



# ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НЕФЕЛОМЕТРИИ В КАЧЕСТВЕ ЭКСПРЕСС-МЕТОДА ВИРУСНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ. ОПЫТ ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАН.

Выучейская Д.С., Тихонова Н.А., Еремин Г.Б., Фридман К.Б.  
ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, г. Санкт-Петербург, Россия.



## Резюме

В современном мире с ужесточением законодательства в области обеспечения населения питьевой водой гарантированного качества и развитием технологий водоподготовки все же остаются проблемы, связанные с ухудшением качества воды во время ее распределения по разводящим сетям. Ухудшения качества обусловлены износом материала труб, образованием и отрывом биопленок и коррозий. В связи с этим особо важным для обеспечения безопасности питьевого водоснабжения представляется определение соответствующих мер контроля и средств оперативного мониторинга, которые обеспечат незамедлительное и своевременное выявление любых отклонений от установленных нормативных значений.

## Введение

Обеспечение населения питьевой водой гарантированного качества является важнейшим условием реализации права граждан на благоприятную окружающую среду, закрепленного Конституцией РФ, условием для развития общества и государства в целом, характеризующим уровень его благополучия и благосостояния [1, 2]. В настоящее время достаточный доступ населения к качественной питьевой воде становится одной из глобальных проблем человечества [3, 4]. По данным ООН-Хабитат по состоянию на 2010г. более 6 миллиардов человек в мире имеют доступ к улучшенным источникам питьевой воды, по сравнению с 4 миллиардами в 1990 году [3, 4]. Однако, несмотря на огромный прогресс, более 1,1 миллиарда человек по-прежнему не имеют доступа к воде из чистых и безопасных водосточников, более 2,6 миллиарда человек не обеспечены необходимым уровнем благоустройства, что может приводить к загрязнению воды и распространению передаваемых через воду заболеваний [4].

## Материалы и методы

Проведён анализ научных публикаций, доступных в системах научного индексирования (PubMed, Web of Science, Scopus), нормативно-правовых актов и рекомендаций ВОЗ.

## Результаты

По мнению экспертов ВОЗ наиболее эффективным средством непрерывного обеспечения безопасности питьевого водоснабжения является использование метода интегральной оценки риска и управления риском, который охватывает все этапы водоснабжения от водосбора до потребления воды [5]. Такой подход отражен в Планах по обеспечению безопасного водоснабжения (ПОВВ) [5]. ПОВВ могут быть универсальными (для маломасштабных систем) или разрабатываться для каждой отдельной системы питьевого водоснабжения. Одним из составляющих ПОВВ является эффективный оперативный мониторинг в целях своевременного выявления любых отклонений показателей от нормативных значений. Важным показателем, который может давать ценную информацию быстро, относительно дешево и на регулярной основе является мутность [6]. Мутность, вызываемая взвешенными химическими и биологическими частицами, может оказывать влияние как на безопасность питьевой воды, так и на её органолептические свойства. Так, отмечается, что при мутности 4 NTU и выше, частицы, будучи видимыми, влияют на внешний вид и приемлемость питьевой воды для потребителей [6].

Сама мутность не всегда является прямым риском нарушения здоровья населения, однако, данный показатель может указывать на наличие патогенных микроорганизмов и быть эффективным индикатором опасных явлений во всей системе водоснабжения [6, 7]. Так, увеличение мутности в системах распределения воды может указывать на разрастание биопленок и коррозии или проникновение загрязняющих веществ через разрывы сети [6]. Также измерение мутности является рекомендованным подходом для управления качеством питьевой воды, что отражено в соответствующем руководстве ВОЗ [5]. Также данный показатель можно использовать в качестве основы для выбора водосточника и для оценки качества водоподготовки, включая коагуляцию, фильтрацию, дезинфекцию, а также мониторинг надежности систем распределения воды [6].

Причины возникновения мутности разнообразны, и многие из составляющих частиц (например, природные органические вещества) являются относительно безвредными [7].

Однако мутность может также указывать на наличие опасных химических, микробных и вирусных загрязнений и приводить к значительному ухудшению качества воды.

Одним из преимуществ мутности является то, что ее можно легко измерить с помощью простых недорогих приборов ручную и портативных настольных и онлайн-автоматических счетчиков, что особо важно в следствие того, что данный показатель быстро изменяется в ходе транспортировки и хранения воды [6, 7, 8].

## Результаты

Выбор того или иного метода определяется в каждой конкретной ситуации и зависит от доступных ресурсов (см. таблицу 1). Различные единицы мутности часто схожи, но не всегда эквивалентны. Это особенно справедливо для единиц мутности, которые основаны на визуальных оценках (JTU, TU) в то время, как другие единицы являются показаниями приборов (NTU, FTU, FAU). Стандартизированные методы, включая руководство по стандартам отбора и калибровки образцов, были установлены для различных методов измерения мутности [6, 7, 8].

Нефелометрический метод является наиболее распространенным, а мутность выражается в нефелометрических единицах мутности (NTU) или единицах мутности формазина (FTU) [6, 7, 8]. Данный метод возможно использовать для оперативного мониторинга значений мутности, в следствие его высокой точности и чувствительности. Однако, для малоресурсных систем этот метод подходит в меньшей степени из-за экономических затрат (необходимости технического обслуживания, затрат на расходные материалы и др.). В условиях высоких ресурсов мутность часто отслеживается непрерывно в режиме онлайн, тогда как в системах с низким уровнем ресурсов, где непрерывный мониторинг невозможен, мутность должна контролироваться с частотой, которая позволит выявлять проблемы своевременно (например, минимальный, но более частый мониторинг).

Таблица 1. Сравнение методов измерения мутности

Метод	Единицы измерения	Характеристика	Достоинства	Недостатки
Нефелометрический или формазинный метод с использованием мобильных, настольных или онлайн-приборов	Нефелометрические единицы мутности – Nephelometric Turbidity Unit (NTU)  Единицы мутности формазина - Formazin Nephelometric Unit (FNU)  NTU и FNU считаются эквивалентными	•Измеряет интенсивность рассеянного света на детекторе, обычно расположенном под углом 90 градусов к лучу падающего света (используются лампы с белым светом в случае NTU и инфракрасным - в случае FNU). •Оба калибруются с использованием формазинных стандартов	•Точный •Чувствительный (диапазон измерения от 0,01-5 NTU) •Подходит для полевых испытаний •Подходит для оперативного мониторинга	•Более высокая стоимость по сравнению с другими методами •Требуется источник питания •Требуется техническое обслуживание и калибровка •Требуется расходные материалы (например, стандарты калибровки) •Требуется высокая квалификация специалиста
Турбидиметрический метод	Единицы мутности по формазину - Formazin Attenuation Units (FAU)	•Детектор расположен на одной оси с источником излучения, анализируется интенсивность проходящего светового луча •Калибровка с использованием формазинных стандартов	•Точность выше 40 FAU •Подходит для использования в сильно мутных водах (обычно в диапазоне 40-4000 FAU)	•Менее точный •Не так чувствителен, как нефелометрический метод
Свечной турбидиметр Джексона	Джексоновские единицы мутности - Jackson Turbidity Unit (JTU)	•Стеклянную колбу с плоским дном располагают над зажженной свечой, постепенно добавляя пробу воды до тех пор, пока пламя свечи не исчезнет из вида за столбом воды в колбе.	•Бюджетный •Низкотехнологичный	•Не подходит для полевых испытаний; •Результат, субъективен и зависит от индивидуальной интерпретации •Ограниченная чувствительность (предел обнаружения 4 JTU)
Трубки мутности	Единицы Мутности - Turbidity Unit (TU)	•Вода, добавленная в прибор, скрывает визуальный маркер у основания цилиндра. •Уровень воды в трубке соответствует приблизительной величине мутности	•Бюджетный •Низкотехнологичный •Простой в использовании •Подходит для полевых испытаний •Может измерять мутность в диапазоне до 2000 EM	•Ограниченная чувствительность (предел обнаружения - 5 EM) •Результат, субъективен и зависит от индивидуальной интерпретации

## Выводы

Мутность может быть включена в оперативный мониторинг качества воды в системах распределения в качестве показателя целостности, а также хорошей эксплуатации и обслуживания распределительной сети [8, 13]. Значение мутности в распределительных системах будет варьироваться в зависимости от водосточника, типа водоочистки, условий работы (например, колебания давления и перебои в подаче воды), а также состояния, сложности и целостности распределительной сети. Целевые показатели мутности могут быть идентифицированы путем определения фоновых уровней по всей системе, когда водоочистка эффективно функционирует и в распределительной системе нет известных неисправностей. Любые существенные и неожиданные увеличения выше значений фона должны быть исследованы немедленно, чтобы определить причину и необходимые мероприятия по устранению этих причин/

## Список литературы

1. Конституция Российской Федерации [Электронный ресурс]: принята всенародным голосованием 12.12.1993.: с учетом поправок, внесенных Законами РФ о поправках к Конституции РФ от 30.12.2008 N 6-ФКЗ, от 30.12.2008 N 7-ФКЗ, от 05.02.2014 N 2-ФКЗ, от 21.07.2014 N 11-ФКЗ // «Консультант плюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>
2. Джастин Д. Брукс и Кэйлан С. Кери. Обеспечение наличия и рациональное использование водных ресурсов и санитарии для всех. 2015.-Информационный центр ООН в Москве. (<http://www.unic.ru/press/prinimaya-vyzov-obespechit-dostup-k-bezopasnum-istochnikam-chistoi-vody-vo-vsem-mire>)
3. Прогресс в области обеспечения питьевой водой, санитарии и гигиены: обновленная информация за 2017 г. и исходные уровни для достижения Целей в области устойчивого развития [Progress on drinking water, sanitation and hygiene: 2017 update and SDG baselines]. Женева: Всемирная организация здравоохранения и Детский фонд Организации Объединенных Наций (ЮНИСЕФ); 2017 г. Лицензия: CC BY-NC-SA 3.0 IGO
4. UN-Habitat - Water and Sanitation (<https://unhabitat.org/urban-themes/water-and-sanitation-2/>)
5. World Health Organization (2017). Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum. WHO, Geneva, Switzerland([https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/drinking-water-quality-guidelines-4-including-1st-addendum/en/](https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/drinking-water-quality-guidelines-4-including-1st-addendum/en/)).
6. World Health Organization. (2017). Water quality and health - review of turbidity: information for regulators and water suppliers. World Health Organization. (<http://www.who.int/iris/handle/10665/254631>).
7. Ayse Ercumen et al. 2014. Water Distribution System Deficiencies and Gastrointestinal Illness: A Systematic Review and Meta-Analysis. Environmental Health Perspectives 122(7):651-660. (<http://dx.doi.org/10.1289/ehp.1306912>).
8. ISO (2016). International Standard ISO 7027–1:2016(E): Water quality – determination of turbidity. Part 1: quantitative methods. Geneva: International Organization for Standardization.