

УДК 614.777

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИНДИКАТОРНЫХ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ В ЗОНАХ РЕКРЕАЦИИ

Е.В. Дроздова, С.И. Сычик, В.В. Бурая, Н.В. Дудчик, А.В. Фираго, Т.З. Волк

РУП «Научно-практический центр гигиены» Министерства здравоохранения Республики Беларусь, Республика Беларусь, 220012, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Академическая, 8

*Дана оценка микробиологических показателей безопасности водных объектов при использовании их в рекреационных целях, выделены эпидемиологически значимые параметры. С целью валидации индикаторных показателей безопасности с учетом конкретных сложившихся условий рекреационного водопользования проведена гигиеническая оценка воды водных объектов, используемых в рекреационных целях, по индикаторным микробиологическим показателям (ОМЧ, ТКБ, *E. coli*; энтерококки, споры сульфитредуцирующих клостридий; колифаги; *Ps.aeruginosa*), содержанию патогенных микроорганизмов, идентифицирован микробиологический профиль воды. Полученные данные будут использованы для совершенствования системы мониторинга водных объектов в зонах рекреации.*

Ключевые слова: рекреационное водопользование, поверхностные водные объекты, мониторинг, оценка рисков, микробиологические риски здоровью, индикаторные микроорганизмы.

Значительное количество водных объектов в республике создает предпосылки для дальнейшего развития рекреации в стране [11]. По официальным данным в Республике Беларусь функционируют более 800 организованных пляжей, используемых населением в культурно-оздоровительных целях. Вблизи водоемов и водотоков в настоящий момент действуют 18 зон отдыха республиканского значения, вдоль рек сосредоточены объекты отдыха, в которых создано около 109 тысяч мест. В то же время ежегодно в плавательный сезон до 30 % пляжей закрываются для населения по причине несоответствия гигиеническим нормативам, в первую очередь – по микробиологическим показателям, что свидетельствует об актуальности проблемы безопасного рекреационного использования водных ресурсов. Отсутствие доступного объекта рекреации снижает качество жизни насе-

ления в летний период жизни, туристический потенциал страны, а запрет на купание, как правило, повышает вероятность несанкционированного отдыха населения, что также ведет к росту рисков здоровью населения. Практика последних лет показывает, что регламентируемые действующими нормативными документами подходы для оперативного отслеживания ситуации, принятие решения о введении (отмене) ограничительных мер требуют актуализации [1, 9].

Вышеизложенное определяет значимость научно-исследовательской работы, выполняемой по заданию 01.04. ОНТП «Современные условия жизнедеятельности и здоровьесбережение» на 2013–2015 гг. На основании результатов экспериментальных исследований будет научно обоснована методология оценки рисков для здоровья населения при рекреационном водопользовании, принимающая во внимание сте-

© Дроздова Е.В., Сычик С.И., Бурая В.В., Дудчик Н.В., Фираго А.В., Т.З. Волк, 2015

Дроздова Елена Валентиновна – кандидат медицинских наук, заведующий лабораторией питьевого водоснабжения и санитарной охраны водоемов (e-mail: drozdovaev@mail.ru; тел. 8 (375 17) 284 13 86).

Сычик Сергей Иванович – кандидат медицинских наук, доцент, директор (e-mail: rspch@rspch.by; тел. 8 (375 17) 284 03 87).

Дудчик Наталья Владимировна – кандидат биологических наук, доцент, заведующий лабораторией микробиологии (e-mail: rspch@rspch.by; тел. 8 (375 17) 284 13 85).

Бурая Валентина Владимировна – старший научный сотрудник лаборатории питьевого водоснабжения и санитарной охраны водоемов (e-mail: water@rspch.by; тел. 8 (375 17) 284 13 86).

Фираго Анна Владимировна – стажер младшего научного сотрудника лаборатории питьевого водоснабжения и санитарной охраны водоемов (e-mail: rspch@rspch.by; тел. 8 (375 17) 284 13 86).

Волк Татьяна Здиславовна – младший научный сотрудник лаборатории питьевого водоснабжения и санитарной охраны водоемов (e-mail: rspch@rspch.by; тел. 8 (375 17) 284 13 86).

пень рекреационной нагрузки на водоем, виды рекреационного водопользования (контактные/неконтактные), тип водного объекта, наличие объектов отдыха на водном объекте. Применение методологии оценки рисков с учетом конкретных сложившихся условий рекреационного водопользования позволит усовершенствовать действующую в Республике Беларусь систему мониторинга поверхностных вод, используемых в рекреационных целях. В настоящей статье представлены промежуточные результаты данной работы по анализу микробиологических показателей безопасности водных объектов с целью оценки индикаторных показателей безопасности рекреационного водопользования.

Материалы и методы. Обоснование дизайна эксперимента. Поверхностные воды, используемые в рекреационных целях, могут содержать множество как патогенных, так и условно-патогенных микроорганизмов. Согласно ВОЗ, наиболее частым последствием для здоровья, ассоциирующимся с воздействием загрязненных отходами жизнедеятельности человека рекреационных вод, являются заболевания тонкого кишечника. Отмечены причинно-следственные связи между фекальным загрязнением или загрязнением, попавшим в воду от купальщиков, и инфекциями уха, а также острым лихорадочным респираторным заболеванием (далее – ОРЛЗ), которое является еще более тяжелым последствием для здоровья, чем гастроэнтерит [12, 18, 20, 29].

Основным источником микробного загрязнения поверхностных вод являются сточные воды. Микробиологический состав сточных вод зависит, с одной стороны, от целого ряда социальных аспектов – численности населения, уровня социального развития и характера питания, с другой – от содержания органических веществ, химического состава, температуры, pH. Оказывают влияние также климатические условия, время года и др. [18, 19].

Среди содержащихся в сточных водах микроорганизмов в значительном количестве присутствуют патогенные и условно-патогенные виды. Из патогенных микроорганизмов наиболее часто обнаруживаются представители родов *Salmonella*, *Shigella*, *Vibrio*, *Listeria*, *Leptospira*, *Bacillus*, *Mycobacterium*, из условно-патогенных – *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Yersinia*, *Pseudomonas*, *Aeromonas*, *Plesiomonas*, *Campylobacter*, *Staphylococcus* и *Streptococcus*. Общая микробная обсемененность неочищенных сточных вод составляет

$2,5 \cdot 10^5$ – $1,2 \cdot 10^7$ КОЕ/мл, содержание *S. faecalis* $1 \cdot 10^2$ – $6 \cdot 10^4$ КОЕ/мл, *S. aureus* – $6 \cdot 10^1$ – $6 \cdot 10^4$ КОЕ/мл, энтеробактерий – $4 \cdot 10^4$ – $2 \cdot 10^6$ КОЕ/мл, сальмонелл в хозяйственно-бытовых сточных водах – на уровне $2,4 \cdot 10^4$ КОЕ/мл, бактерий рода *Vibrio* в сточных водах не более 10 в 1 мл.

Среди разнообразных видов патогенных микроорганизмов особую опасность для здоровья человека представляют возбудители кишечных инфекций, которые могут распространяться водным путем и стать причиной развития таких заболеваний, как брюшной тиф, паратифы, сальмонеллез, дизентерия, холера, лептоспирозы, кампилобактериоз, кишечные иерсиниозы, вирусные гепатиты, полиомиелит, кишечные энтеровирусные инфекции и др.

Контаминирование сточных вод патогенными микроорганизмами осуществляется в большинстве случаев бактерионосителями, составляющими 1–2 % населения, больными стертыми формами инфекционных болезней и лицами, находящимися в инкубационном периоде заболеваний. В распространении сальмонелл значительное место принадлежит отходам птицефабрик, боен, кожевных заводов, скотных дворов, чья контаминация этими бактериями достигает почти 100 %. Микробиологические исследования по определению тифопаразитарных бактерий в пробах сточных вод, отобранных из городской канализационной сети, показали, что в 68,4 % обнаружены сальмонеллы различных сероваров. Сальмонеллы были выявлены в 31,3 % – медицинских учреждений, 66,7 % проб сточных вод скотобоен и 87,5 % – птицебоен. По данным исследований различных авторов, из хозяйственно-бытовых сточных вод выделили и серотипировали более 2600 штаммов сальмонелл, которые принадлежали от 23 до 38 сероварам, однако доминирующим оказался вид *S. typhimurium*.

Потенциальная опасность бытовых сточных вод связана также с их контаминацией кишечными вирусами. В настоящее время известно более 100 видов патогенных для человека вирусов, которые выделяются из организма человека и контаминируют сточные воды, это – энтеровирусы, полиовирусы, вирус гепатита А, вирусы Коксаки А и В, ЕСНО, ротавирусы, реовирусы и аденовирусы. Они по признаку локализации относятся к кишечным вирусам и выделяются в 80–100 % проб сточных вод. Выделение кишечных вирусов в сточные воды больными и реконвалесцентами может продолжаться

несколько месяцев. Из группы энтеровирусов в сточных водах постоянно содержатся вирусы полиомиелита, Коксаки, ЕСНО, причем типовой состав энтеровирусов сточных вод соответствует таковому населения данной местности. До 90 % выделенных штаммов поливирусов составляют вакцинные штаммы. Концентрация кишечных вирусов в воде колеблется в зависимости от эпидемической обстановки, эффективности очистки и обеззараживания сточных вод и может варьироваться от 10^3 до 10^6 вирионов в литре неочищенной сточной воды и от 10^2 до 10^3 в литре воды поверхностных водоемов в сезон подъема заболеваемости кишечными вирусными инфекциями. Этапы осветления и обесцвечивания воды на водопроводных сооружениях централизованных систем питьевого водоснабжения не обеспечивают полного удаления вирусов. Эффект задержки ДНК-содержащих колифагов составляет 97–99 %, а полиовируса – 83–93 % в сравнении с концентрацией в исходной воде. В этой связи необходимо обеззараживание питьевой воды, обеспечивающее инактивацию вирусов на 100 %.

Частота выделения вирусов из неочищенных сточных вод составляет 90–100 % от количества исследованных проб при концентрации колифагов до 10^4 БОЕ/100 мл исследуемой воды. После механической очистки частота выделения вирусов может незначительно возрастать за счет дезагрегирования крупных конгломератов и реадсорбции вирусов. После биологической очистки на станциях аэрации частота выделения энтеровирусов обычно снижается до 40 %, при этом вирусы удаляются на 75 %, а ДНК-содержащие колифаги – на 90 %. Содержание и частота выделения кишечных вирусов из водных объектов и питьевой воды может значительно различаться, что определяется сезонностью распространения различных групп вирусов в течение года, санитарно-гигиенической и эпидемической ситуацией в верхних участках водотока, нарушением технологии очистки, обеззараживания питьевых и сточных вод, авариями на водопроводных или канализационных очистных станциях, возникновением вспышки вирусных инфекций водного происхождения на данной территории.

Жизнеспособность патогенных микроорганизмов в сточных водах, наряду с качественным и количественным составом микрофлоры, во многом определяют их эпидемиологическую опасность. На их выживаемость оказывают влияние многие факторы: содержание в воде антагонистически ак-

тивной микрофлоры и фагов, наличие примесей и органических веществ, температура, pH, инсоляция, концентрация растворенного кислорода, видовые и штаммовые особенности патогенных микроорганизмов. Патогенные микроорганизмы сохраняют жизнеспособность и инфекционную активность в воде в течение длительного периода, например, *Campylobacter* – до 10 суток, *Shigella spp* – до 2 месяцев, энтеровирусы – до года.

При исследовании видового состава городских смешанных сточных вод г. Минска также были выделены представители рода *Klebsiella* (виды *K. pneumoniae*, *K. oxytoca*, *K. ozenae*), рода *Enterobacter* (*E. agglomerans*, *E. cloacae*, *E. aerogenes*), рода *Citrobacter* (*C. freundii*). Среди бактерий рода *Campylobacter* преобладали *C. coli* и *C. jejuni*. Бактерии рода *Streptococcus* в основном были представлены энтерококками (60,5 %). Исследованные городские смешанные сточные воды г. Минска в 85 % проб показали ПЦР-позитивную реакцию на наличие энтеровирусов. В сточных водах ЛПУ в значительном количестве присутствовали патогенные и условно-патогенные виды. Из патогенных микроорганизмов наиболее часто обнаруживались представители родов *Salmonella*, *Shigella*, *Vibrio*, *Listeria*, *Bacillus*, из условно-патогенных – *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Yersinia*, *Pseudomonas*, *Aeromonas*, *Plesiomonas*, *Campylobacter*, бактерии родов *Staphylococcus* и *Streptococcus*. Общая микробная обсемененность неочищенных сточных вод лечебно-профилактических учреждений составила $(4,5 \pm 1,0) \cdot 10^6$ КОЕ/мл. Содержание сальмонелл определялось на уровне $2,4 \cdot 10^3$ КОЕ/100 мл. Энтеровирусы обнаруживались в 40 % проб. При исследовании видового состава сточных вод мясокомбинатов были выявлены представители рода *Klebsiella*, которые были представлены видами *K. pneumoniae*, *K. oxytoca*, *K. ozenae*, рода *Enterobacter* – *E. agglomerans*, *E. cloacae*, *E. aerogenes*, а также рода *Citrobacter* – *C. freundii*. Колифаги были определены на уровне $(4,1 \pm 0,6) \cdot 10^4$ БОЕ/100 мл, энтеровирусы обнаружены в 60 % проб.

Показано, что выделенные из сточных вод штаммы микроорганизмов обладают резистентностью к различным видам антибиотиков. Выделены штаммы бактерий семейства *Enterobacteriaceae*, обладающие высокой устойчивостью к ампицилину, тетрациклину, а также умеренной устойчивостью к хлорамфениколу (левомицетину).

Прямое обнаружение возбудителей инфекционных заболеваний в природных водах имеет ряд трудностей, основными из которых являются непостоянство и неравномерность нахождения патогенных микроорганизмов в окружающей среде (особенно в межэпидемический период), меньшая численность в объектах патогенных микроорганизмов по сравнению с непатогенными, конкурентное (антагонистическое) действие непатогенных микроорганизмов в отношении патогенных на питательных средах и др. В связи с этим общепринятой практикой во всем мире является осуществление текущего контроля непрямым путем – по определению в пробах индикаторных микроорганизмов. При несоответствии проб нормативу проводится анализ на содержание патогенных организмов.

В настоящее время в категорию индикаторных микроорганизмов включены представители кишечной микрофлоры человека: бактерии группы кишечной палочки (в группу входят бактерии семейства *Enterobacteriaceae*, родов *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Klebsiella*), фекальные кишечные палочки, энтерококки (фекальные стрептококки), клостридии, бактерии рода протей, колифаги (фаги кишечной бактерии). Показано наличие тесной прямой корреляционной связи между количеством санитарно-показательных микроорганизмов и частотой обнаружения сальмонелл в сточных водах городов. Наиболее часто сальмонеллы обнаруживались при количестве БПК более 10^4 КОЕ/л и энтерококков 10^3 КОЕ/л. Обнаружение колиформных бактерий, энтерококков и колифагов является показателем свежего фекального загрязнения. Несоответствие характеристик воды допустимым уровням колифагов свидетельствует о возможном присутствии энтеровирусов в данной пробе.

ВОЗ предлагает осуществлять контроль рекреационных вод на основании использования таких показателей, как содержание в пробах воды кишечной палочки (для пресных вод) и энтерококка (для морских вод). Рекомендуемые ориентировочные величины выражаются через 95-ю перцентиль количеств индикаторных микроорганизмов на 100 мл и представляют собой доступные для понимания уровни риска, основанные на условиях, в которых происходило воздействие в ключевых исследованиях [18].

В Евросоюзе после вступления в силу Директивы 2006/7/ЕС от 15.02.2006 г. осуществлен переход на использование новых подходов

к ведению контроля [4]. Для этих целей применяют лишь 2 микробиологических показателя (энтерококки и кишечная палочка), которые расцениваются как «наиболее надежные индикаторные показатели для предупреждения микробиологических рисков для здоровья человека и достижения высокой степени защиты». На основании результатов микробиологических исследований воды для купания относят к 4 классам.

В Республике Беларусь [3] и в странах СНГ согласно действующим техническим нормативным правовым актам индикаторами микробного показателями являются термотолерантные колиформные бактерии (ТКБ) и общие колиформные бактерии (ОКБ). В качестве индикатора вирусного загрязнения вод используют определение колифагов, методика чего более проста, чем выделение энтеровирусов.

Таким образом, универсальных критериев и подходов к оценке безопасности по микробиологическим показателям нет [2, 6, 8, 10, 13–15, 21–28]. Согласно ВОЗ, рекомендуемые величины следует интерпретировать или модифицировать в свете региональных и/или местных факторов, таких как природа и степень тяжести местных эндемических заболеваний, поведение населения, картина воздействия, социокультурные, экономические, экологические и технические аспекты, соперничающий риск для здоровья от других заболеваний, не связанных с рекреационным водопользованием.

С учетом изложенного требуется проведение исследований по всем потенциальным индикаторным показателям с целью пересмотра и научного обоснования индикаторных показателей безопасности поверхностных вод, используемых в рекреационных целях с учетом конкретных сложившихся условий рекреационного водопользования в Республике Беларусь.

Объект исследования. С целью выбора водных объектов для проведения экспериментальных исследований изучены данные лабораторных анализов проб воды в местах рекреационного водопользования, представленные учреждениями, осуществляющими государственный санитарный надзор. Создана база данных по 90 районам республики. На основании анализа информации обоснован выбор типовых водных объектов, используемых в рекреационных целях, для проведения исследований. При выборе руководствовались следующими параметрами: 1) тип водного объекта (проточные/непроточные); 2) ранг рекреационного использования водного

объекта (республиканский, местный уровень); 3) степень рекреационной нагрузки на водоем; 4) преобладающие на данном водном объекте виды рекреационного водопользования (контактные/неконтактные); 5) наличие объектов отдыха в зоне; 6) степень санитарной надежности водных объектов (по данным санитарной службы).

Запланированы обследования поверхностных водных объектов, используемых в рекреационных целях (преимущественно на территории Минской области), в течение 2 рекреационных сезонов, общий объем исследований составит более 300 проб.

Объектами исследования в 2013–2014 гг. являлись водные объекты на территории Минской области и г. Минска: крупные реки (Неман в районе Столбцов, Березина (Борисов), Птичь, Случь (Солигорск)), средние и мелкие реки (Исlochь, Ольшанка (Воложин), Бобр, Шать (Пуховичи)), а также водохранилища Заславское, Комсомольское, Цнянское, Дрозды, Вяча, Смолевическое, Солигорское, Тимковичское, Краснослободское. Проведены экспедиционные выезды и обследования водных объектов в зонах рекреации в разгар купального сезона (июнь–август), отобраны пробы воды для микробиологического анализа в местах для купания и выше места купания.

Дизайн эксперимента. Исследования проб воды проведены по широкому перечню потенциальных индикаторных показателей безопасности: общее микробное число (ОМЧ) в 1 мл; общие колиформные бактерии (ОКБ), термотолерантные колиформные бактерии (ТКБ); *E. coli*; энтерококки в 100 мл; споры сульфитредуцирующих клостридий; колифаги; *Ps. aeruginosa*. Кроме того, в пробах определяли содержание патогенных микроорганизмов и идентифицировали микробиологический профиль воды.

Исследования проводились в соответствии с [5, 7, 10]. При осуществлении испытаний использовали стандартное оборудование для микробиологических лабораторий. В работе применяли следующие реактивы и питательные среды: агар микробиологический, бромтимоловый синий, глюкоза, калия гидроксид, мясopептонный агар, мясopептонный бульон, набор реактивов для окраски по Граму, α -нафтол, пептон сухой ферментативный для бактериологических целей, системы индикаторные бумажные СИБ-глюкоза, СИБ-оксидаза, фуксин-сульфитная среда Эндо, фенилендиаминовые соединения (тетраметил-пара-фенилендиамин гидрохлорид или диметил-пара-фенил-

едиамин солянокислый), агар Клиглера, агар Эндо, агар Плоскирева.

К ОКБ относили грамотрицательные, оксидазоотрицательные, не образующие спор палочки, способные расти на дифференциальных лактозных средах, ферментирующие лактозу до кислоты и газа при температуре 37 ± 1 °C в течение 24–48 часов. К ТКБ относили бактерии, обладающие признаками ОКБ, а также способные ферментировать лактозу до кислоты и газа при температуре $44 \pm 0,5$ °C в течение 24 ± 2 ч.

Метод основан на фильтрации установленного объема воды через мембранные фильтры с последующим культивированием на селективной среде, с идентификацией и учетом выросших бактерий. Принадлежность изолятов к ОКБ и ТКБ определяли по отсутствию оксидазной активности, отношению к окраске по Граму, подтверждение способности ферментировать лактозу до кислоты и газа при температуре при температуре 37 ± 1 °C в течение 24–48 ч и $44 \pm 0,5$ °C в течение 24 ± 2 ч. ТКБ, продуцирующие индол из триптофана при $44 \pm 0,5$ °C, относили к *Escherichia coli*. Принадлежность изолятов к энтерококкам определяли визуально, по отсутствию каталазной активности, отношению к окраске по Граму. Колонии, характерные для энтерококков: выпуклые, с ровными краями, розовые, светло-розовые, равномерно окрашенные или с темно-красным не четко оформленным центром.

Результаты и их обсуждение. Результаты исследований показали, что во всех образцах выявлены общие колиформные бактерии, в 71,4 % образцов – термотолерантные колиформные бактерии в количестве более 300 КОЕ/100 мл, из них в 93,3 % обнаружены *Escherichia coli*. Далее проводилась идентификация колоний, выросших на дифференциально-диагностических средах и отнесенных к общим и термотолерантным колиформным бактериям. Изолированные колонии пересевались на чашки с недифференцированным питательным агаром МПА для получения суточной монокультуры бактерий и инкубировались при температуре 37 ± 1 °C в течение 24 ± 2 ч. После микроскопии окрашенных по Граму мазков проводилась идентификация бактерий с использованием микробиологического биохимического анализатора VITEK (Biomerieux). Были выявлены представители родов *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Serratia*. Проведена идентификация патогенных микроорганизмов.

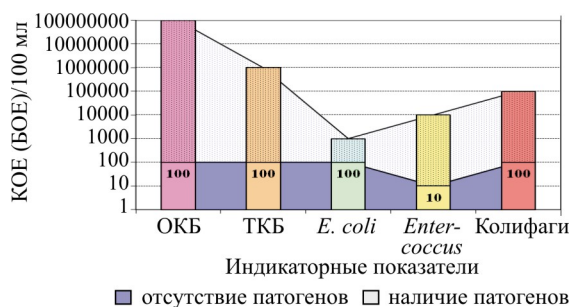


Рис. Зависимость значений показателей индикаторных микроорганизмов и наличия патогенных микроорганизмов в воде водоемов

Промежуточные результаты показали, что при значениях ОКБ и ТКБ до 100 КОЕ/100 мл, энтерококков и *E. coli* до 10 КОЕ/100 мл наблюдалось полное отсутствие патогенных микроорганизмов в обеззараживаемых сточных водах, при

определении колифагов на уровне 100 БОЕ/100 мл и менее в исследованных пробах энтеровирусы не обнаруживались (рисунок).

Выводы. Полученные результаты будут использованы для оценки индикаторных микробиологических показателей безопасности в динамике рекреационного периода, их репрезентативности, в том числе в зависимости от типа используемых водоемов и нагрузки на водоем.

При выборе индикаторных микроорганизмов следует руководствоваться следующими условиями: они должны легко обнаруживаться и идентифицироваться; иметь схожую с патогенными организмами природу; присутствовать в воде в больших количествах, чем патогенные организмы; иметь жизнестойкость такую же или лучшую, чем у патогенных организмов; быть непатогенными.

Список литературы

1. Амвросьева Т.В., Богуш З.Ф. Вирусное загрязнение водных объектов: проблемы и перспективы их санитарно-вирусологического контроля // Вода. – 2008. – № 12. – С. 10–13.
2. Бухарин О.В., Немцева Н.В. Новые микробиологические подходы к анализу санитарно-гигиенического и экологического состояния природных водоемов // Гигиена и санитария. – 2002. – № 5. – С. 22–24.
3. Гигиенические требования к содержанию и эксплуатации водных объектов при использовании их в рекреационных целях: санитарные нормы и правила / утв. МЗ РБ пост. № 238 от 30.12.2008. – Минск, 2008.
4. Директива 2006/7/ЕС от 15 февраля 2006 г. касающаяся управления качеством вод для купания [Электронный ресурс]. – URL: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32006L0007> (дата обращения: 27.01.2015).
5. Критерии безопасности для здоровья населения водных объектов Республики Беларусь, используемых в рекреационных целях: инструкция по применению № 139-1207 / утв. гл. гос. сан. врачом Респ. Беларусь 21.01.2008. – Минск, 2008.
6. Мамина Л.В. Методика оценки состояния рекреационных водоемов урбанизированных территорий: санитарно-гигиенический аспект // Социально-экологические технологии. – М., 2003. – С. 103–107.
7. Методы обнаружения возбудителей кишечных инфекций бактериальной природы в воде питьевой, открытых водоемов, бассейнов и в сточных водах: инструкция по применению № 025–0309 / утв. гл. гос. сан. врачом РБ 19.03.2010. – Минск, 2010.
8. Оценка качества воды по биологическим показателям: пути совершенствования / А.Г. Бойцов, О.Н. Ластовка, Г.П. Кашкарова, О.Е. Благова // Гигиена и санитария. – 2005. – № 1. – С. 74–77.
9. Результаты гигиенической оценки воды водных объектов в зонах рекреации по микробиологическим показателям как основа для научного обоснования индикаторных показателей безопасности / Е.В. Дроздова, В.В. Бурая, Т.О. Козлова, А.В. Фираго // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / Респ. науч.-практ. центр гигиены; гл. ред. С.И.Сычик. – Минск: ГУ «РНМБ», 2014. – Вып. 24. – Т. 1. – С. 7–11.
10. Санитарно-бактериологический, санитарно-вирусологический и санитарно-паразитологический анализ воды поверхностных водоемов: инструкция по применению № 037-0409 / утв. гл. гос. сан. врачом РБ 08.05.2009. – Минск, 2009.
11. Туристско-рекреационный потенциал и зонирование реки Западная Двина для целей устойчивого природопользования / Н.С. Шевцова, Г.И. Марцинкевич, Е.В. Дроздова, Е.В. Шушкова // Природные ресурсы. – 2011. – № 2. – С. 92–102.
12. Assessing microbial safety of drinking water. Improving approaches and methods. – OECD, Geneva, 2003. – 295 p.
13. Association of gastrointestinal illness and recreational water exposure at an inland U.S. beach / J.W. Marion, J. Lee, S. Lemeshow, T.J. Buckley // Water Res. – 2010. – Vol. 44 (16). – P. 4796–4804.
14. Comparison of Fecal Indicator Bacteria Densities in Marine Recreational Waters by QPCR / E.C. Chern, K.P. Brenner, L. Wymer, R.A. Haugland // Water Quality Exposure and Health. – 2009. – Vol. 1. – P. 203–214.
15. Elevated bathing-associated disease risks despite certified water quality: a cohort study / P. Papastergiou, V. Mouchtouri, O. Pinaka, A. Katsiaflaka, G. Rachiotis, Ch. Hadjichristodoulou // Int. J. Environ. Res. Public Health. – 2012. – Vol. 9. – P. 1548–1565.

16. Estimating the primary ethiologic agents in recreational freshwaters impacted by human sources of faecal contamination / J.A. Soller, T. Bartrand, N.J. Ashbolt, J. Ravenscroft, T.J. Wade // *Water Res.* – 2010. – Vol. 44. – P. 4736–4747.
17. Evaluation of rapid methods and novel indicators for assessing microbiological beach water quality / J.F. Griffith, Y. Cao, C.D. McGee, S.B. Weisberg // *Water Res.* – 2009. – Vol. 43 (19). – P. 4900–4907.
18. Guidelines for safe recreational water environments. – Vol. 1. Coastal and fresh waters. – WHO, Geneva, 2003. – 219 p.
19. Haas C.N., Rose J.B., Gerba C.P. Quantitative Microbial Risk Assessment. – New York: John Wiley & Sons, Inc., 1999.
20. Health-based monitoring of recreational waters: the feasibility of new approach (The Annapolis Protocol). Outcome of an expert consultation, Annapolis, USA Co-sponsored by USEPA. – Geneva, 1999. – 50 p.
21. High sensitivity of children to swimming-associated gastrointestinal illness: results using a rapid assay of recreational water quality / T.J. Wade, R.L. Calderon, K.P. Brenner, E. Sams, M. Beach, R. Haugland, L. Wymer, A.P. Dufour // *Epidemiology.* – 2008. – Vol. 19 (3). – P. 375–383.
22. Large-scale freshwater microbiological study: rationale, results and risks / D. Till, G. McBride, A. Ball, K. Taylor, E. Pyle // *Journal of Water and Health.* – 2008. – Vol. 6.4. – P. 443–460.
23. Leclerc H., Schwartzbrod L., Dei-Cas E. Microbial agents associated with waterborne diseases // *Crit. Rev. Microbiol.* – 2002. – Vol. 28 (4). – P. 371–409.
24. Meeting Report: knowledge and gaps in developing microbial criteria for inland recreational waters / S. Dorevitch, N. Ashbolt, Ch. Ferguson, R. Fujioka, Ch. McGee, J. Soller, R. Whitman // *Environmental Health Perspectives.* – 2010. – Vol. 118, № 6. – P. 871–876.
25. Pruss A. Review of epidemiological studies on health effects from exposure to recreational water // *Int. J. of Epidemiology.* – 1998. – Vol. 27. – P. 1–9.
26. Rapidly measured indicators of recreational water quality are predictive of swimming-associated gastrointestinal illness / T.J. Wade, R.L. Calderon, E. Sams, M. Beach, K.P. Brenner, A.H. Williams, A.P. Dufour // *Environmental Health Perspectives.* – 2006. – Vol. 114, № 1. – P. 24–28.
27. Stewart J. R., Gast R. J., Fujioka R. S. The coastal environment and human health: microbial indicators, pathogens, sentinels and reservoirs // *Environmental Health.* – 2008. – Vol. 7 (Suppl. 2). – P. 53–66.
28. Water ingestion during water recreation / S. Dorevitch, S. Panthi, Y. Huang, H. Li, A. Michalek, P. Pratap, M. Wroblewski, L. Liu, P. Scheff, A. Li // *Water Res.* – 2011. – Vol. 45 (5). – P. 2020–2028.
29. Water recreation and disease. Plausibility of Associated infections: acute effects, sequelae and mortality. – WHO, London, 2005. – 239 p.
30. Water quality indicators and the risk of illness at beaches with nonpoint sources of fecal contamination / J.M. Colford, T.J. Wade, K.C. Schiff, C.C. Wright, J.F. Griffith, S.K. Sandhu, S. Burns, M. Sobsey, G. Lovelace, S.B. Weisberg // *Epidemiology.* – 2007. – Vol. 18. – P. 27–35.

References

1. Amvros'eva T.V., Bogush Z.F. Virusnoe zagrjaznenie vodnyh ob#ek-tov: problemy i perspektivy ih sanitarno-virusologicheskogo kontrolja [Viral contamination of water bodies: problems and prospects of their sanitary and virological control]. *Voda*, 2008, no 12, pp. 10–13.
2. Buharin O.V., Nemceva N.V. Novye mikrobiologicheskie podhody k analizu sanitarno-gigienicheskogo i jekologicheskogo sostojanija prirodnyh vodoemov [New microbiological approaches to the analysis of sanitary-hygienic and environmental condition of natural water reservoirs]. *Gigiena i sanitarija*, 2002, no 5, pp. 22–24.
3. Sanitarnye normy i pravila «Gigienicheskie trebovanija k soder-zhaniju i jekspluatacii vodnyh ob#ektov pri is-pol'zovanii ih v rekreacion-nyh celjah» [Sanitary norms and regulations “Hygienic requirements to the maintenance and operation of water objects during their use for recreational purposes”]. utv. MZ RB post. № 238 ot 30.12.2008. Minsk, 2008.
4. Direktiva 2006/7/ES ot 15 fevralja 2006 g. kasajushhajasja upravljenija kachestvom vod dlja kupanija [Directive 2006/7/EC dd. February 2006 on the bathing water quality management]. Available at: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32006L0007>.
5. Kriterii bezopasnosti dlja zdorov'ja naselenija vodnyh ob#ektov Respubliki Belarus', ispol'zuemyh v rekreacionnyh celjah: instrukcija po primeneniju № 139–1207 [Criteria of safety for the health of population of the water bodies of the Republic of Belarus used for recreational purposes: application instructions No. 139–1207]. utv. Gl. gos. san. vrachom Resp. Belarus' 21.01.2008. Minsk, 2008.
6. Mamina L.V. Metodika ocenki sostojanija rekreacionnyh vodoemov urbanizirovannyh territorij: sanitarno-gigienicheskij aspekt [Methods for the assessment of conditions of the recreation water reservoirs at the urban lands: sanitary and hygienic aspect]. *Social'no-jekologicheskie tehnologii*, Moscow, 2003, pp. 103–107.
7. Instrukcija po primeneniju № 025–0309. Metody obnaruzhenija vzbuditelej kishechnyh infekcij bakterial'noj prirody v vode pit'evoj, otkrytyh vodoemov, bassejnov i v stochnyh vodah [Application instructions No. 025–0309. Methods for detection of activators of intestinal infections of bacterial origin in the potable water, open water reservoirs, basins and waste water]. utv. Gl. gos. san. vrachom RB 19.03.2010. Minsk, 2010.

8. Bojcov A.G., Lastovka O.N., Kashkarova G.P., Blagova O.E. Ocenka kachestva vody po biologicheskim pokazateljam: puti sovershenstvovaniya [Water quality assessment under the biological indicators: the ways of improvement]. *Gigiena i sanitariya*, 2005, no 1, pp. 74–77.
9. Drozdova E.V., Buraja V.V., Kozlova T.O., Firago A.V. Rezul'taty gigienicheskoy ocenki vody vodnykh ob'ektov v zonah rekreacii po mikrobiologicheskim pokazateljam kak osnova dlja nauchnogo obosnovaniya indikatornykh pokazatelej bezopasnosti [Results of the hygienic assessment of water of water bodies in the recreation areas under the microbiological indicators as the basis for the scientific justification of the indicative safety values]. *Zdorov'e i okruzhajushhaja sreda: sb. nauch. tr. / Resp. nauch. – prakt. centr gigieny; gl. red. S.I.Sychik. Minsk: GU «RNMB»*, 2014, issue 24, vol. 1, pp. 7–11.
10. Instrukcija po primeneniju № 037–0409. Sanitarno-bakteriologicheskij, sanitarno-virusologicheskij i sanitarno-parazitologicheskij analiz vody poverhnostnykh vodoemov [Application instructions No. 037–0409. Sanitary-bacteriological, sanitary-virological and sanitary-parasitological analysis of water in the surface water reservoirs], utv. Gl. gos. san. vrachom RB 08.05.2009. Minsk, 2009.
11. Shevcova N.S., Marcinkevich G.I., Drozdova E.V., Shushkova E.V. Turistsko-rekreacionnyj potencial i zonirovaniye reki Zapadnaya Dvina dlja celej ustojchivogo prirodnopol'zovaniya [Tourist and recreation potential and zoning of Zapadnaya Dvina River for the purposes of sustainable use of natural resources]. *Prirodnye resursy*, 2011, no 2, pp. 92–102.
12. Assessing microbial safety of drinking water. Improving approaches and methods. OECD, Geneva, 2003, 295 p.
13. Marion J.W., Lee J., Lemeshow S., Buckley T.J. Association of gastrointestinal illness and recreational water exposure at an inland U.S. beach. *Water Res.*, 2010, vol. 44 (16), pp. 4796–4804.
14. Chern E.C., Brenner K.P., L. Wymer, Haugland R.A. Comparison of Fecal Indicator Bacteria Densities in Marine Recreational Waters by QPCR. *Water Quality Exposure and Health*, 2009, vol. 1, pp. 203–214.
15. Papastergiou P., Mouchtouri V., Pinaka O., Katsiaflaka A., Rachiotis G., Hadjichristodoulou Ch. Elevated bathing-associated disease risks despite certified water quality: a cohort study. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2012, vol. 9, pp. 1548–1565.
16. Soller J.A., Bartrand T., Ashbolt N.J., Ravenscroft J., Wade T.J. Estimating the primary etiologic agents in recreational freshwaters impacted by human sources of faecal contamination. *Water Res.*, 2010, vol. 44, pp. 4736–4747.
17. Griffith J.F., Cao Y., McGee C.D., Weisberg S.B. 2009. Evaluation of rapid methods and novel indicators for assessing microbiological beach water quality. *Water Res.*, vol. 43 (19), pp. 4900–4907.
18. Guidelines for safe recreational water environments. Vol. 1 Coastal and fresh waters, WHO, Geneva, 2003, 219 p.
19. Haas CN, Rose JB, Gerba CP. 1999. Quantitative Microbial Risk Assessment. New York: John Wiley & Sons, Inc.
20. Health-based monitoring of recreational waters: the feasibility of new approach (The Annapolis Protocol). Outcome of an expert consultation, Annapolis, USA Co-sponsored by USEPA. Geneva, 1999, 50 p.
21. Wade T.J., Calderon R.L., Brenner K.P., Sams E., Beach M., Haugland R., Wymer L., Dufour A.P. High sensitivity of children to swimming-associated gastrointestinal illness: results using a rapid assay of recreational water quality. *Epidemiology*, 2008, vol. 19 (3), pp. 375–383.
22. Till D., McBride G., Ball A., Taylor K., Pyle E. Large-scale freshwater microbiological study: rationale, results and risks. *Journal of Water and Health*, 2008, vol. 6.4, pp. 443–460.
23. Leclerc H., Schwartzbrod L., Dei-Cas E. Microbial agents associated with waterborne diseases. *Crit Rev Microbiol.*, 2002, vol. 28 (4), pp. 371–409.
24. Dorevitch S., Ashbolt N., Ferguson Ch., Fujioka R., McGee Ch., Soller J., Whitman R. Meeting Report: knowledge and gaps in developing microbial criteria for inland recreational waters. *Environmental Health Perspectives*, 2010, vol. 118, no 6, pp. 871–876.
25. Pruss A. Review of epidemiological studies on health effects from exposure to recreational water. *Int. J. of Epidemiology*, 1998, vol. 27, pp. 1–9.
26. Wade T.J., Calderon R.L., Sams E., Beach M., Brenner K.P., Williams A.H., Dufour A.P. Rapidly measured indicators of recreational water quality are predictive of swimming-associated gastrointestinal illness. *Environmental Health Perspectives*, 2006, vol. 114, no 1, pp. 24–28.
27. Stewart J. R., Gast R. J., Fujioka R. S. The coastal environment and human health: microbial indicators, pathogens, sentinels and reservoirs. *Environmental Health*, 2008, vol. 7 (Suppl. 2), pp. 53–66.
28. Dorevitch S., Panthi S., Huang Y., Li H., Michalek A., Pratap P., Wroblewski M., Liu L., Scheff P., Li A. Water ingestion during water recreation. *Water Res.*, 2011, vol. 45 (5), pp. 2020–2028.
29. Water recreation and disease. Plausibility of Associated infections: acute effects, sequelae and mortality. WHO, London, 2005, 239 p.
30. Colford J.M., Wade T.J., Schiff K.C., Wright C.C., Griffith J.F., Sandhu S.K., Burns S., Sobsey M., Lovelace G., Weisberg S.B. Water quality indicators and the risk of illness at beaches with nonpoint sources of fecal contamination. *Epidemiology*, 2007, vol. 18, pp. 27–35.

EXPERIMENTAL JUSTIFICATION OF INDICATIVE MICROBIOLOGICAL VALUES FOR THE SAFETY OF WATER BODIES IN THE RECREATION AREAS

E.V. Drozdova, S.I. Sychik, V.V. Buraya, N.V. Dudchik, A.V. Firago, T.Z. Volk

RUE “Scientific Practical Centre of Hygiene” of the Ministry of Health
of the Republic of Belarus, the Republic of Belarus, Minsk, 8, Akademicheskaya St., 220012

The article provides the assessment of the microbiological values of water bodies if they are used for recreational purposes and distinguishes the epidemiologically significant parameters. In order to validate the indicative safety values taking into account the existing conditions of the recreational use of water we conducted the hygienic assessment of water in the water bodies used for recreational purposes under the indicative microbiological values (total microbial count, thermotolerant coliform bacteria, E. coli; enterococcus, spores of sulfite-reducing Clostridia; coliphages; Ps. aeruginosa) and the content of pathogenic microorganisms; also the microbiological profile of water was identified. The obtained data will be used to improve the system for monitoring of water bodies in the recreation areas.

Key words: recreational use of water, surface water bodies, monitoring, assessment of risks, microbiological health risks, indicative microorganisms.

© Drozdova E.V., Sychik S.I., Buraya V.V., Dudchik N.V., Firago A.V., Volk T.Z., 2015

Drozdova Elena Valentinovna – candidate of medical science, head of laboratory for drinking water supply and sanitary protection of water reservoirs (e-mail: drozdovaev@mail.ru; tel. 8 (375 17) 284 13 86).

Sychik Sergey Ivanovich – candidate of medical science, associate professor, director (e-mail: rspch@rspch.by; tel. 8 (375 17) 284 03 87).

Dudchik Natalia Vladimirovna – candidate of biological science, associate professor, head of microbiology laboratory (e-mail: rspch@rspch.by; tel. 8 (375 17) 284 13 85).

Buraya Valentina Vladimirovna – senior research assistant of laboratory for drinking water supply and sanitary protection of water reservoirs (e-mail: water@rspch.by; tel. 8 (375 17) 284 13 86).

Firago Anna Vladimirovna – trainee of the junior research assistant of laboratory for drinking water supply and sanitary protection of water reservoirs (e-mail: rspch@rspch.by; tel. 8 (375 17) 284 13 86).

Volk Tatyana Zdislavovna – junior research assistant of laboratory for drinking water supply and sanitary protection of water reservoirs (e-mail: rspch@rspch.by; tel. 8 (375 17) 284 13 86).