

В.В. МАЛЬНИК, Ю.Р. ШТЫКОВА, А.Н. СУТУРИН, О.А. ТИМОШКИН

Лимнологический институт СО РАН, 664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3, Россия,
malnik80@mail.ru, tulupova@lin.irk.ru, san@lin.irk.ru, tim@lin.irk.ru

ВЛИЯНИЕ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ НА САНИТАРНО-МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ МАЛЫХ ПРИТОКОВ И ПРИБРЕЖНЫХ ВОД НА ПРИМЕРЕ ЗАЛИВА ЛИСТВЕННИЧНЫЙ (ЮЖНЫЙ БАЙКАЛ)

Проведена санитарно-микробиологическая оценка качества вод малых притоков и прибрежной зоны озера Байкал в пределах пос. Листвянка с апреля 2015 по октябрь 2016 г. Исследования проводились на верхних (выше границ поселка) и приустьевых участках рек Большая Черемшанка, Малая Черемшанка, Камеушка и Крестовка. Установлено, что качество вод верхних участков рек соответствовало нормативам РФ применительно к водам, используемым для рекреационных целей. В приустьевых участках Большой Черемшанки, Малой Черемшанки, Камеушки обнаружены значительные концентрации фекальных индикаторных бактерий. Воды Крестовки, самой крупной из четырех изученных рек, как правило, соответствовали нормативам качества воды. Эти данные свидетельствуют о постоянном и значительном фекальном загрязнении изученных рек. В прибрежных водах из приустьевых участков самого озера концентрации термотолерантных колиформных бактерий и энтерококков значительно варьировали и часто превышали установленные в РФ нормативы, что указывает на привнос фекальных индикаторных бактерий с водами впадающих в Байкал рек. Выявлено, что вода из малых рек и приустьевых участков Байкала в местах отбора проб загрязнена фекальными индикаторными бактериями. Использование такой воды без очистки несет непосредственную угрозу для общественного здоровья. Таким образом, на данный момент в пос. Листвянка назрела необходимость строительства эффективных очистных сооружений сточных хозяйственно-бытовых вод, поскольку поток туристов в этот район стремительно растет, а буферная способность грунтов по адсорбции микроорганизмов со временем уменьшается при увеличении антропогенной нагрузки на экосистему.

Ключевые слова: прибрежная зона, фекальные индикаторные бактерии, энтерококки, термотолерантные колиформные бактерии.

V.V. MALNIK, Yu.R. SHTYKOVA, A.N. SUTURIN, O.A. TIMOSHKIN

Limnological Institute, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, 664033, Irkutsk,
ul. Ulan-Batorskaya, 3, Russia, malnik80@mail.ru, tulupova@lin.irk.ru, san@lin.irk.ru, tim@lin.irk.ru

INFLUENCE OF SETTLEMENTS ON SANITARY-MICROBIOLOGICAL STATUS OF SMALL TRIBUTARIES AND COASTAL WATERS AS EXEMPLIFIED BY LISTVENNICHNYI BAY (SOUTH BAIKAL)

A sanitary-microbiological assessment of the water quality in the small tributaries and the littoral zone of Lake Baikal within the area of the settlement of Listvyanka was made over the period from April 2015 to October 2016. The investigations were made in the upstream (of the boundaries of the settlement) and estuarine sections of the Bol'shaya Cheremshanka, Malaya Cheremshanka, Kamenushka and Krestovka rivers. It was found that the water quality in the upstream sections of the rivers complied with the standard rates of water requirements imposed by the Russian Federation for the waters used for recreational purposes. The estuarine sections of the Bol'shaya Cheremshanka, Malaya Cheremshanka and Kamenushka showed significant concentrations of fecal indicator bacteria. The waters of the Krestovka, the largest among the four rivers used in the study, generally complied with water quality standards. These data indicate that the rivers in this study are experiencing considerable fecal pollution. In the coastal waters from the estuarine areas of the lake itself, the concentrations of thermotolerant coliform bacteria and enterococci varied considerably and often exceeded the standard rates established in the Russian Federation, indicating input of fecal indicator bacteria with the waters of the rivers flowing into Baikal. It was found that the water from the small rivers and from the estuarine areas of Baikal at the sampling locations is polluted by fecal indicator bacteria. Use of such a water without treatment poses an immediate threat to public health. It is concluded that in the settlement of Listvyanka there is a clear need for the construction of efficient treatment facilities for household waste water, because the flow of tourists to this area is growing rapidly and the buffer capacity of soils for adsorption of microorganisms is decreasing over time with an increase in anthropogenic load on the ecosystem.

Keywords: coastal zone, fecal indicator bacteria, enterococci, thermotolerant coliform bacteria.

ВВЕДЕНИЕ

Поселок Листвянка расположен северо-западнее истока р. Ангары. Благодаря близости к Иркутску, поселок привлекает большое количество туристов. Так, например, только Байкальский музей посещают более 150 тыс. чел. в год [1]. Рекреационная нагрузка на очень узкую прибрежную территорию, которая в настоящее время активно застраивается турбазами и гостиницами, за последние десять лет значительно возросла. Большая часть поселка — это частные дома без централизованной системы канализования. Гостиничные комплексы оборудованы выгребными ямами, чаще всего — это негерметичные емкости. Часть сточных вод вывозится за пределы Листвянки (и оз. Байкал) на очистные сооружения в районе пос. Никола и сбрасывается в р. Ангару в 6 км ниже истока. Остальные хозяйственно-бытовые стоки от частных домов и гостиниц, расположенных в падах поселка, попадают в русла малых рек — притоков Байкала в пределах залива Лиственничный. Стоки от зданий, находящихся на побережье, пассивно фильтруясь через грунт, попадают в прибрежную зону озера.

Основные результаты микробиологических исследований водной толщи оз. Байкал за период с 1920-х по 1985 г. изложены в [2]. Изучая среднюю котловину озера, исследователи выяснили, что распределение бактерий в поверхностном слое байкальской воды было неравномерным [3]. Содержание микробов в литорали оказалось относительно невелико и зависело от погодных условий [4]. Также не было обнаружено существенных различий в количестве бактерий, обитающих в поверхностном и придонном горизонтах, что обусловлено постоянным перемешиванием всей водной толщи литорали [5].

В 1982 г. санитарно-бактериологический анализ двух литоральных участков Южного Байкала (район БЦБК и район пос. Б. Коты) показал, что водные массы на восточном и на западном побережье оценивались как чистые. Это была одна из первых работ, посвященных санитарной микробиологии Байкала [6].

В 1991 г. в пелагиальных водах Байкала (в том числе и глубинных) определялось содержание бактерий группы кишечной палочки (БГКП). В подавляющем большинстве случаев они не обнаружены, но летом, в непосредственной близости от некоторых населенных пунктов, поверхностные воды могли содержать в значительных количествах кишечные палочки [7].

Проводилось исследование по выявлению биоразнообразия и распределению бактерий семейства *Enterobacteriaceae* в 1997–2000 гг. в поверхностных водах по всей акватории Байкала, а также в устьях притоков. Летом отмечалось влияние зон рекреации, населенных пунктов и судоходства на присутствие потенциально патогенных бактерий в водах озера [8]. Распределение термотолерантных колиморфных бактерий (ТКБ), а также бактерий рода *Enterococcus* изучали в литоральных участках оз. Байкал, испытывающих антропогенную нагрузку. Установлено, что максимум численности условно-патогенных бактерий фиксировался в устьях рек, по мере продвижения речных вод в озеро численность постепенно снижалась [9].

Недавно стало известно, что прибрежные воды у пос. Листвянка — место круглогодичного вегетирования водорослей рода *Spirogyra* [10, 11]. Пассивная фильтрация неочищенных сточных вод через грунт — основа массового развития спирогиры в прибрежной зоне озера напротив прибрежных населенных пунктов [12]. Фекальное загрязнение в большинстве случаев сопутствовало массовому цветению этих водорослей. Между тем, опубликованные данные о санитарно-микробиологическом состоянии воды основных притоков залива Лиственничный, которые могут быть источником антропогенного загрязнения и влиять на развитие водорослей, очень ограничены [1, 10]. В воде рек Крестовка и Малая Черемшанка были отмечены повышенные показатели общих колиформных бактерий (ОКБ), достигающие значений 5500 и 6540 КОЕ/100 мл соответственно [1].

Исследование санитарно-бактериологических показателей необходимо для того, чтобы обнаружить фекальное загрязнение и обезопасить население от возможных вспышек кишечных инфекций при использовании рекреационного потенциала пос. Листвянка и залива Лиственничный [13]. При антропогенной нагрузке на притоки может меняться состав сообщества гидробионтов в литоральной зоне озера в районе впадения Большой Черемшанки, Малой Черемшанки и Каменушки. Одни виды могут замещаться другими (более устойчивыми к возникающим стрессовым условиям) или могут исчезнуть под прессом антропогенного влияния [14]. Последние годы в этой части по всему периметру оз. Байкал сложилась кризисная ситуация, признаками которой стала гибель губок, моллюсков рода *Gastropoda*, развитие водоросли рода *Spirogyra* [11]. Эти явления связаны с поступлением во впадающие в Байкал реки биогенных элементов в повышенных концентрациях [15].

Цель данной работы — характеристика качества воды по санитарно-микробиологическим показателям некоторых притоков оз. Байкал, а также прибрежной зоны залива Лиственничный. В задачи

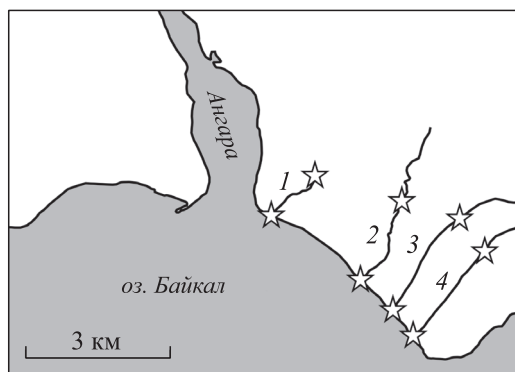


Рис. 1. Схема залива Лиственничный.

1 — р. Каменушка, 2 — р. Крестовка, 3 — р. Малая Черемшанка, 4 — р. Большая Черемшанка. Места отбора проб обозначены звездочками.

исследования входило изучение сезонной и межгодовой динамики фекальных индикаторных бактерий (ФИБ) в воде участков рек, расположенных выше пос. Листвянка, в его пределах, а также в воде оз. Байкал рядом с местами впадения притоков.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

В пределах поселка протекают пять рек и ручей (рис. 1). Изучение качества речной воды проводилось на примере четырех притоков Байкала — Большой Черемшанки, Малой Черемшанки, Каменушки и Крестовки. Пробы отбирали в период открытой воды в 2015 и 2016 гг. в двух створах: один из них расположен выше жилого массива (контрольный створ), другой — в его пределах, в устьевой части реки. Озерную воду у поверхности и дна (придонные слои воды) в прибрежной зоне оз. Байкал отбирали в местах впадения рек Большая Черемшанка и Малая Черемшанка, согласно нормативным документам [16].

Все работы выполняли либо с использованием стерильных шприцев Жане объемом 150 мл для отбора поверхностных слоев воды, либо шприцев, закрепленных на шесте, для отбора придонных байкальских вод с глубины 1 м. Затем пробы воды сливали в стерильные стеклянные флаконы объемом 250 мл, помещали в сумку-холодильник с хладагентами и доставляли в лабораторию. Далее их размещали в стационарном холодильнике до начала аналитических исследований. Период времени от момента отбора проб до проведения анализа не превышал 6 ч. Температуру в местах пробоотбора измеряли с помощью портативного термометра (Horiga, Japan).

Обнаружение, подсчет численности исследуемых групп бактерий и интерпретацию результатов проводили, руководствуясь МУК 4.2.1884-04 и ГОСТ 24849-2014, с помощью метода мембранной фильтрации на нитроцеллюлозных фильтрах с диаметром пор 0,45 мкм.

Количество ТКБ определяли, культивируя образцы, осажденные на фильтрах на дифференциально-диагностической среде Эндо с последующей проверкой типичных лактозоположительных колоний на способность ферментировать лактозу до кислоты и газа при $44 \pm 0,5$ °С [17]. Предварительно для изолированных колоний выполняли оксидазный тест. Количество фекальных энтерококков определяли на селективном агаре Slatetz and Bartley Medium (производство Himedia № M 612) и Bile Esculine Azide Agar (производство Himedia № M493) [18].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Термотолерантные колиформные бактерии и энтерококки — основные санитарно-показательные микроорганизмы. В Российской Федерации, согласно СанПиН 2.1.5.980-00 [19], ТКБ рассматриваются как один из определяющих нормируемых показателей качества вод водоемов, а энтерококки — как дополнительный, определяемый по эпидемиологическим показаниям; их ориентировочные нормы регламентированы в МУК 4.2.1884-04 [17]. Присутствие в воде этих микроорганизмов в количестве, превышающем нормативные значения, обычно свидетельствует о сравнительно недавнем фекальном загрязнении и потенциальной эпидемиологической опасности. Согласно основным регламентирующим документам Российской Федерации, в водах, используемых для рекреации, количество ТКБ не должно превышать 100 КОЕ/100 мл, энтерококков — 50 КОЕ/100 мл [17, 19].

Максимальные значения ТКБ в воде из устья р. Малая Черемшанка составляли 8800 и 9000 КОЕ/100 мл в октябре 2015 г. и в июне 2016 г. соответственно (рис. 2). Данные, отображенные на диаграммах (см. рис. 2), в том числе и характеризующие другие реки, указывают на значительное фекальное загрязнение воды на нижних участках исследованных рек и на превышение имеющихся нормативов в течение двух лет исследований. Несколько иная картина наблюдалась на р. Крестовка,

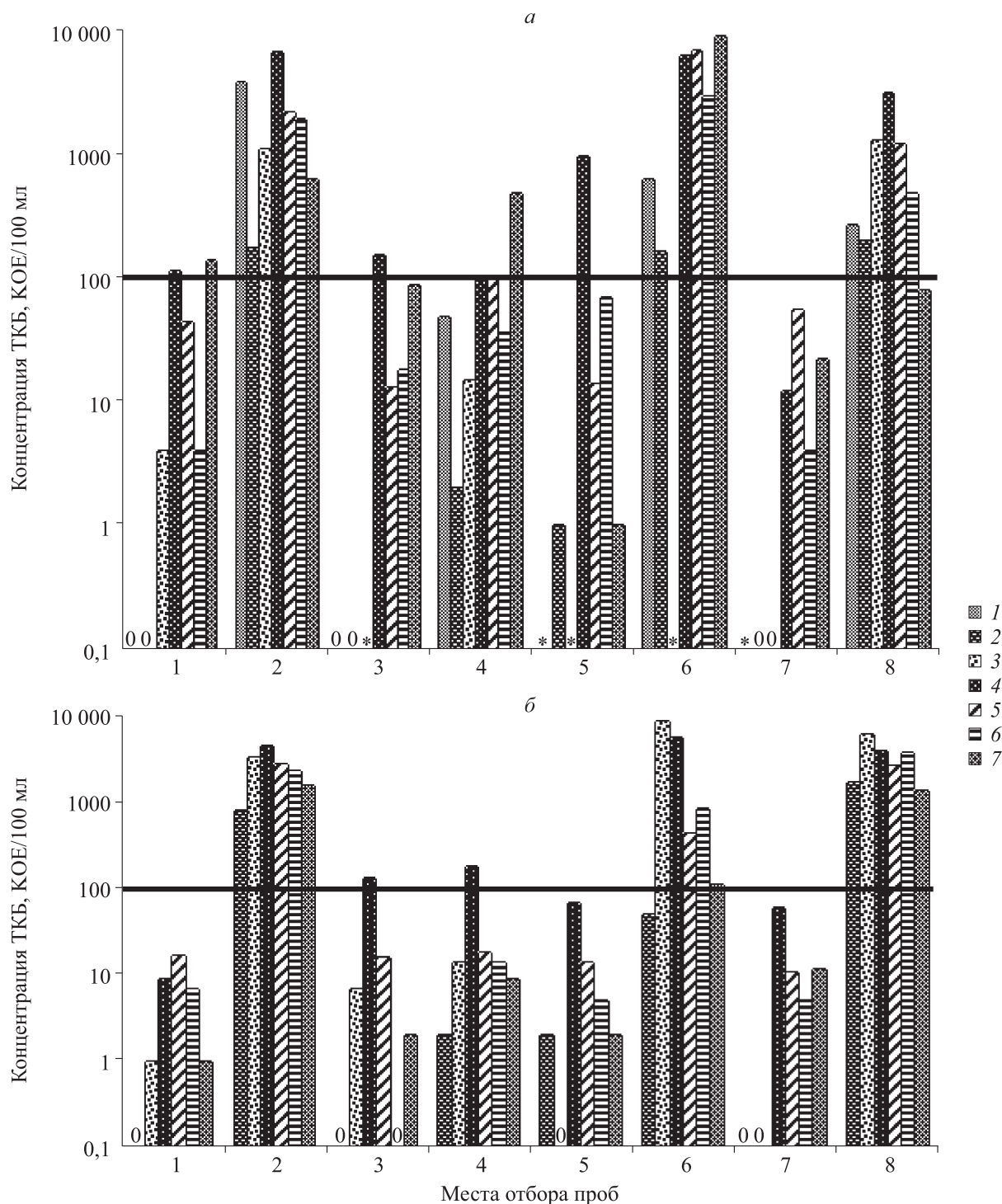


Рис. 2. Концентрация ТКБ в водах притоков оз. Байкал в 2015 г. (а) и в 2016 г. (б).

Места отбора проб: 1 — р. Большая Черемшанка, выше поселка; 2 — р. Большая Черемшанка, устье; 3 — р. Крестовка, выше поселка; 4 — р. Крестовка, устье; 5 — р. Малая Черемшанка, выше поселка; 6 — р. Малая Черемшанка, устье; 7 — р. Каменушка, выше поселка; 8 — р. Каменушка, устье. Месяц: 1 — апрель, 2 — май, 3 — июнь, 4 — июль, 5 — август, 6 — сентябрь, 7 — октябрь. Звездочки — отсутствие данных; нули — не обнаружены; горизонтальная линия — допустимые нормативы показателя.

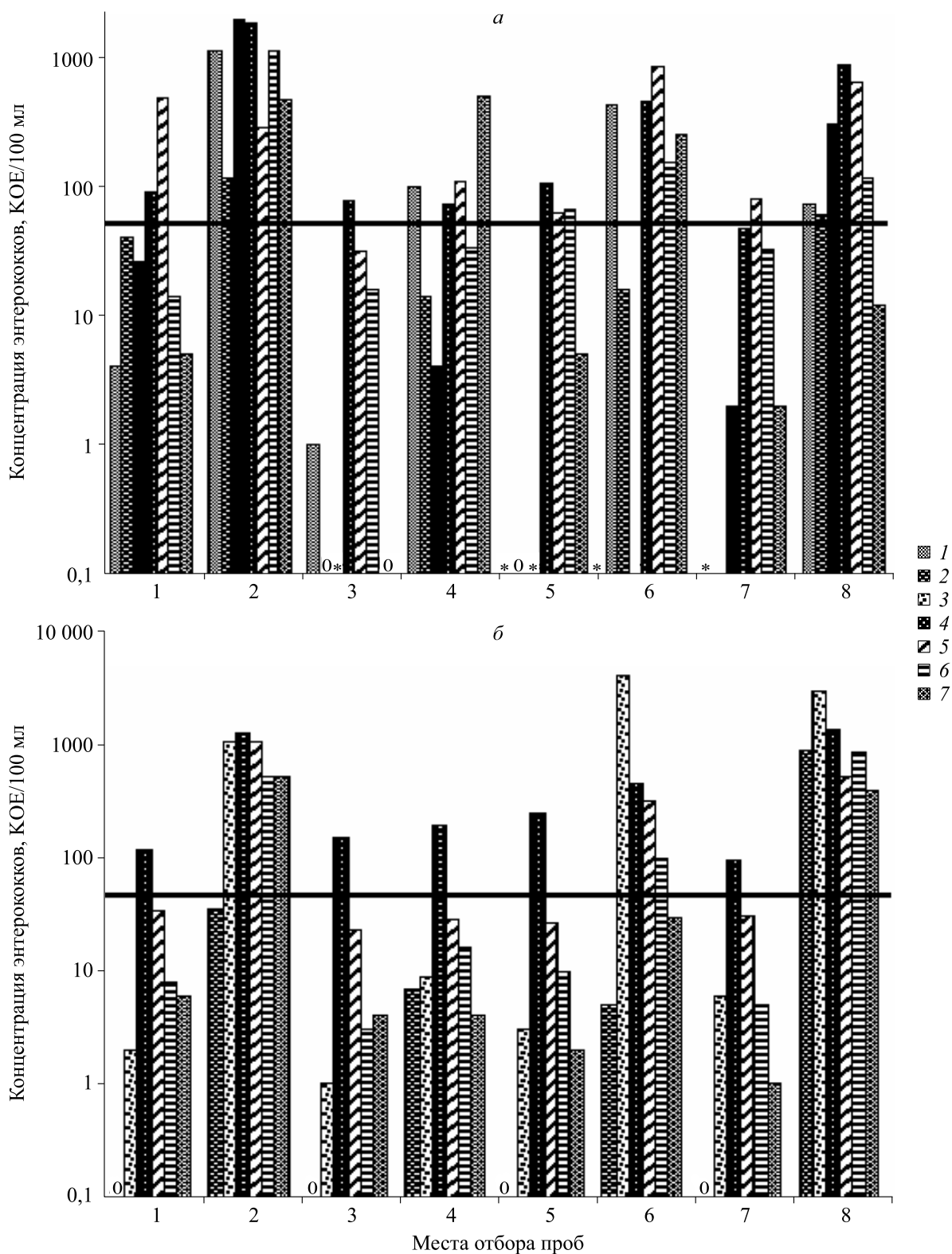


Рис. 3. Концентрация энтерококков в водах притоков оз. Байкал в 2015 г. (а) и 2016 г. (б).
Обозн. см. рис. 2.

где численность ТКБ по всему течению отличалась незначительно. Это связано с тем, что Крестовка — самая крупная и наиболее многоводная река из всех изученных. Хозяйственно-бытовые стоки, попадая в русло реки, значительно разбавляются.

Максимальные концентрации ТКБ чаще всего отмечались в июле, когда вода в некоторых реках прогревалась до 14,9 °С. Пик рекреационной активности в пос. Листвянка наблюдается именно в этот период. Такая же закономерность выявлена и для другого показателя фекального загрязнения — численности энтерококков. Их высокая концентрация регулярно отмечалась в водах приустьевых участков рек Большая Черемшанка, Каменушка и Малая Черемшанка на протяжении всего периода исследований с апреля по октябрь 2015 г. (за исключением мая) (рис. 3, а). Количественные показатели и распределение энтерококков в разные месяцы исследования 2016 г. незначительно отличались от данных 2015 г. (см. рис. 3, б). Численность энтерококков, значительно превышающая рекомендательный норматив, была зафиксирована в воде приустьевых участков рек Большая Черемшанка, Малая Черемшанка и Каменушка в июле и августе (табл. 1). При этом их максимальные концентрации превышали указанные нормативы в 2015 и 2016 г. в 38,5 и 83 раза соответственно.

Выявленная сезонная и межгодовая изменчивость количественных показателей обоих индикаторов явно свидетельствует о постоянном загрязнении и низком качестве вод приустьевых участков рек в период проведения исследований. Период постоянного фекального загрязнения всех четырех рек, впадающих в залив Лиственничный, охватывает и более ранние годы (2011–2012) [1, 10]. В пользу этого утверждения также свидетельствуют результаты наших предыдущих исследований. Так, в ноябре 2012 г. обнаружено значительное количество энтерококков (66 КОЕ/100 мл) и ТКБ (80 КОЕ/100 мл) в придонных слоях воды оз. Байкал в районе пос. Листвянка [20]. В конце туристического сезона в районе устья р. Большая Черемшанка в сентябре 2014 г. также была зафиксирована высокая численность ТКБ (155 КОЕ/100 мл) и энтерококков (130 КОЕ/100 мл) в поверхностных слоях воды [21].

С июня 2015 г. по сентябрь 2016 г. было проведено исследование прибрежных вод оз. Байкал в районе впадения рек Большая Черемшанка и Малая Черемшанка. Выявлено, что в воде Байкала количество ТКБ и энтерококков значительно превышало норму (табл. 2). В поверхностных слоях в литоральной зоне оз. Байкал наблюдалось более регулярное превышение норматива, нежели в придонных слоях воды.

Аналогичные исследования, проведенные в условно чистых районах прибрежной зоны Южного Байкала вне населенных пунктов, свидетельствуют об относительно благополучной обстановке и неплохом качестве прибрежных слоев воды [22]. Так, например, в июне и сентябре 2016 г. концентрации ФИБ в прибрежных слоях воды в районе междисциплинарного полигона Березовый (между мысами Березовый и Обутеиха) варьировали от 0 до 1 и от 0 до 9 КОЕ/100 мл соответственно.

Плохое санитарно-микробиологическое состояние приустьевых участков рек на протяжении ряда лет оказывало сильное влияние на формирование качества вод прибрежной акватории залива Лиственничный [1, 10, 11].

В августе 2015 г. Ю.Р. Штыковой с соавторами [23] получены данные по санитарно-бактериологическому состоянию воды устьев крупных притоков Байкала — рек Голоустная, Сухая, Турка и Анга. Нормативные значения санитарно-микробиологических показателей для этих проб были превышены. В исследованиях малых рек, впадающих в залив Лиственничный, было показано, что численность ТКБ в воде нижних участков рек достигала 5800 КОЕ/100 мл [1, 10, 21]. В нашем исследовании численность ТКБ достигала 9000 КОЕ/100 мл в воде из устья р. Малая Черемшанка в июне 2016 г. Степень загрязненности исследуемых рек по санитарно-микробиологическим показателям со временем увеличилась.

Подобные исследования были проведены в реках и озерах окрестностей г. Даха (Бангладеш). Количество колиформных бактерий в поверхностной воде изменялось от 970 до 980 000 КОЕ/100 мл

Таблица 1

Превышение нормативов содержания санитарно-показательных микроорганизмов в воде из устьев малых рек, впадающих в оз. Байкал в районе залива Лиственничный (июль–август 2015–2016 гг.)

Место пробоотбора	Превышение норматива	
	по количеству ТКБ	по количеству энтерококков
Устье р. Большая Черемшанка, июль	66,5/46	36,8/25,8
То же, август	21,4/28,4	5,8/21,4
Устье р. Малая Черемшанка, июль	62,8/57,7	9,2/9,2
То же, август	68/4,5	17,1/6,4
Устье р. Каменушка, июль	31,4/41	17,4/27,3
То же, август	19,4/27,5	12,8/10,6

Примечание. В числителе — данные 2015 г., в знаменателе — 2016 г.

Численность санитарно-показательных микроорганизмов в воде оз. Байкал за 2015–2016 гг.

Дата	Место отбора проб	Превышение норматива, энтерококки/ТКБ	Энтерококки, КОЕ/100 мл	ТКБ, КОЕ/100 мл
09.06.2015	Устье р. Большая Черемшанка	3,1/1,5	156	146
09.06.2015	Устье р. Малая Черемшанка	–/2,2	9	215
27.07.2015	Устье р. Большая Черемшанка	–/10	5	1000
24.08.2015	То же	1,5/3,3	154	326
22.09.2015	»	–/2,4	49	235
22.09.2015	Устье р. Малая Черемшанка	–/–	4	88
22.09.2015	То же, придонная вода	–/1,1	16	104
25.05.2016	Устье р. Большая Черемшанка	–/–	7	26
25.05.2016	То же, придонная вода	–/–	6	56
29.07.2016	Устье р. Большая Черемшанка	–/–	34	40
29.07.2016	Устье р. Малая Черемшанка	2/5,3	100	530
26.08.2016	Устье р. Большая Черемшанка	–/–	8	64
26.08.2016	То же, придонная вода	–/1,2	19	119
30.09.2016	»	–/–	24	100

Примечание. Прочерк – отсутствие превышения норматива.

[24]. Такие высокие концентрации ФИБ связаны с прямым сбросом сточных вод в оз. Гульшан. Озеро Данмонди было связано с р. Тураг и Бегунбарским каналом, которые, вероятно, как и в случае с реками, впадающими в Байкал, приносили значительные количества ФИБ. В нашем исследовании диапазон изменялся от 0 до 9000 КОЕ/100 мл, что ниже на три порядка. Это может объясняться разными характеристиками сравниваемых озер: трофностью (оз. Байкал — олиготрофное, оз. Гульшан и оз. Данмонди — эвтрофные), географическим расположением (разный климат), глубиной, режимом перемешивания вод, а также ветровой и волновой активностью.

Двенадцать мест в бассейне р. Шельда (Бельгия) исследовались ежемесячно с марта 2007 г. по июнь 2008 г.: определялась численность *Escherichia coli* и кишечных энтерококков. Санитарно-микробиологическое качество воды основных рек осушительной сети Шельды было низким (средние значения изменялись в пределах 1400–400 000 КОЕ/100 мл *E. coli* и 340–76 000 КОЕ/100 мл кишечных энтерококков) [25].

Таким образом, реки, впадающие в оз. Байкал в районе залива Лиственничный, на их приустьевых участках представляют собой источник ФИБ, которые попадают в Байкал, ухудшая тем самым качество воды в литоральной зоне озера.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Антропогенное загрязнение прибрежной зоны в акватории пос. Листвянка выражается не только в превышении содержания биогенных элементов, способствующих эвтрофикации литорали оз. Байкал [15], но и в значительном изменении микробиоты литоральной зоны [21]. Наличие условно-патогенной микрофлоры ухудшает санитарно-гигиенические характеристики вод и указывает на антропогенную составляющую загрязнения. Выявление новых микробиологических факторов и источников преобразования эндемичных биоценозов литорали имеет важнейшее значение для географического прогнозирования состояния прибрежных экосистем оз. Байкал на примере акватории и рек пос. Листвянка.

Проведенные нами исследования, а также работы других авторов свидетельствуют о том, что тенденция к увеличению фекального загрязнения рек и озер, прослеживаемая в развивающихся странах на протяжении 30–50 лет, в последние 10 лет становится весьма актуальной для оз. Байкал, а также его притоков и требует к себе пристального внимания. Показано, что приустьевые участки рек Большая Черемшанка, Малая Черемшанка и Каменушка характеризуются постоянно высокими концентрациями ФИБ. Их количество значительно превышало российские нормативы содержания микроорганизмов в воде, используемой для рекреационных целей.

В связи с отсутствием в пос. Листвянка централизованной системы канализования и значительным потоком туристов реки и прибрежная вода оз. Байкал систематически загрязняются фекальными бактериями. Потенциальная опасность этого процесса для людей заключается в возможном возникновении неблагоприятной санитарно-бактериологической обстановки. Пути решения проблемы — это создание полноценной централизованной системы очистки хозяйственно-бытовых стоков для многоэтажных домов, а также установка изолированных септиков в частном секторе Листвянки и других прибрежных населенных пунктах.

Работа выполнена в рамках государственного задания и тем «Крупномасштабные изменения в экологии и биоразнообразии сообществ прибрежной зоны озера Байкал: междисциплинарные исследования выявления причин, прогноз развития» (0345–2019–0009) и «Влияние изменяющихся природных и антропогенных факторов на биогеохимические процессы на каменистой литорали Байкала» (0345–2019–0010).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кравцова Л.С., Ижболдина Л.А., Ханаев И.В., Помазкина Г.В., Домышева В.М., Кравченко О.С., Грачёв М.А. Нарушение вертикальной зональности зеленых водорослей в открытом Лиственничном заливе озера Байкал, как следствие локального антропогенного воздействия // Докл. АН. Общая биология. — 2012. — Т. 447, № 2. — С. 227–229.
2. Дрюккер В.В., Штевнева А.И. Путь познания Байкала: Микробиологические исследования на Байкале. — Новосибирск: Наука, 1987. — 304 с.
3. Кузнецов С.И. Сравнительная характеристика биомассы бактерий и фитопланктона в поверхностном слое воды Среднего Байкала // Труды Байкал. лимнол. станции. — М: Изд-во АН СССР, 1951. — № 13. — С. 217–224.
4. Родина А.Г. Проблемы гидробиологии внутренних вод // Труды проблемных и тематических совещаний: Бактерии в продуктивности каменистой литорали озера Байкал. — Л.: Изд-во АН СССР, 1954. — Вып. 2. — 244 с.
5. Романова А.П. Сезонная динамика бактериопланктона, его горизонтальное и вертикальное распределение в южной части Байкала // Изв. СО АН СССР. — 1958. — № 7. — С. 114–124.
6. Максимова Э.А., Максимов В.Н. Микробиология вод Байкала. — Иркутск: Изд-во Ирк. ун-та, 1989. — 168 с.
7. Дрюккер В.В., Косторнова Т.Я., Моложаева О.А., Афанасьев В.А. Оценка качества воды оз. Байкал по санитарно-бактериологическим показателям // География и природ. ресурсы. — 1993. — № 1. — С. 60–64.
8. Панасюк Е.Ю., Дрюккер В.В., Парфенова В.В., Косторнова Т.Я. Биоразнообразие и распределение бактерий семейства Enterobacteriaceae и неферментирующей группы в озере Байкал // Сиб. экол. журн. — 2002. — № 4. — С. 485–490.
9. Парфенова В.В., Павлова О.Н., Кравченко О.С., Косторнова Т.Я., Никулина И.Г., Томберг И.В., Иванов В.Г., Мейер Й., Джайгер Д., Фикель Я., Бакман Т., Обст У. Изучение локального антропогенного влияния на горизонтальное и вертикальное распределение микроорганизмов в воде оз. Байкал // Гидробиол. журн. — 2009. — Т. 45, № 2. — С. 51–62.
10. Kravtsova L.S., Izhboldina L.A., Khanaev I.V., Pomazkina G.V., Rodionova E.V., Domysheva V.M., Sakirko M.V., Tomberg I.V., Kostornova T.Ya., Kravchenko O.S., Kupchinsky A.B. Nearshore benthic blooms of filamentous green algae in Lake Baikal // Journ. Great Lakes Res. — 2014. — Vol. 40. — P. 441–448.
11. Timoshkin O.A., Samsonov D.P., Yamamuro M., Moore M.V., Belykh O.I., Malnik V.V., Sakirko M.V., Shirokaya A.A., Bondarenko N.A., Domysheva V.M., Fedorova G.A., Kochetkov A.I., Kuzmin A.V., Likhnev A.G., Medvezhonkova O.V., Nepokrytykh A.V., Pasyukova E.M., Poberezhnaya A.E., Potapskaya N.V., Rozhkova N.A., Sheveleva N.G., Tikhonova I.V., Timoshkina E.M., Tomberg I.V., Volkova E.A., Zaitseva E.P., Zvereva Yu.M., Kupchinsky A.B., Bukshuk N.A. Rapid ecological change in the coastal zone of Lake Baikal (East Siberia): Is the site of the world's greatest freshwater biodiversity in danger? // Journ. Great Lakes Res. — 2016. — Vol. 42. — P. 487–497.
12. Timoshkin O.A., Moore M.V., Kulikova N.N., Tomberg I.V., Malnik V.V., Shimaraev M.N., Troitskaya E.S., Shirokaya A.A., Sinyukovich V.N., Zaitseva E.P., Domysheva V.M., Yamamuro M., Poberezhnaya A.E., Timoshkina E.M. Groundwater contamination by sewage causes benthic algal outbreaks in the littoral zone of Lake Baikal (East Siberia) // Journ. Great Lakes Res. — 2018. — Vol. 44. — P. 230–244.
13. Cabelli V.J., Dufour A.P., McCabe L., Levin M. Swimming association gastroenteritis and water quality // Am. Journ. Epidemiol. — 1982. — Vol. 115. — P. 606–616.
14. Zohary T., Ostrovsky I. Ecological impacts of excessive water level fluctuations in stratified freshwater lakes // Inland Waters. — 2011. — Vol. 1. — P. 47–59.
15. Загорюлько Н.А., Гребенщикова В.И., Складорова О.А. Многолетняя динамика химического состава вод реки Крестовки (приток озера Байкал) // География и природ. ресурсы. — 2014. — № 3. — С. 76–82.
16. ГОСТ 31942-2012. Вода. Отбор проб для микробиологического анализа [Электронный ресурс]. — <http://docs.cntd.ru/document/gost-31942-2012/> (дата обращения 17.01.2019).

17. **Методические** указания 4.2.1884-04. Санитарно-микробиологический и санитарно-паразитологический анализ воды поверхностных водных объектов [Электронный ресурс]. — <http://docs.cntd.ru/document/1200039680/> (дата обращения 17.01.2019).
18. **ГОСТ 24849-2014**. Вода. Методы санитарно-бактериологического анализа для полевых условий [Электронный ресурс]. — <http://docs.cntd.ru/document/1200115427/> (дата обращения 17.01.2019).
19. **Санитарные** правила и нормы 2.1.5.980-00. Гигиенические требования к охране поверхностных вод [Электронный ресурс]. — <http://docs.cntd.ru/document/1200006938/> (дата обращения 17.01.2019).
20. **Тимошкин О.А., Бондаренко Н.А., Волкова Е.А., Томберг И.В., Вишняков В.С., Мальник В.В.** Массовое развитие зеленых нитчатых водорослей родов *Spyrogira* и *Stigeoclonium* (*Chlorophyta*) в прибрежной зоне Южного Байкала // Гидробиол. журн. — 2014. — Т. 50, № 5. — С. 15–26.
21. **Сутурин А.Н., Чебыкин Е.П., Мальник В.В., Ханаев И.В., Минаев А.В., Минаев В.В.** Роль антропогенных факторов в развитии экологического стресса в литорали оз. Байкал (акватория пос. Листвянка) // География и природ. ресурсы. — 2016. — № 6. — С. 43–54.
22. **Timoshkin O.A., Coulter G., Wada E., Suturin A.N., Yuma M., Bondarenko N.A., Melnik N.G., Kravtsova L.S., Obolkina L.A., Karabanov E.V.** Is the concept of a universal monitoring system realistic? Landscape-ecological investigations on Lake Baikal (East Siberia) as a possible model // XXXIX SIL Congress. Lahti, Finland, 8–14 August 2004. — 2005. — Vol. 29, N 1. — P. 315–320.
23. **Штыкова Ю.Р., Суслова М.Ю., Косторнова Т.Я., Суханова Е.В., Пестунова О.С., Горшкова А.С., Галачьянц А.Д., Парфенова В.В.** Мониторинг санитарно-микробиологического состояния пелагиали оз. Байкал и устьев впадающих в него крупных рек с 2010 по 2015 г. // Изв. Ирк. ун-та. Сер. Биология. Экология. — 2016. — Т. 17. — С. 51–62.
24. **Shiekh Md.A., Jahan N., Hoque Md.M.** High degree of fecal contamination in river, lake and pond waters in/and around Dhaka city of Bangladesh // Pak. Journ. Biol. Sci. — 2006. — Vol. 9, N 1. — P. 141–144.
25. **Ouattara N.K., Passerat J., Servais P.** Faecal contamination of water and sediment in the rivers of the Scheldt drainage network // Environ. Monit. Assess. — 2011. — Vol. 183 (1–4). — P. 243–257.

Поступила в редакцию 07.03.2018

После доработки 07.03.2019

Принята к публикации 26.06.2019