe.* 2024;5(10). doi:10.1016/S2666-5247(24)00116-2
32. Dedepsidis E, Kyriakopoulou Z, Pliaka V, et al. Retrospective characterization of a vaccine-derived poliovirus type 1 isolate from sewage in Greece. *Appl Environ Microbiol.* 2007;73(21):6697-6704. doi:10.1128/AEM.00535-07
33. Benschop KSM, van der Avoort HG, Jusic E, Vennema H, van Binnendijk R, Duizer E. Polio and Measles Down the Drain: Environmental Enterovirus Surveillance in the Netherlands, 2005 to 2015. *Appl Environ Microbiol.* 2017;83(13):e00558-17. doi:10.1128/AEM.00558-17
34. Chen P, Liu Y, Wang H, et al. Environmental Surveillance Complements Case-Based Surveillance of Acute Flaccid Paralysis in Polio Endgame Strategy 2019-2023. *Appl Environ Microbiol.* 2020;86(15):e00702-20. doi:10.1128/AEM.00702-20
35. Vinjé J, Gregoricus N, Martin J, et al. Isolation and characterization of circulating type 1 vaccine-derived poliovirus from sewage and stream waters in Hispaniola. *J Infect Dis.* 2004;189(7):1168-1175. doi:10.1086/382545
36. Blomqvist S, El Bassioni L, El Maamoon Nasr EM, et al. Detection of imported wild polioviruses and of vaccine-derived polioviruses by environmental surveillance in Egypt. *Appl Environ Microbiol.* 2012;78(15):5406-5409. doi:10.1128/AEM.00491-12
37. Roivainen M, Blomqvist S, Al-Hello H, et al. Highly divergent neurovirulent vaccine-derived polioviruses of all three serotypes are recurrently detected in Finnish sewage. *Euro Surveill Bull Eur Sur Mal Transm Eur Commun Dis Bull.* 2010;15(19):pii/19566.
38. Kitakawa K, Kitamura K, Yoshida H. Monitoring Enteroviruses and SARS-CoV-2 in Wastewater Using the Polio Environmental Surveillance System in Japan. *Appl Environ Microbiol.* 2023;89(4):e01853-22. doi:10.1128/aem.01853-22

39. World Health Organisation. Detection of circulating vaccine derived polio virus 2 (cVDPV2) in environmental samples– the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland and the United States of America. 2022. Дата обращения: 4 августа 2024 г.
<https://www.who.int/emergencies/disease-outbreak-news/item/2022-DON408>
40. Link-Gelles R. Public Health Response to a Case of Paralytic Poliomyelitis in an Unvaccinated Person and Detection of Poliovirus in Wastewater — New York, June–August 2022. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.* 2022;71. doi:10.15585/mmwr.mm7133e2
41. Ryerson AB. Wastewater Testing and Detection of Poliovirus Type 2 Genetically Linked to Virus Isolated from a Paralytic Polio Case — New York, March 9–October 11, 2022. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.* 2022;71. doi:10.15585/mmwr.mm7144e2
42. Klapsa D, Wilton T, Zealand A, et al. Sustained detection of type 2 poliovirus in London sewage between February and July, 2022, by enhanced environmental surveillance. *The Lancet.* 2022;400(10362):1531-1538. doi:10.1016/S0140-6736(22)01804-9
43. Zayed D, Banat M, Al-Tammemi AB. Infectious diseases within a war-torn health system: The re-emergence of polio in Gaza. *New Microbes New Infect.* 2024;62:101483. doi:10.1016/j.nmni.2024.101483
44. WHO. *World Health Organization. Highlights from the Meeting of the Strategic Advisory Group of Experts (SAGE) on Immunization [Internet].* 2024.; 2024. Дата обращения: 3 декабря 2024 г.
https://cdn.who.int/media/docs/default-source/immunization/sage/2024/september/sage-sept_2024-highlights_final.pdf?sfvrsn=6a0f811d_3
45. Asghar H, Diop OM, Weldegebriel G, et al. Environmental Surveillance for Polioviruses in the Global Polio Eradication Initiative. *J Infect Dis.* 2014;210(suppl 1):S294-S303. doi:10.1093/infdis/jiu384
46. WHO. Field guidance for the implementation of environmental surveillance for poliovirus. Published online 2023.
47. Zhou NA, Fagnant-Sperati CS, Shirai JH, et al. Evaluation of the bag-mediated filtration system as a novel tool for poliovirus environmental surveillance: Results from a comparative field study in Pakistan. *PLOS ONE.* 2018;13(7):e0200551. doi:10.1371/journal.pone.0200551
48. Fagnant CS, Beck NK, Yang MF, Barnes KS, Boyle DS, Meschke JS. Development of a novel bag-mediated filtration system for environmental recovery of poliovirus. *J Water Health.* 2014;12(4):747-754. doi:10.2166/wh.2014.032
49. Belgasmi H, Miles SJ, Sayyad L, et al. CaFÉ: A Sensitive, Low-Cost Filtration Method for Detecting Polioviruses and Other Enteroviruses in Residual Waters. *Front Environ Sci.* 2022;10. doi:10.3389/fenvs.2022.914387
50. Matrajt G, Naughton B, Bandyopadhyay AS, Meschke JS. A Review of the Most Commonly Used Methods for Sample Collection in Environmental Surveillance of Poliovirus. *Clin Infect Dis Off Publ Infect Dis Soc Am.* 2018;67(suppl_1):S90-S97. doi:10.1093/cid/ciy638

51. Всемирная организация здравоохранения. Глобальный план действий ВОЗ по минимизации риска, связанного с работой с полиовирусами в учреждениях, после ликвидации отдельных типов диких полиовирусов и постепенного прекращения использования оральных полиовакцин (ГПД IV). Опубликовано онлайн в 2023 г.
52. ВОЗ. Глобальный план действий ВОЗ по минимизации риска, связанного с работой с полиовирусами в учреждениях, после ликвидации отдельных типов диких полиовирусов и постепенного прекращения использования оральных полиовакцин. Опубликовано онлайн в 2015 г. https://polioeradication.org/wp-content/uploads/2016/12/GAPIII_2014.pdf
53. GPLN. Guidance Paper 9 Reporting polioviruses of programmatic interest detected using methods not-recommended or not-accepted by the GPLN-SWG. Опубликовано онлайн в 2023 г. https://polioeradication.org/wp-content/uploads/2024/05/GP9_Reporting-virus-of-programmatic-interest-detected-using-not-recommended-or-not-accepted-methods.30.05.2023.Final_.pdf
54. Manor Y, Shulman LM, Kaliner E, et al. Intensified environmental surveillance supporting the response to wild poliovirus type 1 silent circulation in Israel, 2013. *Eurosurveillance*. 2014;19(7):20708. doi:10.2807/1560-7917.ES2014.19.7.20708
55. Closser S, Neel AH, Gerber S, Alonge O. From legacy to integration in the Global Polio Eradication Initiative: looking back to look forward. *BMJ Glob Health*. 2024;9(5):e014758. doi:10.1136/bmjgh-2023-014758
56. Hindiyeh MY, Moran-Gilad J, Manor Y, et al. Development and validation of a real time quantitative reverse transcription-polymerase chain reaction (qRT-PCR) assay for investigation of wild poliovirus type 1-South Asian (SOAS) strain reintroduced into Israel, 2013 to 2014. *Eurosurveillance*. 2014;19(7). doi:10.2807/1560-7917.ES2014.19.7.20710
57. Sun H, Harrington C, Gerloff N, et al. Validation of a redesigned pan-poliovirus assay and real-time PCR platforms for the global poliovirus laboratory network. *PLOS ONE*. 2021;16(8):e0255795. doi:10.1371/journal.pone.0255795
58. Shaw AG, Mampuela TK, Lofiko EL, et al. Sensitive poliovirus detection using nested PCR and nanopore sequencing: a prospective validation study. *Nat Microbiol*. 2023;8(9):1634-1640. doi:10.1038/s41564-023-01453-4
59. About Polio in the United States. CDC - Polio. <https://www.cdc.gov/polio/about/index.html>
60. Полиомиелит. ВОЗ — Вопросы здравоохранения — Полиомиелит. https://www.who.int/health-topics/poliomyelitis#tab=tab_1