

**ОЦЕНКА УРОВНЯ МИКРОБНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ  
ПОВЕРХНОСТНЫХ ПРИРОДНЫХ ВОД РЕКРЕАЦИОННЫХ  
ЗОН ВОРОНЕЖСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ**

**М. О. Маслова, Е. Ю. Иванова**

*Воронежский государственный университет, Россия*

*Поступила в редакцию 26 декабря 2015 г.*

**Аннотация:** Данная статья освещает уровень общего микробного загрязнения поверхностных природных вод, а также загрязнения бактериями группы кишечной палочки, на территории рекреационных зон городского округа город Воронеж, Рамонского, Верхнехавского, Новоусманского, Хохольского, Каширского, Нижнедевицкого, Семилукского муниципальных районов. Кроме того в статье приведены расчеты коли-индекса и коли-титра.

**Ключевые слова:** коли-индекс, коли-титр, микробное число, рекреационные зоны.

**Abstract:** This article highlights the level of total microbial contamination of natural waters' surface, as well as contamination by coliform bacteria, in the territory of the recreational areas of the Voronezh district, Ramonsky, Verkhnekhavsky, Novousmansky, Khokholsky, Kashirskoye, Nizhnedevitsky, Semiluki municipal districts. Also the calculations of coli-index and coli-titer are provided in the article.

**Key words:** coli index, coli titer, microbial count, recreational areas.

Состояние окружающей среды на урбанизированных территориях формируется под влиянием комплекса природных и техногенных факторов. Воронежская область – крупный развитый регион, испытывающий значительное давление со стороны промышленности, в первую очередь, со стороны сельскохозяйственного сектора. Важным условием, определяющим характер хозяйственной деятельности на территории муниципальных районов области, является водный фактор.

Водные ресурсы области подвержены химическому и биологическому загрязнению, поступающему вместе со смывами с сельскохозяйственных полей, животноводческих ферм, а также со сточными водами промышленных предприятий и бытовыми стоками.

Целью исследований является эколого-аналитическая оценка уровня микробного загрязнения поверхностных вод рекреационных зон Рамонского, Новоусманского, Верхнехавского, Каширского, Хохольского, Нижнедевицкого, Семилукского муниципальных районов области, а также городского округа город Воронеж.

Проведение микробиологических исследований позволяет количественно оценить уровень загрязнения природных вод патогенными микроорганизмами.

Отбор проб поверхностных природных вод осуществлялся на территории благоустроенных и необорудованных пляжей, что позволило оценить экологические риски для здоровья населения в местах с высокой рекреационной нагрузкой. Всего было отобрано и проанализировано 80 проб поверхностных вод.

Объектами исследований были выбраны популярные места отдыха населения в летний период: Воронежское водохранилище, р. Дон, р. Воронеж, р. Усмань, р. Трещевка, р. Ворона, р. Девица, р. Еманча, р. Хава, р. Россошка, р. Ольшанка, р. Ведуга, наиболее крупные пруды и озера.

Микробиологический анализ вод проводился в лицензированной эколого-аналитической лаборатории факультета географии, геоэкологии и туризма ВГУ (лицензия № 217.001/11). Отбор разовых проб воды осуществлялся на расстоянии 1,5–2,0 м от берега реки, с поверхностного слоя 30–50 см с помощью батометра, согласно правилам,

приведенным в ГОСТ [2]. Работа проводилась в летний период 2015 г.

Анализ качества проб воды был проведен на основании базовых показателей микробного загрязнения: общее микробное число, коли-индекс, коли-титр.

Общее микробное число – это интегральный санитарный показатель, позволяющий оценить общую микробную обсемененность водного объекта [1].

Существующие нормативы микробного числа регламентируют общее содержание микроорганизмов в продуктах питания и питьевых водах, однако четких санитарно-гигиенических норм для объектов окружающей среды не разработано. Показатель микробного числа сильно варьирует в зависимости от типа объекта, его химического состава и других факторов. В природных водах микробное число может достигать 1 000 000 на 1 л, приемлемым уровнем считается значение от 10 до 1000 на 1 л для пресных вод.

Однако показатель микробного числа лишь условно позволяет оценить влияние содержащихся в водах микроорганизмов на здоровье человека. Для природных вод характерно большое видовое разнообразие, многие виды микроорганизмов являются нормой для водной экосистемы. Часто такие бактерии нейтральны по отношению к здоровью человека. Более объективными и актуальными являются показатели, позволяющие количественно оценить содержание патогенных микроорганизмов (такие как коли-индекс и коли-титр), к числу которых относят группу бактерий кишечной палочки.

Кишечная палочка (*Escherichia Coli*) является палочковидной термофильной бактерией, принадлежащей к группе факультативных анаэробов, то есть живет и размножается в основном в условиях отсутствия прямого кислорода. Она имеет множество штаммов, большинство из которых принадлежит к естественной микрофлоре кишечника и помогает предотвращать развитие вредоносных микроорганизмов и синтезировать витамин К.

Кишечная палочка относится к группе энтеробактерий, то есть кишечных бактерий, поэтому ее присутствие в природных водах свидетельствует о фекальном загрязнении водоема. Они широко распространены в природе и часто обнаруживаются в воде, почве, пищевых продуктах, на поверхности предметов.

Заражение патогенными штаммами кишечной палочки человека происходит преимущественно

алиментарным путем. Заражению способствует нарушение правил гигиены приготовления пищи, употребление плохо промытых фруктов и овощей, использование загрязненной воды для полива или в питьевых целях. Некоторые патогенные виды кишечной палочки способны стать причиной серьезных отравлений, кишечного дисбактериоза и колибактериоза. Некоторые штаммы вызывают не только заболевания желудочно-кишечного тракта, но поражают также мочеполовую систему, провоцируют кольпит, цистит, простатит, менингит у младенцев, а в некоторых случаях способны стать причиной развития гемолитически-уремического синдрома, перитонита, мастита, пневмонии и сепсиса. Достаточно распространены антибиотикорезистентные формы [1, 2].

Купание или использование загрязненных кишечной палочкой природных вод может стать причиной негативных последствий для здоровья человека, особенно детей. Согласно действующим санитарно-гигиеническим нормативам коли-индекс природных вод не должен превышать трех.

Коли-индекс – количество кишечных палочек (*E. Coli*), обнаруживаемое в единице жидкости, почве или твердого вещества. Для определения коли-индекса использовался прямой посев исследуемого материала на питательную среду Эндо с последующей окраской по Граму мазков из колоний каждого типа для проверки на оксидазную активность, которая у кишечных палочек в норме является отрицательной [2].

Для Воронежской области характерен развитый сельскохозяйственный сектор, наличие животноводческих ферм и пастбищного скотоводства, что потенциально может являться причиной высокого микробного загрязнения природных поверхностных вод.

На территории городского округа город Воронеж было отобрано 11 проб поверхностных вод. Воронежское водохранилище – крупный водный объект, уровень загрязнения которого может существенно изменяться в зависимости от гидрологических характеристик в каждом конкретном месте отбора пробы, условий разбавления, мест сброса сточных вод. Величина показателя общего микробного числа для вод Воронежского водохранилища составила от  $4 \times 10^3$  до  $1 \times 10^5$  КОЕ<sup>1</sup>, параметр коли-индекса варьирует от  $2 \times 10^3$  до  $1 \times 10^5$  КОЕ.

На территории Семилукского муниципального района было отобрано 17 проб поверхностных

<sup>1</sup> КОЕ – колониобразующая единица.

вод. Для южной и восточной окраин района характерна высокая освоенность и плотная жилищная застройка, большое количество дачных кооперативов и коттеджных поселков. Территория испытывает резкое увеличение антропогенной нагрузки в теплый период года. Здесь отмечается большое количество прудов, имеющих собственные необорудованные пляжи, являющиеся популярными местами отдыха приезжих отдыхающих и местных жителей. Поверхностные воды испытывают нагрузку со стороны сельскохозяйственного сектора. Попадание смывных вод с полей, содержащих минеральные и органические удобрения, а также несовершенство организации канализационных конструкций приводит к интенсивным процессам эвтрофикации водоемов и высокому уровню микробного загрязнения. Значения общего микробного числа и коли-индекса для проб поверхностных природных вод Семилукского района изменяются от  $1 \times 10^3$  до  $7 \times 10^4$  КОЕ.

Рамонский и Новоусманский муниципальные районы области отличаются развитой инфраструктурой и высоким уровнем сервиса. Здесь располагаются наиболее крупные туристические базы и благоустроенные пляжи I и II категорий, рекомендуемые населению для летнего отдыха у водных объектов. Данная территория обладает высокой туристической привлекательностью и испытывает высокую рекреационную нагрузку. На территории Рамонского района было отобрано 9 проб поверхностных вод из р. Дон, р. Воронеж, р. Усмань, р. Трещевка. Величина показателя общего микробного числа изменялась в пределах от  $1 \times 10^3$  до  $2 \times 10^5$  КОЕ, коли-индекса –  $1 \times 10^3$  до  $2 \times 10^4$  КОЕ. На территории Новоусманского района было проанализировано 11 проб поверхностных вод из р. Усмань, р. Хава и прудов. Значения варьировали от  $2 \times 10^3$  до  $7 \times 10^7$  КОЕ для показателя общего микробного числа; от  $1 \times 10^2$  до  $6 \times 10^4$  КОЕ для коли-индекса.

Верхнехавский, Хохольский и Нижнедевицкий муниципальные районы области имеют сельскохозяйственную специализацию. Осуществление выпаса скота, применение удобрений, наличие диких и домашних водоплавающих птиц, а также неорганизованные канализационные стоки с территорий жилого частного сектора способствуют высокому загрязнению вод органическими веществами. В этих зонах отмечается большое количество неорганизованных пляжей, возникающих вблизи мест скопления местных жителей. На территории Верхнехавского района было отобрано 9 проб поверхностных вод. Минимальное значение общего микробного числа составило  $2 \times 10^4$  КОЕ, максимальное –  $1 \times 10^5$  КОЕ. Показатель коли-индекса варьирует от  $4 \times 10^3$  до  $1 \times 10^5$  КОЕ. В границах Хохольского района было проанализировано 11 проб. Результаты подсчета общего микробного числа изменяются от  $7 \times 10^3$  до  $2 \times 10^5$  КОЕ, коли-индекса – от  $4 \times 10^3$  до  $2 \times 10^5$  КОЕ. С территории Нижнедевицкого района было отобрано 7 проб поверхностных вод. Минимальное значение микробного числа и коли-индекса составило  $9 \times 10^3$  КОЕ, максимальное –  $2 \times 10^5$  КОЕ.

Каширский район не является популярным местом летнего отдыха рекреантов. На территории отмечается небольшое количество водоемов, пригодных для купания. Они находятся вдали от жилой застройки, что ограничивает попадание в поверхностные воды канализационных стоков. Район не получил широкого сельскохозяйственного освоения и не испытывает интенсивной антропогенной нагрузки. На территории Каширского района было отобрано 5 проб поверхностных вод. Величина параметров общего микробного числа и коли-индекса изменяется от  $2 \times 10^3$  до  $1 \times 10^4$  КОЕ.

Полученные результаты проведенного исследования свидетельствуют о высоком уровне общего микробного загрязнения водоемов территории

Таблица

Бактериологические показатели степени загрязненности водоемов

Степень загрязненности воды	Титр кишечной палочки, мл	Микробное число (а – число от 1 до 9)
Очень чистые	10-100	$a \times 10^1$
Чистые	10-1	$a \times 10^2$
Умеренно загрязненные	1-0,05	$a \times 10^3$
Загрязненные	0,05-0,005	$a \times 10^4$
Грязные	0,005-0,001	$a \times 10^5$
Очень грязные	0,001	$a \times 10^6$

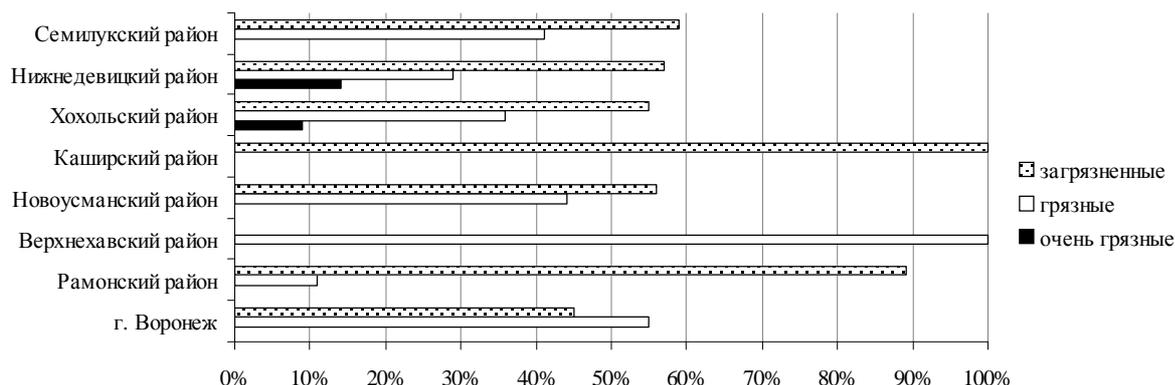


Рис. 1. Категории поверхностных вод в соответствии с показателем микробного числа

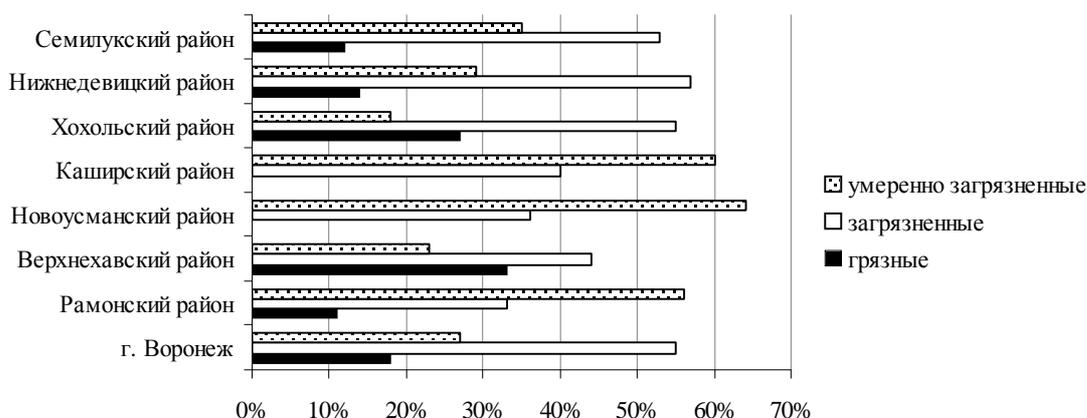


Рис. 2. Категории качества вод в соответствии с показателем коли-титра

Воронежской агломерации, в том числе о высоком уровне загрязнения вод фекальными отходами.

Исходя из результатов исследования, поверхностные воды были проранжированы с последующим присвоением определенной категории качества (таблица) [1].

Исходя из показателя общего микробного числа (согласно С. М. Драчеву), большая часть поверхностных вод Воронежской агломерации относится к категории «загрязненные» – 47,5 % от общего количества проб воды. К категории «умеренно загрязненные» относится 37,5 %, категории «грязные» соответствует 15 % проб.

Наиболее высокие показатели микробного числа характерны для вод Верхнехавского, Хохольского, Нижнедевицкого, Семилукского муниципальных районов, а также городского округа город Воронеж. В данных районах большая часть поверхностных вод относится к категориям «загрязненные» и «грязные». К умеренно загрязненным можно отнести большую часть вод Новоусманского, Каширского и Рамонского районов (рис. 1).

Для территории Воронежской области характерен высокий уровень загрязнения вод бактериями группы кишечной палочки, что объясняется хозяйственной специализацией региона на животноводстве и сельском хозяйстве. Фекальные отходы попадают в поверхностные воды во время выпаса скота, от домашних и диких водоплавающих птиц, со смывами органических удобрений и отходов с сельскохозяйственных полей и животноводческих ферм. Отталкиваясь от количественных показателей загрязнения водоемов кишечной палочкой, можно сделать вывод, что качество вод большинства водоемов области относится к категории «грязные». Наибольший уровень загрязнения поверхностных вод кишечной палочкой отмечен для водоемов Нижнедевицкого и Хохольского муниципальных районов, наименьший – для водоемов Каширского и Рамонского районов (рис. 2).

Наиболее высокий уровень загрязнения природных вод бактериями группы кишечной палочки установлен для водоемов Хохольского и Нижнедевицкого муниципальных районов. Здесь су-

ществует развитая сеть сельскохозяйственных и животноводческих предприятий, осуществляется выпас скота. Более высокие концентрации загрязняющих веществ, в том числе и микробные загрязнения, встречаются в непроточных эвтрофированных водоемах.

Менее высокий уровень микробного загрязнения поверхностных вод встречается в Верхнехавском, Семилукском, Новоусманском районах и городском округе город Воронеж. Воды Верхнехавского и Семилукского районов также испытывают большую нагрузку со стороны сельскохозяйственного сектора. В районах большое количество прудов, где размножение микроорганизмов происходит более интенсивно.

Воды Новоусманского района, а также пляжи микрорайонов «Сомово» и «Боровое», в теплый сезон года испытывают высокое давление со стороны рекреантов, так как являются популярными местами отдыха местных жителей и горожан, что способствует росту уровня микробного загрязнения вод.

Воронежское водохранилище – эвтрофированный водный объект, испытывающий колоссальное влияние со стороны промышленности, бытовых и канализационных стоков. Процесс роста и размножения микроорганизмов интенсифицируется в районе Вогрессовского моста на левом берегу города, где в водохранилище сбрасывает свои подогретые воды ТЭЦ-1. Дополнительную нагрузку на водохранилище осуществляет воронежский сафари-парк «Червлёный Яр», располагающийся в районе плотины в левобережной части города около микрорайона «Таврово». В сафари-парке содержат бизонов, зубров, северных оленей, японских свинок, овец и коз.

Наименьший уровень микробного загрязнения на фоне всей территории Воронежской агломерации характерен для Каширского и Рамонского районов. Основными водными артериями Рамонско-

го района являются достаточно крупные проточные водоемы, реки Воронеж и Усмань, воды которых имеют удовлетворительное качество, несмотря на высокую рекреационную нагрузку. Каширский район не является привлекательным местом летнего отдыха среди рекреантов, на данной территории находится небольшое количество малых водных объектов, поэтому интенсивной нагрузки воды района не получают.

Для снижения уровня загрязнения природных вод области необходимо ведение грамотной стратегии сельского хозяйства и качественная очистка промышленных и бытовых стоков перед их сбросом в водные объекты. Эффективность методов биологической очистки сточных вод зависит от химического состава водного объекта, температурного режима, погоды, pH среды [2]. Наиболее часто в промышленности для очистки используют хлорсодержащие вещества или ультрафиолетовое облучение. Для биологически очищения сточных вод перед сбросом их в водоемы коли-индекс не должен превышать 1000 на 1 л.

Для профилактики отравлений и заболеваний, вызванных кишечной палочкой, необходимо соблюдение рекреантами правил безопасности и личной гигиены во время и после купания в водоемах.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Драчев С. М. Борьба с загрязнением рек, озер и водохранилищ промышленными и бытовыми стоками / С. М. Драчев. – Москва : Наука, 1964. – 274 с.
2. Советский энциклопедический словарь / под. ред. Прохорова А. М. // Советская энциклопедия; Издание 4-ое. – Москва, 1986. – 1600 с

#### REFERENCES

1. Drachev S. M. Bor'ba s zagryazneniem rek, ozer i vodokhranilishch promyshlennymi i bytovymi stokami / S. M. Drachev. – Moskva : Nauka, 1964. – 274 s.
2. Sovetskiy entsiklopedicheskiy slovar' / pod. red. Prokhorova A. M. // Sovetskaya entsiklopediya; Izdanie 4-oe. – Moskva, 1986. – 1600 s

Maslova Marina Olegovna

Post-graduate student at the Chair of geoecology and environment monitoring, Department of geography, geoecology and tourism, Voronezh State University, Voronezh, tel. 8(952)554-16-55, E-mail: [mirummo@gmail.com](mailto:mirummo@gmail.com)

Ivanova Ekaterina Yurievna

PhD in Biology, Associate Professor of the Chair of geoecology and environment monitoring, Department of geography, geoecology and tourism, Voronezh State University, Voronezh, tel. 8(905)657-95-98, E-mail: [ivanova.vsu@gmail.com](mailto:ivanova.vsu@gmail.com)

Маслова Марина Олеговна

аспирант кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского государственного университета, г. Воронеж, т. 8(952)554-16-55, E-mail: [mirummo@gmail.com](mailto:mirummo@gmail.com)

Иванова Екатерина Юрьевна

кандидат биологических наук, доцент кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского государственного университета, г. Воронеж, т. 8(905)657-95-98, E-mail: [ivanova.vsu@gmail.com](mailto:ivanova.vsu@gmail.com)