

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель Министра –
Главный государственный
санитарный врач
Республики Беларусь

«» В.Нечай
2024 г.

Регистрационный № 020-1124

**МЕТОД ОЦЕНКИ РИСКОВ ЗДОРОВЬЮ ПРИ ПИТЬЕВОМ
И РЕКРЕАЦИОННОМ ВОДОПОЛЬЗОВАНИИ,
АССОЦИИРОВАННЫХ С ЦВЕТЕНИЕМ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ**

инструкция по применению

УЧРЕЖДЕНИЕ-РАЗРАБОТЧИК:

Государственное учреждение «Республиканский центр гигиены,
эпидемиологии и общественного здоровья»

АВТОРЫ:

к.м.н., доцент Дроздова Е.В., Суворец Т.З., Фираго А.В.

Минск, 2024

ГЛАВА 1 НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1. В настоящей инструкции по применению (далее – Инструкция) изложен метод оценки рисков здоровью при питьевом и рекреационном водопользовании, ассоциированных с цветением водных объектов, который может быть использован в комплексе медицинских услуг, направленных на медицинскую профилактику заболеваний населения, ассоциированных с цветением водных объектов.

2. Положения Инструкции могут использоваться для получения информации о риске здоровью населения при питьевом и рекреационном водопользовании, ассоциированном с загрязнением водных объектов продуктами цветения водорослей, с целью:

обоснования приоритетных мероприятий, направленных на устранение (снижение) уровня риска для здоровья населения, достижение целевого уровня риска;

информирования об установленных уровнях риска лиц, участвующих в принятии управленческих решений, населения и иных заинтересованных организаций;

оценки эффективности методов водоподготовки, выбора наиболее эффективных;

обоснования нормативных требований при разработке нормативных правовых актов по обеспечению безопасности питьевого водоснабжения и рекреационного водопользования.

3. Настоящая Инструкция предназначена для врачей – гигиенистов, иных специалистов органов и учреждений, осуществляющих государственный санитарный надзор, государственных медицинских научных организаций, уполномоченных на проведение оценки риска здоровью.

4. Настоящая Инструкция вступает в силу с даты ее утверждения.

ГЛАВА 2 ТЕРМИНЫ И ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

5. Для целей настоящей Инструкции используются общепринятые термины и их определения, установленные законодательством в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения, основополагающими методическими документами в области оценки рисков здоровью населения [1, 2, 3], а также следующие термины и определения:

агрегированный риск – вероятность развития вредного для здоровья эффекта в результате поступления одного химического вещества

в организм человека всеми возможными путями (*синоним*: комплексное поступление);

идентификация опасности – этап оценки риска, предусматривающий выявление всех потенциально опасных факторов, оценку весомости доказательств их способности вызывать определенные вредные эффекты у населения при предполагаемых условиях воздействия, а также отбор приоритетных факторов, подлежащих углубленному исследованию в процессе оценки риска;

критические органы или системы – органы или системы, в которых при возрастании уровня дозы возникает первый вредный эффект или его известный предвестник;

кумулятивный риск – вероятность развития вредного для здоровья эффекта в результате поступления в организм человека различными путями нескольких химических веществ, обладающих сходным механизмом действия;

оценка зависимости «доза-ответ» («экспозиция-ответ») – один из этапов оценки риска, процесс установления (выбора) количественных показателей, характеризующих связь между воздействующей дозой (концентрацией) загрязняющего вещества и вероятностью вредных эффектов в экспонируемой популяции;

оценка риска – процесс установления вероятности развития и степени выраженности неблагоприятных эффектов у человека, обусловленных воздействием факторов окружающей среды;

оценка экспозиции – определение и оценка (качественная и количественная) уровней, продолжительности, частоты и путей воздействия исследуемых факторов на оцениваемые группы населения;

питьевая вода – вода, которая соответствует нормативам безопасности питьевой воды;

путь поступления – способ контакта между организмом и потенциально вредным загрязняющим веществом (пероральное поступление, ингаляция, кожная абсорбция);

риск – сочетание вероятности неблагоприятного воздействия на организм человека факторов среды его обитания, нарушения законодательства в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения и последствий данного воздействия, ведущее к возникновению угрозы жизни и здоровью населения;

стандартные величины – усредненные значения факторов экспозиции, применяемые при отсутствии точных величин для конкретных местных условий (*синоним*: величины, принимаемые по умолчанию);

сценарий экспозиции (воздействия) – описание специфических условий экспозиции; совокупность факторов, предположений, допущений и заключений о воздействии оцениваемого вредного фактора (воздействующие вещества, маршрут воздействия, точки воздействия, пути поступления загрязняющего вещества в организм человека, экспонируемые группы населения). Сценарий экспозиции может включать несколько маршрутов и путей воздействия;

фактор(ы) (дескрипторы) экспозиции – переменные, характеризующие особенности воздействия агента (например, концентрация, суточный объем водопотребления, частота воздействия и др.);

характеристика риска – завершающий этап оценки риска, на котором интегрируется информация, полученная на предшествующих этапах исследований, проводится расчет и ранжирование рисков, источников их возникновения, воздействующих сред и путей поступления химических веществ в организм, анализ всех неопределенностей для обоснования выводов и рекомендаций (мер), необходимых для управления риском;

целевой риск – уровень риска, который устанавливается для учета региональных особенностей формирования общей химической нагрузки на население, а также с целью установления перспективных значений риска, которые должны быть достигнуты в процессе проведения профилактических и оздоровительных мероприятий;

цианотоксины – токсины, вырабатываемые некоторыми пресноводными сине-зелеными водорослями;

экспозиция (воздействие) – контакт организма с загрязняющим веществом; количество агента, присутствующее на обменных оболочках тела, доступное для абсорбции.

ГЛАВА 3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

6. Основные положения настоящей Инструкции разработаны с учетом современного уровня знаний об опасностях для здоровья, ассоциированных с воздействием на организм продуктов цветения водных объектов (цианотоксинов), и гармонизированы с наилучшими международными [4-8] и зарубежными методическими подходами [9-14].

7. Метод оценки рисков здоровью при питьевом и рекреационном водопользовании, ассоциированных с цветением водных объектов (далее – Метод), учитывает классические подходы к оценке рисков здоровью от воздействия химических веществ и предусматривает

проведение 4 основных этапов: идентификация опасности, оценка экспозиции, оценка зависимости «доза-ответ», характеристика риска.

8. Оценка рисков проводится согласно общим принципам, изложенным в основополагающих инструктивно-методических документах по оценке риска для здоровья населения, в том числе, в методе оценки риска для здоровья населения, обусловленного воздействием химических веществ, загрязняющих питьевую воду¹ [3] (далее – Метод оценки риска ХВПВ).

В главах 4-7 настоящей Инструкции отражены особенности проведения оценки рисков здоровью, ассоциированных с присутствием в воде цианотоксинов.

9. Исследования по оценке рисков могут иметь различную временную направленность:

– ретроспективные исследования (оценка рисков, обусловленных предшествующими воздействиями цианотоксинов, содержащихся в воде);

– текущая оценка риска (связана с существующим на момент исследований загрязнением воды);

– проспективная оценка риска (характеризует уровни риска, которые, вероятно, будут наблюдаться через заданный период времени при конкретном сценарии воздействия).

10. Оценка рисков здоровью, ассоциированных с цветением водных объектов, на основе определения приоритетных цианотоксинов может осуществляться:

– при системном цветении водных объектов, используемых хозяйственно-питьевых и культурно-бытовых (рекреационных) целей;

– при комплексном анализе ситуации в системах питьевого водоснабжения (при наличии поверхностного водозабора) с целью всесторонней оценки рисков здоровью, ассоциированных с воздействием химических веществ, присутствующих в питьевой воде;

– на этапе проектирования, реконструкции систем централизованных систем питьевого водоснабжения с поверхностным водозабором (для оценки эффективности водоподготовки);

– при возникновении аварийных ситуаций на централизованных системах питьевого водоснабжения с поверхностным водозабором в период интенсивного цветения воды в источнике, сопровождающихся несрабатыванием систем очистки воды либо применением «усиленных» методов водоподготовки (что может привести к массивному поступлению цианотоксинов в воду вследствие разрушения и лизиса цианобактериальных клеток);

¹ Метод оценки риска для здоровья населения, обусловленного воздействием химических веществ, загрязняющих питьевую воду: инструкция по применению : утв. Гл. гос. санитар. врачом Респ. Беларусь 28.01.2022, рег. № 019-1221

– в период интенсивного цветения поверхностных водных объектов, используемых для рекреации, при отсутствии ограничений/запретов для купания и других контактных видов рекреационного использования водных объектов;

– при разработке системы мер по снижению интенсивности цветения водных объектов (в рамках межведомственного подхода) с целью обоснования наиболее эффективных мероприятий;

– при выявлении случаев заболеваний населения и животных, связанных с воздействием цианотоксинов через воду (в условиях республики на данном этапе маловероятно, но потенциальная возможность существует).

ГЛАВА 4 ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОПАСНОСТИ

11. Основной задачей этапа идентификации опасности (*англ.* Hazard Identification) является обоснование выбора приоритетных цианотоксинов, изучение которых позволяет с достаточной надежностью охарактеризовать уровни риска нарушений в состоянии здоровья населения и источники его возникновения.

12. Основную угрозу здоровью населения при цветении водных объектов представляют цианобактерии (сине-зеленые водоросли), токсины которых обладают гепато-, нейро-, гастро-, цитотоксичностью, раздражительным действием.

Выделяют две основные группы цианотоксинов в соответствии с их химической структурой: циклические пептиды (микроцистины и нодулярин) и алкалоиды (цилиндроспермопсин, анатоксины, сакситоксины). Среди основных и наиболее агрессивных цианотоксинов выделяют микроцистин-LR и цилиндроспермопсин.

Сведения о биологическом действии различных токсинов цианобактерий приведены в приложении 1 к настоящей Инструкции.

13. Следует учитывать, что на формирование цветения и рост цианобактерий влияет комплекс факторов различной природы (физические, химические и биологические), в результате их взаимодействия могут наблюдаться значительные ежегодные и сезонные колебания уровня преобладающих видов цианобактерий и их токсинов.

Основные факторы, влияющие на цветение водных объектов и концентрацию цианотоксинов (свободных и связанных): свет, температура воды и воздуха, уровень рН воды, содержание достаточного количества основных неорганических питательных веществ (азота, фосфора), расположение и глубина мест отбора проб воды.

Цветение водных объектов в природно-климатических условиях Республики Беларусь обычно происходит в конце июня – сентябре.

14. При идентификации опасности, связанной с цветением водных объектов, следует учитывать следующие факторы (показатели), изменение которых косвенно может свидетельствовать о потенциальном присутствии в воде водного объекта цианотоксинов:

- образование на поверхности воды пленки из биомассы сине-зеленых водорослей;
- снижение прозрачности воды водного объекта;
- потенциальное поступление основных питательных веществ и возможные колебания поступления (сезонность поверхностного стока, возможные долгосрочные изменения);
- повышение концентраций питательных веществ, особенно общего фосфора и общего азота, их сезонные колебания;
- повышение температуры воды водного объекта до 25 °С и выше;
- снижение скорости тока воды, стоячий водоем.

15. Факторы, усугубляющие опасность для здоровья цветения водных объектов, являются:

- применение хлорирования при водоподготовке (способствует деструкции цианобактериальных клеток с выходом цианотоксинов);
- массовое использование водного объекта для купания (особенно детьми младшего возраста).

16. На данном этапе проводится оценка наличия сведений о количественных параметрах, необходимых для последующей характеристики риска здоровью (наличие референтных доз (концентраций), факторов канцерогенного потенциала, установленных в эпидемиологических исследованиях параметров «доза(экспозиция)–ответ»). Перечень наиболее авторитетных источников данных с интернет-ссылками приведен в таблице 1.4. приложения 1 к настоящей Инструкции.

17. По итогу реализации этапа принимается решение о целесообразности проведения оценки рисков здоровью, ассоциированных с цветением водных объектов, и перечне цианотоксинов, включенных в оценку (приоритетные цианотоксины).

При необходимости определяются задачи по дополнительному сбору информации о концентрациях цианотоксинов – разрабатывается программа их мониторинга (подробнее в пункте 19 главы 5 и приложении 2 к настоящей Инструкции).

ГЛАВА 5 ОЦЕНКА ЭКСПОЗИЦИИ

18. На этапе оценки экспозиции (*англ.* Exposure Assessment) проводится определение и оценка уровней цианотоксинов в воде водного объекта и питьевой воде, а также продолжительности, частоты и путей воздействия на популяцию в целом и на наиболее чувствительные группы населения.

19. Исходными данными для оценки экспозиции являются данные лабораторных исследований о содержании приоритетных цианотоксинов в воде, выполненных в ходе:

– рутинных (плановых) исследований в рамках программы производственного контроля [15-17] или социально-гигиенического мониторинга не менее, чем за 1 сезон (ретроспективные данные);

– разовых целевых лабораторных исследований.

При проведении целевых исследований важно учитывать сезонность и время видимого цветения цианобактерий. С учетом текущей природно-климатической ситуации определение цианотоксинов целесообразно проводить в июле–сентябре.

Общие рекомендации по отбору проб воды поверхностных водных объектов для проведения исследований на содержание цианотоксинов приведены в приложении 2 к настоящей Инструкции.

20. Обоснование сценариев экспозиции.

Учитывая, что, как правило, известные цианотоксины не являются летучими соединениями, ингаляционное поступление при обычных сценариях, не связанных с профессиональным контактом, учитывать нецелесообразно.

При комплексном анализе предлагается моделировать 3 сценария экспозиции [19]:

1-ый сценарий: использование воды централизованных систем водоснабжения для питьевых и хозяйственно-бытовых нужд (питье, душ) – учитывается пероральное поступление и кожная экспозиция;

2-ой сценарий: использование воды водных объектов для рекреационного водопользования (плавания) – учитывается пероральное поступление и кожная экспозиция.

В данной ситуации плавание рассматривается как контактный вид рекреационного водопользования, предполагающий максимальный контакт с водой.

3-ий сценарий: сценарий, учитывающий хозяйственно-питьевое и рекреационное водопользование, – оценка агрегированных рисков.

21. Расчет потенциальной среднесуточной дозы при хроническом воздействии для последующей оценки неканцерогенных и канцерогенных

рисков проводится на основе положений и формул, изложенных в Методе оценки риска ХВПВ [3], с учетом особенностей, обозначенных в данной главе и приложении 4 к настоящей Инструкции.

22. В формулах для расчета экспозиции могут использоваться:

– значения специфических региональных параметров (факторов экспозиции), установленные при изучении интенсивности водопользования на конкретной территории или территории Республики Беларусь (предпочтительно),

– стандартные величины факторов экспозиции (консервативные) ([3], приложение 3 к настоящей Инструкции),

– справочные значения факторов экспозиции из официальных изданий, в том числе, зарубежных (например, US EPA Exposure Factors Handbook [19]);

– данные параметров из научных публикаций.

Выбор параметров для расчета экспозиции подробно описывается в отчете по оценке рисков.

23. При отсутствии собственных данных для расчета доз при рекреационном водопользовании могут использоваться значения факторов экспозиции (объем случайно заглатываемой воды в час) (IR), изложенные в таблице 3.3. приложения 3 к настоящей Инструкции.

24. Рекомендуется проводить расчет доз для различных возрастных групп населения для:

– центральной тенденции (на основании средних значений), а также

– сценария наихудшего случая (на основе значений максимальных концентраций с применением консервативных факторов экспозиции) или максимально обоснованной экспозиции (на основе значений концентраций, соответствующих верхней 95 %-ной доверительной границе средней величины или P95).

25. В случае, если по результатам расчета по сценарию наихудшего случая расчетные значения среднесуточных доз цианотоксинов не превышают значения референтных доз для наиболее чувствительных групп населения, расчет по центральной тенденции возможно не проводить.

26. Для повышения надежности при оценке экспозиции целесообразно выполнять замещение незначимых результатов («ниже предела обнаружения» или «не обнаружено») с использованием для замещающих значений нижнего предела количественного определения метода (LOD / ПКО) с учетом обоснованных подходов, например, изложенных в [20].

27. Частота воздействия (EF).

Учитывая, что цветение водных объектов зависит от температурно-климатических условий (происходит в теплое время года)², для условий республики нецелесообразно применять значение показателя «частота воздействия», равное 350/365 дней в году.

Предлагается использовать следующие условия:

для питьевого водопользования: $EF = 90$ дней в году (для аггравированных условий – 120 дней (4 месяца) в году);

для рекреационного водопользования: $EF = 45$ дней в году (умеренный климат).

28. Расчет потенциальной среднесуточной дозы поступления цианотоксинов в организм при хозяйственно-питьевом и рекреационном водопользовании (3-й сценарий – агрегированная экспозиция) для каждой возрастной группы проводится путем суммирования доз:

– соответствующих максимальной экспозиции при хозяйственно-питьевом водопользовании и при рекреационном водопользовании (оценка по наихудшему сценарию);

– рассчитанных на средних значениях концентраций за период наблюдения в распределительной сети и поверхностных водных объектах, используемых для рекреационных целей (оценка центральной тенденции).

ГЛАВА 6 ОЦЕНКА ЗАВИСИМОСТИ «ДОЗА-ОТВЕТ»

29. Этап оценки зависимости «доза(экспозиция)-ответ» предусматривает:

сбор информации о токсических и канцерогенных свойствах цианотоксинов, их метаболитах;

выбор основного критического исследования (наблюдения), наиболее полно характеризующего зависимость «доза(экспозиция)-ответ» и наблюдаемые вредные эффекты при условиях воздействия, соответствующих в наибольшей степени выбранному сценарию и маршрутам воздействия;

анализ дополнительных исследований, поддерживающих правильность выбора критического наблюдения;

определение необходимых параметров зависимости «доза-ответ», оценка неопределенности и экстраполяция параметров зависимости «доза-ответ» на экспонируемое население;

обобщение токсикологической информации и выбор критериев для последующей оценки риска;

² По данным исследований, проведенных в 2022 и 2023 годах, количественное определение цианотоксинов в воде водных объектов, используемых для хозяйственно-питьевого водоснабжения и рекреации отмечалось в течение 7-8 недель в период «июль – начало сентября» [18].

итоговую характеристику неопределенности на этапе оценки зависимости «доза(экспозиция)-ответ».

30. На данном этапе проводится оценка связи между концентрацией цианотоксинов и нарушениями состояния здоровья человека на основании анализа доступных данных о параметрах токсичности и опасности веществ, величинах гигиенических нормативов, референтных уровней воздействия, с привлечением данных фундаментальных токсиколого-гигиенических исследований о неблагоприятных эффектах.

В качестве источников информации о негативном воздействии оцениваемых химических веществ могут использоваться различные релевантные источники информации – отчеты, справочники, аналитические обзоры, научные публикации в рецензируемых изданиях, авторитетные базы данных, международные и зарубежные руководства. Перечень наиболее авторитетных источников информации в свободном доступе приведен в таблице 1.4. приложения 1 к настоящей Инструкции.

В качестве исходных данных могут использоваться сведения о параметрах токсичности приоритетных цианотоксинов, приведенные в таблице 1.2 приложения 1 к настоящей Инструкции.

ГЛАВА 7 ХАРАКТЕРИСТИКА РИСКА

31. Этап характеристики риска (*англ.* Risk Characterization).

На данном этапе интегрируется информация об опасности анализируемых химических веществ и величине экспозиции с целью качественной и количественной оценки риска, идентификации и оценки сравнительной значимости проблем для здоровья населения.

32. Алгоритм характеристики риска включает:

обобщение результатов оценки экспозиции и зависимостей «доза(экспозиция)-ответ»;

расчет значений риска для отдельных маршрутов и путей поступления цианотоксинов;

расчет рисков для условий агрегированной экспозиции (поступление одного химического вещества в организм человека всеми возможными путями из разных объектов среды обитания) и кумулятивной экспозиции (одновременное воздействие нескольких веществ различными путями);

выявление и анализ неопределенностей оценки риска, которые способны исказить результаты анализа риска и окончательные выводы;

категорирование рассчитанных значений рисков в соответствии с классификацией уровней риска;

обобщение результатов оценки риска и их представление лицам, участвующим в управлении рисками.

33. Для оценки уровней риска здоровью, обусловленного содержанием цианотоксинов в питьевой воде и рекреационных водах, используются следующие критерии:

коэффициент опасности при хроническом воздействии цианотоксинов;

индекс опасности при хроническом воздействии цианотоксинов;

индивидуальный канцерогенный риск воздействия цианотоксинов (для каждого соединения, поступающего в организм анализируемыми путями);

суммарный канцерогенный риск воздействия цианотоксинов при множественности путей поступления в организм;

популяционный канцерогенный риск воздействия цианотоксинов.

34. Расчет показателей, характеризующих канцерогенный риск и риск развития неканцерогенных эффектов, проводится на основе положений и формул, изложенных в Методе оценки риска ХВПВ [3].

Настоящая Инструкция дополняет и конкретизирует отдельные подходы применительно оценки рисков здоровью при экспозиции цианотоксинами с водой.

35. Расчет показателей, характеризующих риск развития неканцерогенных эффектов.

35.1. Расчет коэффициента опасности при хроническом воздействии вещества проводится с учетом критических органов/систем по формулам:

$$HQ = AD / RfD \quad (1),$$

$$HQ = AC / RfC \quad (2),$$

где HQ – коэффициент опасности,

AD – оцениваемая доза химического вещества в воде, мг/кг,

AC – оцениваемая концентрация химического вещества в воде, мг/л,

RfC – референтная (безопасная) концентрация, мг/л,

RfD – референтная (безопасная) доза, мг/кг.

При $HQ \leq 1,0$ риск вредных эффектов рассматривается как пренебрежимо малый при ежедневном поступлении вещества в течение жизни. С увеличением коэффициента опасности вероятность развития вредных эффектов возрастает.

35.2. Характеристика риска развития неканцерогенных эффектов при комбинированном и комплексном воздействии химических соединений проводится на основе расчета индекса опасности (HI).

Индекс опасности (HI) для условий одновременного поступления нескольких веществ одним и тем же путем рассчитывается для веществ,

характеризующихся воздействием на одинаковые критические органы и системы, по формуле (3):

$$HI_k = \sum HQ_i \quad (3),$$

где HI_k – индекс опасности развития нарушения функций k -ых критических органов и систем,

HQ_i – коэффициенты опасности для отдельных компонентов смеси воздействующих веществ (цианотоксинов) (i) на критические органы и системы k .

35.3. При комплексном поступлении химического вещества (цианотоксина) в организм человека из среды обитания одновременно несколькими путями, а также при многосредовом и многомаршрутном воздействии критерием риска является суммарный индекс опасности, характеризующий кумулятивный риск (THI_k), который рассчитывается по формуле 4:

$$THI_k = \sum HI_k \quad (4),$$

где THI_k – суммарный индекс опасности, характеризующий кумулятивный риск,

HI_k – индексы опасности для отдельных путей поступления или отдельных маршрутов воздействия.

35.4. При комплексном и (или) многосредовом поступлении одного вещества коэффициенты опасности, установленные по отношению к одним и тем же критическим органам и системам, для каждого пути поступления и каждого объекта среды обитания суммируются, и рассчитывается суммарный индекс опасности (THI) (схема в таблице 1).

Таблица 1

Схема для расчета индекса опасности при комплексном многосредовом воздействии цианотоксина

Объекты среды обитания	Путь поступления		
	Пероральный	Накожный	Сумма
Питьевая вода	HQ_{wo}	HQ_{wd}	HI_w
Водный объект	HQ_{ro}	HQ_{rd}	HI_r
Сумма	HI_o	HI_d	THI

Примечание: обозначения индексов: о – пероральное поступление; d – накожная экспозиция; w – питьевая вода; r – открытый водоем (рекреационное использование).

35.5. При одновременном присутствии в среде обитания нескольких веществ (цианотоксинов) аналогичные расчеты проводятся сначала для каждого исследуемого вещества, а затем смеси в целом, с учетом поражаемых органов и систем организма. Схема изложена в таблице 2.

По значению индекса THI могут быть выделены приоритетные органы и системы, в наибольшей степени поражаемые при воздействии химических факторов среды обитания.

Схема для расчета неканцерогенных рисков при одновременном воздействии нескольких цианотоксинов

Путь поступления	Вещество 1	Вещество 2	Вещество i	Сумма*
Питьевая вода				
Пероральный	HQ _{wo1}	HQ _{wo2}	HQ _{woi}	ΣHQ _{wo}
Накожный	HQ _{wd1}	HQ _{wd2}	HQ _{wdi}	ΣHQ _{wd}
Сумма	ΣHQ _{w1}	ΣHQ _{w2}	ΣHQ _{wi}	ΣHQ _w
Водный объект (рекреационное использование)				
Пероральный	HQ _{ro1}	HQ _{ro2}	HQ _{roi}	ΣHQ _{ro}
Накожный	HQ _{rd1}	HQ _{rd2}	HQ _{rdi}	ΣHQ _{rd}
Сумма	ΣHQ _{r1}	ΣHQ _{r2}	ΣHQ _{ri}	ΣHQ _r
Суммарное поступление				
Пероральное	HQ _{wo1+} HQ _{ro1}	HQ _{wo2+} HQ _{ro2}	HQ _{woi+} + HQ _{roi}	ΣHQ _{wo+} ΣHQ _{ro}
Накожное	HQ _{wd1+} HQ _{rd1}	HQ _{wd2+} HQ _{rd2}	HQ _{wdi+} + HQ _{rdi}	ΣHQ _{wd+} ΣHQ _{rd}
Сумма по всем средам и путям	ΣHQ ₁	ΣHQ ₂	ΣHQ _i	ΣHQ*
<p><i>Примечание:</i> <*> - оценка неканцерогенного риска при комплексном поступлении одновременно нескольких химических веществ проводится с учетом критических органов и систем (например, органы дыхания, печень, почки, сердечно-сосудистая система). Обозначения индексов: о – пероральное поступление; d – кожная экспозиция; w – питьевая вода; r – открытый водоем (рекреационное использование).</p>				

36. Расчет показателей, характеризующих канцерогенный риск.

36.1. Расчет индивидуального канцерогенного риска:

$$CR = LADD \times SF_0 \times a \quad (5),$$

где CR – индивидуальный канцерогенный риск,
 LADD – среднесуточная доза в течение жизни, мг/(кг × сут),
 SF₀ – фактор канцерогенного потенциала при пероральном пути поступления (мг/кг × сут)⁻¹,

a = 1 = 70/70 – величина, отражающая количество лет, в течение которых индивидуум подвергается воздействию.

При использовании единичного риска формула имеет вид (6):

$$CR = C_w \times UR \quad (6),$$

где CR – индивидуальный канцерогенный риск,
 UR – единичный риск, (мг/л)⁻¹,
 C_w – средняя концентрация вещества в питьевой воде, мг/л.

36.2. При углубленном анализе канцерогенных рисков, связанных с воздействием химических веществ, относящихся к группам 1, 2А по классификации МАИР и А, В1 по классификации US EPA, целесообразно группировать исследуемые канцерогены с учетом вида и/или локализации опухолей. В этом случае расчет суммарных канцерогенных рисков осуществляется отдельно для каждой выделенной группы (например, рак печени, рак почек и т.д.).

Предположение об аддитивности канцерогенных эффектов справедливо только для области малых вероятностей эффектов и относительно низких уровней воздействия. При несоблюдении этого условия, более оправданным является применение формулы:

$$TCR = 1 - (1 - CR_1) \times (1 - CR_2) \times \dots \times (1 - CR_i) \quad (7),$$

где TCR – суммарный канцерогенный риск,
 $CR_1 \dots CR_i$ – канцерогенные риски, связанные с изолированным воздействием i -го канцерогена.

36.3. При расчете суммарных канцерогенных рисков принимаются во внимание различия в степени выраженности канцерогенного действия химических веществ при разных путях поступления. Если значения факторов канцерогенного потенциала при разных путях воздействия различаются, расчет рисков на основе суммарных доз корректен только для одинаковых путей поступления.

36.4. При воздействии нескольких канцерогенов суммарный канцерогенный риск для пути поступления j (кумулятивный риск) рассчитывается по формуле (8):

$$CR_j = \sum CR_{ji} \quad (8),$$

где CR_j – суммарный канцерогенный риск для пути поступления j ,
 CR_i – канцерогенный риск для i -го канцерогенного вещества при пути поступления j .

36.5. При одновременном воздействии нескольких канцерогенных веществ, поступающих в организм различными путями (агрегированный риск), расчет общего риска (TCR) проводится по формуле 9:

$$TCR = \sum CR_j \quad (9),$$

где TCR – величина общего (агрегированного) канцерогенного риска;

CR_j – общий канцерогенный риск для пути поступления j .

36.6. Для осуществления расчетов суммарных рисков при комплексном поступлении цианотоксина используют схемы, составляемые для каждого отдельного вещества вещества (таблица 3).

Таблица 3

Схема для расчета канцерогенного риска при многомаршрутной, многосредовой экспозиции цианотоксина

Путь поступления	Объекты среды обитания		
	питьевая вода	водный объект	сумма
Пероральный	CR_{wo}	CR_{ro}	CR_o
Накожный	CR_{wd}	CR_{rd}	CR_d
Сумма	CR_w	CR_r	CR_{sum}

Примечание: CR – индивидуальный канцерогенный риск. Значения индексов: o – пероральное поступление; d – кожная экспозиция; w – питьевая вода; r – открытый водоем (рекреационное использование). Величина CR_{sum} – отражает суммарный канцерогенный риск при поступлении цианотоксина разными путями из разных сред

При одновременном присутствии в среде обитания нескольких канцерогенных цианотоксинов аналогичные расчеты проводятся сначала для каждого исследуемого вещества, а затем смеси в целом (таблица 4).

Таблица 4

Схема для расчета канцерогенных рисков при одновременном воздействии нескольких цианотоксинов

Путь поступления	Вещество 1	Вещество 2	Вещество i	Сумма
Питьевая вода				
Пероральный	CR_{wo1}	CR_{wo2}	CR_{woi}	ΣCR_{wo}
Накожный	CR_{wd1}	CR_{wd2}	CR_{wdi}	ΣCR_{wd}
Сумма	ΣCR_{w1}	ΣCR_{w2}	ΣCR_{wi}	ΣCR_w
Водный объект (рекреационное использование)				
Пероральный	CR_{ro1}	CR_{ro2}	CR_{roi}	ΣCR_{ro}
Накожный	CR_{rd1}	CR_{rd2}	CR_{rdi}	ΣCR_{rd}
Сумма	ΣCR_{r1}	ΣCR_{r2}	ΣCR_{ri}	ΣCR_r
Суммарное поступление				
Пероральное	CR_{wo1+}	CR_{wo2+}	CR_{woi+}	ΣCR_{wo+}
	CR_{ro1}	CR_{ro2}	CR_{roi}	ΣCR_{ro}
Накожное	CR_{wd1+}	CR_{wd2+}	CR_{wdi+}	ΣCR_{wd+}
	CR_{rd1}	CR_{rd2}	CR_{rdi}	ΣCR_{rd}
Сумма по всем средам и путям	ΣCR_1	ΣCR_2	ΣCR_i	ΣCR

Примечания: CR – индивидуальный канцерогенный риск.
Значения индексов: o – пероральное поступление; d – кожная экспозиция; w – питьевая вода; r – открытый водоем (рекреационное использование).
Величина CR_{sum} – отражает суммарный канцерогенный риск при поступлении цианотоксина разными путями из разных сред

36.7. Расчет величин популяционных рисков, отражающих дополнительное (к фоновому) число случаев злокачественных новообразований, способных возникнуть на протяжении жизни вследствие воздействия исследуемого фактора в изучаемой популяции, проводят по формуле (10):

$$PCR = CR \times POP \quad (10),$$

где PCR – популяционный канцерогенный риск,
 CR – индивидуальный канцерогенный риск,
 POP – экспонируемая популяция, человек.

37. При оценке уровней риска необходимо руководствоваться критериями приемлемости риска, изложенными в Методе оценки риска ХВПВ [3], по показателям:

- индивидуального канцерогенного риска,
- коэффициента опасности развития неканцерогенных эффектов (НҚ) для отдельных веществ.

При оценке суммарного влияния веществ с однонаправленным действием возможно применение в качестве допустимого (приемлемого) уровня суммарного индекса опасности (ТНІ) 3,0 при условии, если ни у одного из загрязняющих веществ НҚ не превышает 1,0. При несоблюдении данного условия оценка проводится по веществу с максимальным значением НҚ.

38. Результаты проведенной оценки риска используются для принятия решений, в том числе для:

- разработки или актуализации программ производственного контроля / социально-гигиенического мониторинга;

- обоснования перехода на новые оптимальные способы водоподготовки питьевой воды или иные источники хозяйственно-питьевого водоснабжения (при невозможности достижения приемлемых уровней риска здоровью наиболее чувствительных групп населения);

- для оценки эффективности водоподготовки, в том числе прогнозной при проектировании/реконструкции централизованных систем питьевого водоснабжения с поверхностным водозабором;

- введения ограничений/запретов для купания и/или других контактных видов использования водных объектов в период интенсивного цветения поверхностных водных объектов;

- разработки системы мер по снижению цветения водных объектов с целью обоснования наиболее эффективных мероприятий (как правило, в рамках межведомственного подхода);

- предложений по актуализации нормативов цианотоксинов в воде.

Приложение 1
к Инструкции по применению
«Метод оценки рисков здоровью
при питьевом и рекреационном
водопользовании,
ассоциированных с цветением
водных объектов»
(Справочное)

**СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ
о приоритетных цианотоксинах**

Таблица 1.1

Информация о наиболее распространенных цианотоксинах

Группа токсинов	Орган-мишень	Группа продуцирующих цианобактерий
Циклические пептиды		
Микроцистины (англ. Microcystins)	Печень	Microcystis, Anabaena, Planktothrix (Oscillatoria), Nostoc, Nodularia, Anabaenopsis
Нодуларин (англ. Nodularin)	Печень	Nodularia
Алкалоиды		
Анатоксин-а (англ. Anatoxin-a)	Нервные синапсы	Anabaena, Planktothrix (Oscillatoria), Aphanizomenon
Анатоксин- а(S) (англ. Anatoxin-a(S))	Нервные синапсы	Anabaena
Aplysiatoxins	Кожа	Lyngbya, Schizothrix, Planktothrix (Oscillatoria),
Цилиндроспермопсины (англ. Cylindrospermopsins)	Печень	Cylindrospermopsis, Aphanizomenon, Umezakia
Lyngbyatoxin-a (англ.)	Кожа, ЖКТ	Lyngbya
Сакситоксины (англ. Saxitoxins)	Нервные клетки	Anabaena, Aphanizomenon, Lyngbya, Cylindrospermopsis
Липополисахариды (LPS)	Потенциальный раздражитель, затрагивает любую поверхностную ткань	Все
<p><i>Примечания:</i></p> <p>1) при проведении оценки рисков необходимо проверять актуальность используемых данных;</p> <p>2) <i>источники информации:</i></p> <p>1. <i>Guidelines for drinking-water quality, fourth edition, incorporating the 1st and 2nd addendum. [Electronic resource]. Available from: Mode of access: https://www.who.int/publications/i/item/9789240045064.</i></p> <p>2. <i>Toxic Cyanobacteria in Water: A guide to their public health consequences, monitoring and management. World Health Organization; 2020. [Electronic resource]. – Mode of access: https://www.who.int/publications/m/item/toxic-cyanobacteria-in-water-a-guide-to-their-public-healthconsequences-monitoring-and-management.</i></p>		

Таблица 1.2

Сведения о параметрах токсичности приоритетных цианотоксинов

Вещество	Номер по CAS	Референтная доза (TDI, переносимое суточное поступление)	Критические органы/системы	NOAEL	Информация о канцерогенности
Микроцистин-LR	101043-37-2	0,04 мкг/кг-сут	печень, почки; раздражающее действие на кожу и слизистые оболочки; генотоксические свойства	40 мкг/кг-сут Fawell et al. (1999)	возможный канцероген 2В (МАИР)
Цилиндроспермопсин	143545-90-8	0,03 мкг/(кг x сут)	печень, почки; проявляет цито-, дермо- и генотоксические свойства	30 мкг/кг-сут Humpage & Falconer, (2003)	Предположительно канцерогенен (класс не установлен)

Примечания:

1) при проведении оценки рисков необходимо проверять актуальность используемых значений. На момент разработки инструкции значение фактора канцерогенного потенциала в доступных источниках (официальные источники: Агентство по охране окружающей среды США (US EPA), Международное Агентство по изучению рака (МАИР), Офис по оценке вредных для здоровья экологических факторов США (ОЕННА)), не выявлено;

2) источники данных:

Guidelines for Drinking-water Quality / WHO. – 4th ed. with adds. – Geneva, 2017. – 564 p. (<https://www.who.int/publications/i/item/9789240045064>)

Guidelines for drinking-water quality, fourth edition, incorporating the 1st and 2nd addendum. [Electronic resource]. Mode of access: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240045064>.

Toxic Cyanobacteria in Water: A guide to their public health consequences, monitoring and management. World Health Organization; 2020. [Electronic resource]. Mode of access: <https://www.who.int/publications/m/item/toxic-cyanobacteria-in-water-a-guide-to-their-public-healthconsequences-monitoring-and-management>.

Masten, S.C.B. (2001) Cyndrospermopsin—Review of Toxicological Literature. Toxicological Summary for Cyndrospermopsin. [CASRN 143545-90-8] Final Report 2000. In: Sciences, NIOEH, Ed., Research Triangle Park, NC. [Electronic resource]. – Mode of access: https://ntp.niehs.nih.gov/sites/default/files/ntp/htdocs/chem_background/exsumpdf/cyndrospermopsin_508.pdf.

Cyanobacterial toxins: microcystins. Background document for development of WHO Guidelines for drinking-water quality and Guidelines for safe recreational water environments. Geneva: World Health Organization; 2020 (WHO/HEP/ECH/WSH/2020.6). [Electronic resource]. – Mode of access: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/338066/WHO-HEP-ECH-WSH-2020.6-eng.pdf>.

Cyanobacterial toxins: Cyndrospermopsins. Background document for development of WHO Guidelines for drinking-water quality and Guidelines for safe recreational water environments. Geneva: World Health Organization; 2020 (WHO/HEP/ECH/WSH/2020.4). [Electronic resource]. – Mode of access: <https://cdn.who.int/media/docs/default-source/wash-documents/wash-chemicals/cyndrospermopsin-background-201223.pdf>.

Таблица 1.3

**Информация о физико-химических параметрах приоритетных
цианотоксинов (для оценки рисков)**

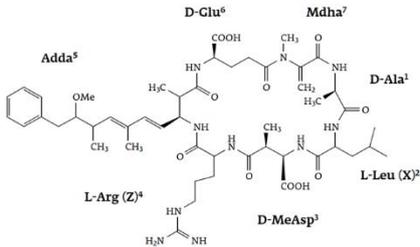
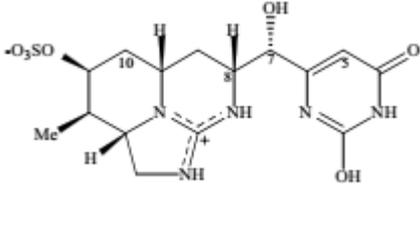
Свойство	Микроцистин-LR	Цилиндроспермопсин
CAS RN	101043-37-2	143545-90-8
Химическая формула	C ₄₉ H ₇₄ N ₁₀ O ₁₂	C ₁₅ H ₂₁ N ₅ O ₇ S
Структурная формула		
Средняя молекулярная масса (г/моль)	995,2	415,43
Log P (октанол-вода)	-1,44	-1,1
K _{ow}	2,85 (при pH 5) 2,54 (при pH 7)	-2,6
pKa		-1,6
Растворимость в воде	высокая	высокая
Источник данных	Cyanobacterial toxins: microcystins. Background document for development of WHO Guidelines for drinking-water quality and Guidelines for safe recreational water environments. Geneva: World Health Organization; 2020 (WHO/HEP/ECH/WSH/2020.6).	Determination of Cylindrospermopsin in Surface and Treated Water using Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry (jeht.org). Journal of Environmental Analysis, Health and Toxicology 2022;25(2):71-76
Методы лабораторных исследований (доступны для Республики Беларусь)	АМИ.МН 160-2024 «Массовая концентрация микроцистина-LR в воде водных объектов для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового (рекреационного) использования. Методика измерений методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием», утверждена директором НПЦГ 19.06.2024, свидетельство об аттестации № 036/2024 от 19.06.2024. Предел количественного определения микроцистина-LR в воде 0,2 мкг/дм ³ (0,5 ПДК).	Применение коммерческих тест-систем, например, тест-системы Cylindrospermopsin ELISA Kit производства Eurofins Abraxis, США. Анализ представляет собой прямой конкурентный ИФА. Диапазон измерений для определения содержания цилиндропермопсина в воде: от 0,04 мкг/дм ³ до 2,00 мкг/дм ³ (нижний предел определения соответствует 0,05 ПДК, предложенной для питьевой воды).

Таблица 1.4

**Информация об основных базах данных и источников информации
(в порядке приоритетности)**

Аббре-виатура	Наименование организации, базы	Ссылка в сети интернет
ВОЗ (WHO)	Всемирная организация здравоохранения (англ. World Health Organization)	www.who.int
РПОХБВ	Федеральный регистр потенциально опасных химических и биологических веществ (Российская Федерация)	www.rpohv.ru
МАИР (IARC)	Международное агентство по изучению рака (англ. International Agency for Research on Cancer)	www.iarc.fr
JECFA	Объединенный экспертный комитет ФАО/ВОЗ по пищевым добавкам (англ. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives)	who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/search.aspx
Codex Alimentarius	Комиссия Кодекс Алиментариус (англ. Codex Alimentarius Commission):	www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/en
EFSA	Европейское агентство по безопасности продуктов питания (англ. European Food Safety Authority)	www.efsa.europa.eu
ЕС (EU)	Директивы Евросоюза	www.eur-lex.europa.eu
ЕHC	Гигиенические критерии состояния окружающей среды (англ. Environmental Health Criteria)	www.inchem.org/pages/ehc.html
IPCS	Международная программа по химической безопасности (англ. International Programme on Chemical Safety)	www.who.int/health-topics/chemical-safety
IRIS US EPA	Федеральная интегрированная база данных с параметрами для оценки риска США (англ. Integrated Risk Information System)	www.epa.gov/iris
PPRTVs U.S. EPA	Перечень временных значений референтных уровней воздействия и факторов канцерогенного потенциала (англ. Provisional Peer-Reviewed Toxicity Values.)	www.epa.gov/pprtv
ATSDR	Данные Агентства по токсическим соединениям и регистрации заболеваний Министерства здравоохранения и соцобеспечения (англ. Agency for Toxic Substances and Disease Registry of the U.S. Department of Health and Human Services)	www.atsdr.cdc.gov
Health Canada	Данные Министерства здравоохранения Канады (англ. Health Canada):	https://www.canada.ca/en/health-canada.html
ОЕННА CalEPA	Данные Калифорнийского агентства по охране окружающей среды (англ. Office of Environmental Health Hazard Assessment):	www.oehha.ca.gov/
RIVM	Нидерландский Национальный институт общественного здравоохранения и окружающей среды (англ. National Institute for Public Health and the Environment):	www.rivm.nl
BfR	Федеральный институт оценки рисков Германии (англ. Federal Institute for Risk Assessment)	https://www.bfr.bund.de/en/home.html
ANSES	Французское агентство по продовольствию, охране окружающей среды и здоровья и безопасности труда (англ. French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety)	https://www.anses.fr/en

Приложение 2

к Инструкции по применению
«Метод оценки рисков здоровью
при питьевом и рекреационном
водопользовании,
ассоциированных с цветением
водных объектов»
(Рекомендуемое)

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОТБОРУ ПРОБ ВОДЫ
поверхностных водных объектов для проведения исследований
на содержание цианотоксинов**

Выбор места отбора проб, вида проб и вида отбора должны отвечать общим целям и задачам оценки рисков здоровью.

1. Виды проб.

В зависимости от места отбора и временного промежутка различают 2 основных вида проб:

– *точечная проба* – получается путем однократного отбора необходимого для проведения исследований количества воды и характеризует состав воды в конкретное время в данном месте (точке);

– *составная проба* – получается путем смешения равных объемов точечных проб, отобранных одновременно в нескольких точках водного объекта (усреднение по объему), и характеризует средний состав воды за определенный промежуток времени в определенном объеме (проба, репрезентативная для водного объекта). В зависимости от задач исследования составные пробы бывают горизонтальными (смешение точечных проб из разных мест водного объекта) и вертикальными (смешение точечных проб с разных глубин в одной точке водного объекта).

При проведении мониторинговых исследований обычно отбирают серии точечных проб. Они наиболее подходят для анализа ситуации в конкретных местах (определение максимальной плотности цианобактерий или концентрации цианотоксина в точке водозабора, в месте купания и др.).

Составные пробы используются для оценки средних концентраций цианотоксинов и питательных веществ в воде, размера популяции цианобактерий. Целесообразны при обосновании наиболее эффективных мер по снижению интенсивности цветения водных объектов (в рамках межведомственного подхода, а также водохозяйственными организациями).

2. Виды и техника отбора проб воды из водного объекта:

– *поверхностный отбор* (путем зачерпывания с водной поверхности сосудом с широким горлышком);

– *отбор проб с глубины* (с помощью специальных пробоотборников). Целесообразно в месте водозабора либо при разработке системы мер по снижению интенсивности цветения водных объектов.

3. При выборе места отбора проб воды необходимо учитывать цели пользования поверхностными водными объектами:

– при использовании в качестве источника централизованного питьевого водоснабжения (для хозяйственно питьевых нужд) целесообразен отбор исходной воды в месте водозабора или рядом с ним, а также воды после различных этапов очистки;

– при использовании поверхностного водного объекта для рекреации, спорта и туризма (рекреационное водопользование) отбор проб проводится в прибрежных районах, наиболее посещаемых населением, и может быть сосредоточен на общественных местах купания.

4. Дополнительно при отборе проб воды из поверхностных водных объектов на содержание цианотоксинов следует учитывать:

– текущие погодные условия, особенно направление ветра (способствуют цветению воды вдоль определенных береговых линий);

– ретроспективные данные о развитии популяций цианобактерий и появления цианотоксинов в водном объекте (при наличии);

– доступные материально-технические ресурсы (возможность отбора с учетом имеющегося вспомогательного пробоотборного оборудования, лодки и т.д.);

– потенциальные местные источники загрязнения биогенными веществами (например, зона влияния ливневых вод).

Приложение 3
к Инструкции по применению
«Метод оценки рисков здоровью
при питьевом и рекреационном
водопользовании,
ассоциированных с цветением
водных объектов»
(Рекомендуемое)

**РЕКОМЕНДУЕМЫЕ СТАНДАРТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ
ФАКТОРОВ ЭКСПОЗИЦИИ**

Таблица 3.1

Рекомендуемые стандартные значения факторов экспозиции

Фактор экспозиции	Единицы измерения	Величина
Продолжительность экспозиции		
Хроническое воздействие (взрослые)	лет	30
Хроническое воздействие, дети до 6 лет		6
Пожизненное воздействие (канцерогены)		70
Средняя продолжительность жизни		70
Масса тела		
Масса тела:	кг	
ребенок 0-<6 лет		14-15
ребенок 6-<18 лет		42
взрослый, 18 лет и старше		70
Площадь поверхности тела		
Площадь поверхности кожи:	м ²	
взрослый		1,82
возраст 6 – <18 лет		1,31
возраст 0 – <6 лет		0,53
Толщина кожного покрова	см	10 ⁻³
Общая продолжительность экспозиции		
Продолжительность проживания	лет	30 (P90) 9 (P50)
Потребление водопроводной воды		
Сценарий жилой зоны		
потребление питьевой воды:	л/день	
взрослый,		2
возраст 6<18,		1,5
возраст 0<6		0,67-1,0
частота экспозиции для питьевой воды	дней/год	350
Производственный сценарий:		
потребление питьевой воды	л/день	1
частота экспозиции для питьевой воды	дней/год	250
Продолжительность воздействия:	лет	
взрослые		30
дети		6

Фактор экспозиции	Единицы измерения	Величина	
Воздействие поверхностных вод при плавании			
Объем случайно заглатываемой воды водоема	мл/день	50	
Время воздействия	ч/день	0,5-2,6	
Частота экспозиции	дней/год	7-15 40	
Фракция кожи, подвергающаяся воздействию		1,0	
Принятие душа, ванны, плавание			
Продолжительность принятия душа	ч/день	0,25 0,12 (P50) 0,2 (P90)	
	мин/день	8 12 (P95)	
Продолжительность принятия ванны	мин/день	20 45 (P95)	
Время, проводимое в ванной комнате	мин/день	40	
Скорость воды в душе	л/мин	5,5	
Скорость ингаляции	м ³ /ч	1,33	
Водопотребление при принятии душа/ванны	галлонов	15	
Общее водопотребление в ванной комнате	на 1 чел/день	35,5	
Контактирующая площадь поверхности кожи	см ²	23000–17040	
Частота принятия душа/ванны	дней/год	350	
	раз/день	1	
Время, затрачиваемое на умывание, принятия душа, ванны, мин/день	мин/день	30	
Продолжительность одного события:	час/событие	взрослый	0,58,
		ребенок	1,0

Таблица 3.2

Рекомендуемые ВОЗ значения факторов экспозиции

Фактор экспозиции	Единицы измерения	Величина
Масса тела		
средний взрослый	кг	60
взрослый мужчина		70
взрослая женщина		58
Площадь поверхности тела		
взрослый мужчина	см ²	18 000
взрослая женщина		16 000
ребенок		6 600
Потребление жидкости (молоко, питьевая вода и другие напитки)		
средний взрослый	мл/день	1 000-2 400 (2 000)
взрослый мужчина		1 950
взрослая женщина		1 400
дети (10 лет)		1 400
взрослый (повышенная температура – 32 ⁰ С)	мл/день	2 840-3 410
взрослый (умеренная активность)	мл/день	3 700

**Значения факторов экспозиции
(объем случайно заглатываемой воды при плавании)**

Группа населения	Объем случайно заглатываемой воды при плавании, мл/ч		
	Среднее значение	Максимальное значение	P97
Дети	49	205	120
Взрослые	21	71	-
<p><i>Примечания:</i> При проведении оценки рисков необходимо проверять актуальность используемых значений. Источник данных – [19] Update for the Chapter 3 of the Exposure Factors Handbook/ Ingestion of Water and other Selected Liquids [Electronic resource] // United States Environmental Protection Agency, Washington (DC), EPA/600/R-18/259F, 2019. – Mode of access: https://www.epa.gov/sites/default/files/2019-02/documents/efh_-_chapter_3_update.pdf (таблица 3-91).</p>			

Приложение 4

к Инструкции по применению
«Метод оценки рисков здоровью
при питьевом и рекреационном
водопользовании,
ассоциированных с цветением
водных объектов»
(Обязательное)

РАСЧЕТ СРЕДНИХ СУТОЧНЫХ ДОЗ

1. Расчет средней суточной дозы при пероральном поступлении химических веществ с питьевой водой осуществляется по формуле 4.1:

$$I = (C_w \times IR \times EF \times ED) / (BW \times AT \times 365) \quad (4.1),$$

Параметр	Характеристика	Единицы измерения	Стандартное значение
I	поступление с питьевой водой	мг/(кг-сут)	–
C_w	концентрация вещества в воде	мг/л	–
IR	скорость поступления воздействующей среды (величина водопотребления) взрослые дети	л/сут	2 1
EF	частота воздействия	дней/год	350
ED	продолжительность воздействия: взрослые дети	лет	30 6
BW	масса тела взрослые дети	кг	70 15
AT	период осреднения экспозиции: взрослые дети канцерогены	лет	30 6 70

2. Расчет средней суточной дозы при случайном заглатывании воды поверхностного водного объекта осуществляется по формуле 4.2:

$$I = (C_w \times IR \times EF \times ED \times ET) / (BW \times AT \times 365) \quad (4.2),$$

Параметр	Характеристика	Единицы измерения	Стандартное значение
I	пероральное поступление	мг/(кг-сут)	–
C_w	концентрация вещества в воде	мг/л	–
IR	скорость поступления воздействующей среды	л/час	0,05
EF	частота воздействия	дней/год	45
ED	продолжительность воздействия: взрослые дети	лет	30 6
ET	время воздействия	час/день	1
BW	масса тела взрослые дети	кг	70 15
AT	период осреднения экспозиции взрослые дети канцерогены	лет	30 6 70

3. Расчет средней суточной дозы при накожной экспозиции водопроводной (питьевой) воды (поглощенная доза) осуществляется по формуле 4.3:

$$\mathbf{DAD = (D_{ae} \times EV \times ED \times EF \times SA) / (BW \times AT \times 365 \times 1000)} \quad \mathbf{(4.3)}$$

Параметр	Характеристика	Единицы измерения	Стандартное значение
DAD	поглощенная доза	мг/(кг-сут)	–
D_{ae}	абсорбированная доза за одно событие на экспонируемую площадь кожи	мг/см ² -событие	формулы 4.3.1 – 4.3.3
C_w	концентрация вещества в воде	мг/л	–
EV	частота контакта	контактов в день	1
ED	продолжительность воздействия: взрослые дети	лет	30 6
EF	частота воздействия	дней/год	350
SA	площадь поверхности кожи: взрослые дети	см ²	18 000 6 600
BW	масса тела: взрослые дети	кг	70 15
AT	период осреднения экспозиции: взрослые дети канцерогены	лет	30 6 70
K_p	коэффициент проницаемости кожной	см/ч	$\log K_p = -2,8 + 0,67 \times K_{ow} - 0,0056 \times MW$
th_{ae}	лаг-период на событие	час/ событие	Для органических веществ: $Th_{ae} = 0,16 \times 10^{(0,0056 \times MW)}$
t_e	продолжительность события: взрослые дети	час/ событие	0,58 1
MW	молекулярная масса	г/моль	базы*
K_{ow}	коэффициент распределения октанол/вода	–	$\log K_{ow} = 3,06 - 0,68 \times \log(S)$ базы*
B	коэффициент соотношения между проницаемостью через роговой слой кожи и эпидермис	–	$B = (K_p \times MW^{0,5}) / 2,6$
D_{sc}	эффективная диффузия для переноса вещества через кожу	см ² /час	Для органических веществ: $D_{sc} / L_{sc} = 10^{(-2,8 - 0,0056 \times MW)}$
L_{sc}	толщина кожного покрова	см	10 ⁻³ см
t*	время достижения равновесного состояния	час	Для органических веществ: Если $B \leq 0,6$, то $t^* = 2,4 \times Th_{ae}$ Если $B > 0,6$, то $t^* = (b - (b^2 + c^2)^{1/2}) \times (L_{sc}^2 / D_{sc})$, где $b = 2 \times (1+B)^2 / 3,14$ – $c = (1 + 3B + 3B^2) / (3 \times (1 + B))$
S	растворимость в воде	–	базы*

Примечание: «базы*» - значения содержатся в химических справочниках, базах данных

Расчет D_{ae} проводится по формулам 4.3.1 – 4.3.2:

Для неорганических и высоко ионизированных органических веществ:

$$D_{ae} = K_p \times C_w \times t_e \quad (4.3.1.)$$

Для органических веществ, если $t_e \leq t^*$:

$$D_{ae} = 2 \times K_p \times C_w \times (6 \times t_{haue} \times t_e / 3,14)^{0,5} \quad (4.3.2.)$$

Для органических веществ, если $t_e > t^*$:

$$D_{ae} = K_p \times C_w \times [(t_e / (1 + B)) + 2 \times T_{haue} \times (1 + 3 \times B + 3 \times B^2) / (1 + B)^2] \quad (4.3.3.)$$

4. Расчет средней суточной дозы при накожной экспозиции воды поверхностных водных объектов (поглощенная доза) осуществляется по формуле 4.4:

$$DAD = (D_{ae} \times EV \times ED \times EF \times SA) / (BW \times AT \times 365 \times 1000) \quad (4.4)$$

Параметр	Характеристика	Единицы измерения	Стандартное значение
DAD	поглощенная доза	мг/(кг-сут)	–
D_{ae}	абсорбированная доза за одно событие на экспонируемую площадь кожи	мг/см ² -событие	формулы 5.3.1 – 5.3.3
EV	частота контакта	число событий в год	45
ED	продолжительность воздействия: взрослые дети	лет	30 6
EF	частота воздействия	дней/год	45
SA	площадь поверхности кожи: взрослые дети	см ²	18 000 6 600
BW	масса тела: взрослые дети	кг	70 15
AT	период осреднения экспозиции: взрослые дети канцерогены	лет	30 6 70

БИБЛИОГРАФИЯ³

1. Постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 20 января 2017 г. N 8 «Об утверждении инструкции о порядке проведения анализа рисков» (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь 9 февраля 2017 г. № 8/31770).

2. Руководство «Порядок проведения оценки риска для здоровья населения от воздействия химических веществ, загрязняющих окружающую среду», № 1.1.11-8-7-2003 от 09.07.2003.

3. Метод оценки риска для здоровья населения, обусловленного воздействием химических веществ, загрязняющих питьевую воду: инструкция по применению : утв. Гл. гос. санитар. врачом Респ. Беларусь 28.01.2022, рег. № 019-1221 / Е. В. Дроздова [и др.]. – Минск, [б. и.], 2022. – 14 с. <http://med.by/methods/book.php?book=3157>.

4. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first and second addenda / World Health Organization. – 4th ed. with adds. – Geneva, 2022. – 614 p. Mode of access: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240045064>.

5. Toxic Cyanobacteria in Water: A guide to their public health consequences, monitoring and management. WHO; 2020. [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.who.int/publications/m/item/toxic-cyanobacteria-in-water-a-guide-to-their-public-healthconsequences-monitoring-and-management>.

6. Cyanobacterial toxins: microcystins. Background document for development of WHO Guidelines for drinking-water quality and Guidelines for safe recreational water environments. Geneva: WHO; 2020 (WHO/HEP/ECH/WSH/2020.6). [Electronic resource]. – Mode of access: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/338066/WHO-HEP-ECH-WSH-2020.6-eng.pdf>.

7. Cyanobacterial toxins: Cylindrospermopsins. Background document for development of WHO Guidelines for drinking-water quality and Guidelines for safe recreational water environments. Geneva: WHO; 2020 (WHO/HEP/ECH/WSH/2020.4). [Electronic resource]. – Mode of access: <https://cdn.who.int/media/docs/default-source/wash-documents/wash-chemicals/cylindrospermopsin-background-201223.pdf>.

8. Directive (EU) 2020/2184 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2020 on the quality of water intended for human consumption (recast) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2020/2184/oj>.

9. US EPA Drinking Water Health Advisory for the Cyanobacterial Microcystin Toxins [Electronic resource] : EPA Document № 820R15100, June 2015. – Mode of access: <https://www.epa.gov/sites/default/files/2017-06/documents/microcystins-report-2015.pdf>.

10. US EPA Drinking Water Health Advisories for the Cyanobacterial Toxin Cylindrospermopsin [Electronic resource] : EPA № 820R15101, June 2015. – Mode of access: <https://www.epa.gov/sites/default/files/2017-06/documents/cylindrospermopsin-report-2015.pdf>.

³ При пользовании настоящей Инструкцией целесообразно проверить действие ссылочных документов. Если ссылочный документ заменен (изменен) следует руководствоваться заменяющим (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

11. Guidelines for Canadian Recreational water quality - Cyanobacteria and their toxins [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/publications/healthy-living/guidance-canadian-recreational-water-quality>.

12. Санитарные правила и нормы СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания», утвержденные Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28 января 2021 г. № 2.

13. Р 2.1.10.3968-23. 2.1.10. «Состояние здоровья населения в связи с состоянием окружающей среды и условиями проживания населения. Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания», утверждено Руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 06 сентября 2023 г.

14. Masten, S.C.B. (2001) *Cylindrospermopsin—Review of Toxicological Literature. Toxicological Summary for Cylindrospermopsin. [CASRN 143545-90-8] Final Report 2000.* In: Sciences, NIOEH, Ed., Research Triangle Park, NC. [Electronic resource]. – Mode of access: https://ntp.niehs.nih.gov/sites/default/files/ntp/htdocs/chem_background/exsumpdf/cylindrospermopsin_508.pdf.

15. Гигиенический норматив «Показатели безопасности питьевой воды», утвержденный Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 25 января 2021 года № 37.

16. Гигиенический норматив «Показатели безопасности и безвредности воды водных объектов для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового (рекреационного) использования и воды в ванне бассейна», утвержденный Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 25 января 2021 года № 37.

17. Метод гигиенической оценки питьевой воды: инструкция по применению : утв. Гл. гос. санитар. врачом Респ. Беларусь 23.04.2019, рег. № 019-1118 / Е. В. Дроздова [и др.]. – Минск, [б. и.], 2019. – 54 с. http://med.by/dmn/book.php?book=19-5_3.

18. Дроздова, Е. В. Моделирование агрегированной экспозиции химических веществ биологического происхождения при различных видах водопользования на примере приоритетных цианотоксинов / Е. В. Дроздова // Проблемы здоровья и экологии. – 2024. – Т. 21, № 2. – С. 103–116.

19. Update for the Chapter 3 of the Exposure Factors Handbook/ Ingestion of Water and other Selected Liquids [Electronic resource] // United States Environmental Protection Agency, Washington (DC), EPA/600/R-18/259F, 2019. – Mode of access: https://www.epa.gov/sites/default/files/2019-02/documents/efh_-_chapter_3_update.pdf.

20. Дроздова Е.В. Моделирование экспозиции при поступлении химических веществ с водой с учетом замещения незначимых значений концентраций. Проблемы здоровья и экологии. 2024. № 4.