

ПРИМЕНЕНИЕ БИОТИЧЕСКОГО ИНДЕКСА *QMSI* ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РЕК ГОРНОЙ, ПРЕДГОРНОЙ И ПРИБРЕЖНОЙ ТЕРРИТОРИИ КУОРТА СОЧИ

Т.Л. Горбунова

научный сотрудник, e-mail: tatianashaw@mail.ru

Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр
Российской академии наук», Сочи, Россия

Аннотация. В работе рассматривается использование биотического индекса *QMSI*, разработанного для регионов с тропическим и субтропическим климатом и адаптированного в исследуемом регионе для оценки качества водной среды участков рек горного, предгорного и прибрежного кластера на примере р. Мзымты и её притоков. Значения индекса определялись на основе качественно-количественных характеристик сообществ макрозообентоса. Для адаптации индекса была определена индивидуальная толерантность каждого таксона (рода, вида) гидробионтов, обнаруженных в изучаемых водотоках, с применением подхода Чессмена–Старка, принимая во внимание эндемиков Кавказа. Выявлено, что биотический индекс *QMSI* является надёжным биоиндикатором загрязнения водной среды различной степени, вызванного в основном избыточным поступлением эвтрофицирующей органики, с учётом специфических условий развития биоценозов рек с паводочным режимом. В ходе работы была продемонстрирована динамика изменений значений индекса от станций верхнего течения рек, расположенных на особо охраняемой природной территории (фон), к станциям, испытывающим эпизодическое воздействие, и устьевым станциям, где антропогенная нагрузка имеет комплексный и стабильный характер. Биотический индекс *QMSI* может служить инструментом для внедрения регионального нормирования качества природных вод на территории российского Причерноморья, обладая некоторыми преимуществами перед аналогичными биотическими показателями, разработанными для водотоков других географических регионов: возможность адаптации к различным типам биотопов реки и сезонным вариациям.

Ключевые слова: биотический индекс *QMSI*, макрозообентос, ритраль, эвтрофикация, толерантность к загрязнению, биоиндикатор, гидробиоценоз реки.

1. Введение

Сочи является единственным субтропическим курортом Российской Федерации. Город расположен на северо-восточном побережье Чёрного моря, обладает современной городской и курортно-рекреационной инфраструктурой и является крупным экономическим и культурным центром Юга России. Экономика этого региона

основана на развитии туристической индустрии, и поэтому зависит от использования природно-климатических ресурсов [1]. Особое значение в связи с этим имеет экологическое здоровье природных водоёмов, так как они не только обеспечивают население и гостей города надёжным резервом питьевых и хозяйственно-бытовых вод, но и являются важным рекреационным, эстетическим и рыбохозяйственным ресурсом. С другой стороны, речной сток является источником биогенных веществ и других загрязнений как естественного, так и антропогенного характера. Этим определяется его влияние на функционирование морских прибрежных экосистем [2].

Базируясь на собственных материалах и на данных других исследователей, на исследуемой территории определяющими являются такие факторы загрязнения, как воздействие эвтрофицирующих сточных вод, ливневых стоков городских территорий, строительных участков и карьеров, которые несут в себе комплекс различных компонентов [3, 4].

Актуальность данной работы обусловлена тем, что для объективной оценки экологической нагрузки на водоём необходим интегральный подход, включающий биологические подходы и позволяющий оценить воздействие загрязнителей не только на физико-химический состав воды, но и на состояние водных экосистем в целом [5]. Для достижения этой цели нами была выполнена апробация адаптированного к условиям исследуемой территории биотического индекса – количественного индекса сообщества макробеспозвоночных (*Quantitative Macroinvertebrate Community Index, QMCI*) – на основе анализа гидробиоценозов крупнейшей реки региона, Мзымты, и её высокогорных притоков, р. Ачипсе и Лауры [6]. Индекс представляет интерес как параметр, отражающий степень антропогенной эвтрофикации рек Черноморского побережья Кавказа, так как он изначально разрабатывался для водоёмов горного и предгорного типа стран с климатическими условиями, типологией рек и антропогенными факторами воздействия? сходными с исследуемым регионом [7, 8]. Индекс имеет несколько модификаций, что позволяет адаптировать его к различным типам донных субстратов, условиям водосбора и сезонным изменениям структуры исследуемого сообщества гидробионтов [9].

2. Материалы и методы

Забор проб речного макрозообентоса осуществлялся с октября 2017 г. по октябрь 2021 г. на 4 станциях р. Мзымты, а также её высокогорных притоках – р. Ачипсе (2 станции – верховье и устье) и р. Лауре – (2 пробы – верховье и устье) (табл. 1).

Пробы отбирались в течение всего годового цикла (с апреля по сентябрь – ежемесячно, с октября по март – 1 раз в 2 месяца). Исследовались 3 водотока на 8 станциях, за время работы было проанализировано 320 проб макрозообентоса. На всех исследованных участках рек наблюдался типичный для горных рек каменистый донный субстрат, быстрое течение (до 3,5 м/с), относительно низкие значения температуры воды (8 – 15 °С в притоках и верхнем течении р. Мзымты, до 22 °С в устье р. Мзымты) [10].

Пробы отбирали согласно общепринятому методу [11] в трёх повторностях с

Таблица 1. Расположение станций отбора проб

Широта	Долгота	Описание	Подпись
43,721896101739574	40,25235839816234	р. Ачипсе, верховье	A1
43,702019965116015	40,26722856494086	р. Ачипсе, устье (слияние с р. Лаурой)	A2
43,71058137033074	40,27847238513128	р. Лаура, верховье	L1
43,68190360244184	40,27872987719655	р. Лаура, устье, впадение в р. Мзымту	L2
43,67144862538299	40,31769969197341	р. Мзымта, верхнее течение	M1
43,67788962536665	40,28336741658223	р. Мзымта, ниже пос. Роза Хутор, среднее течение	M2
43,62961522795875	40,08579590054489	р. Мзымта, 100 м ниже впадения р. Чвижепсе, среднее течение	M3
43,42841751255593	39,93493773671103	р. Мзымта, устье	M4

использованием рамки, ограничивающей площадь дна до 0,25 м². Количество определённых видов и особей рассчитывали на 1 м². Пробы фиксировали 75%-м этанолом. Камеральную обработку проводили в лаборатории с помощью микроскопа МБС-10. Организмы зообентоса и перифитона определяли с помощью определителя [12], после чего просчитывали количественные характеристики: численность каждого вида (*n*), общую численность организмов в пробе и количество таксономических групп (до вида или рода), определённых в пробе. В ходе исследования были определены показатели толерантности каждой таксономической группы гидробионтов согласно процедуре Чессмена и Старка [6, 13, 14].

Индекс *QMCI* может принимать значения от 1 (крайняя толерантность вида к загрязнению) до 10 (чрезвычайная чувствительность к загрязнению). Таким образом, чем меньше его значение, тем более толерантен представитель макрозообентоса к загрязнению [7].

Индекс *QMCI* рассчитывается по следующей формуле:

$$QMCI = \sum_{i=1}^S \frac{n_i \cdot a_i}{N},$$

где *i* – номер таксона; *S* – общее количество таксонов в пробе; *n_i* – численность *i*-го таксона в пробе; *a_i* – значение толерантности для *i*-го таксона пробы; *N* – общая численность организмов в пробе.

Значения индекса *QMCI* оценивались по шкале Старка, адаптированной Райтом–Стоу и Витербургом [15]. Соответствие значений индекса уровням загрязнения по шкале Чессмена показано в табл. 2.

Таблица 2. Соответствие значений индекса *QMCI* уровням загрязнения по Чессмену и зонам сапробности

Качество водной среды	Характеристика воды	Зона сапробности	Значение индекса <i>QMCI</i>
Отличное	Очень чистая	Ксеносапробная	6,2–10
Хорошее	Чистая	Олигосапробная	5,7–6,1
Удовлетворительное	Умеренно загрязнённая	β-мезосапробная	4,6–5,6
Неудовлетворительное	Загрязнённая	α-мезосапробная	3,7–4,5
Плохое	Сильно загрязнённая	Полисапробная	<3,7

3. Характеристика гидробиоценозов с использованием индекса *QMSI*

По результатам наших исследований установлено, что на высокогорных станциях, расположенных на особо охраняемой природной территории (ООПТ) – Кавказского государственного биосферного заповедника (обе станции р. Ачипсе, станции верхнего течения р. Лауры и р. Мзымты), отмечались высокие значения индекса *QMSI*, соответствующие характеристике очень чистых, соответствующих ксеноолигосапробной зоне вод. Их среднегодовые показатели варьировали между 6,9 и 6,2 (табл. 3). При этом отмечено, что значения индексов *QMSI* для р. Ачипсе (А1, А2) и Лауры (Л1) указывают на отличное, соответствующее ксеносапробной зоне качество водной среды, а на станции верхнего течения р. Мзымты (М1) этот показатель несколько ниже, соответствует характеристике олигосапробности. В биоценозах макрозообентоса этих участков преобладают чувствительные к загрязнению формы, преимущественно ручейники родов *Glossosomatidae*, *Goerida*, *Rhiacophilidae*. В пробах также присутствуют такие индикаторы чистой воды, как *Perlidae*, *Heptagenia*, *Vlephariceridae*, *Diamesa* и *Simuliidae*.

Сочетание рельефа, климата, отсутствие техногенного изменения русел рек высокогорных участков, что обеспечивает высокую порожистость, насыщение кислородом и низкие температуры, способствует развитию реолитофильных гидробиоценозов.

Станции р. Лауры в устье (Л2) и р. Мзымты в её среднем течении (М2 – 1 км ниже пос. Роза хутор и М3 – 100 м ниже впадения р. Чвижепсе) также демонстрируют достаточно высокие значения индекса *QMSI* (от 5,5 на станции М3 до 6,6 – максимум значений на станции Л2). Однако средние значения индекса указывают на снижение качества водной среды по сравнению с участками рек, расположенными на территории ООПТ. Эти участки соответствуют характеристике ритрона, как и описанные выше, но подвержены антропогенному влиянию, связанному с развитием жилого и туристического сектора в зоне водосбора рек – сбросов бытовых сточных вод, ливневых стоков с дорог и территорий. Кроме того, наблюдается увеличение заиления донного субстрата и степень его обрастания макрофитами, что особенно выражено на станции М3. Продолжают доминировать чувствительные к загрязнению формы макрозообентоса – *Perlidae*, *Vlephariceridae*, *Diamesa* и *Simuliidae*, но доля ручейников – индикаторов чистой воды снижена по сравнению со станциями, расположенными выше по течению. Появляются организмы-фильтраторы *Hydropsyche pellucidula*, роющие подёнки *Vaetis* sp., а в пробе станции М3 фильтраторы становятся доминирующей группой макрозообентоса. В летний период в пробах увеличивалось численность двукрылых *Diptera*, толерантных к загрязнению, которая достигает максимума (до 14 % от общей численности гидробионтов на 1 м²) в июле.

Река Мзымта в её устьевой зоне представляет собой водный объект, характеризующийся комплексным антропогенным загрязнением, обусловленным влиянием развитого густонаселённого урбанистического центра – Адлера, курортно-рекреационных объектов, интенсивных транспортных магистралей. Каменистый донный субстрат этого участка реки покрыт мощными иловыми отложениями и рыхлыми обрастаниями макро- и микроводорослями, которые формируют среду

Таблица 3. Показатели биотического индекса *QMSI*, определённые для гидробиоценозов р. Мзымты и её притоков

Станция	<i>QMSI</i>	Среднее значение за время исследования	Минимум и максимум значений	Стандартное отклонение
A1 (2017)	6,7	6,72	6,6–6,9	0,11
A1 (2018)	6,6			
A1 (2019)	6,7			
A1 (2020)	6,7			
A1 (2021)	6,9			
A2 (2017)	6,5	6,58	6,4–6,9	0,19
A2 (2018)	6,4			
A2 (2019)	6,6			
A2 (2020)	6,9			
A2 (2021)	6,5			
Л1 (2017)	6,7	6,64	6,5–6,7	0,09
Л1 (2018)	6,7			
Л1 (2019)	6,5			
Л1 (2020)	6,6			
Л1 (2021)	6,7			
Л2 (2017)	5,8	6,16	6,0–6,5	0,27
Л2 (2018)	6,0			
Л2 (2019)	6,5			
Л2 (2020)	6,3			
Л2 (2021)	6,2			
M1 (2017)	6,2	6,56	6,2–6,8	0,26
M1 (2018)	6,4			
M1 (2019)	6,8			
M1 (2020)	6,8			
M1 (2021)	6,6			
M2 (2017)	6,6	6,24	5,9–6,6	0,29
M2 (2018)	6,4			
M2 (2019)	6,3			
M2 (2020)	6,0			
M2 (2021)	5,9			
M3 (2017)	6,2	6,00	5,5–6,3	0,37
M3 (2018)	5,7			
M3 (2019)	6,3			
M3 (2020)	5,5			
M3 (2021)	6,3			
M4 (2017)	5,4	5,64	5,2–6,1	0,35
M4 (2018)	6,1			
M4 (2019)	5,8			
M4 (2020)	5,7			
M4 (2021)	5,2			

обитания для толерантных к эвтрофикации видов гидробионтов – хирономид, ручейников *Hydroptila femoralis*. Среднее значение индекса *QMSI* снижается до 5,64 (от 5,2 до 6,1). Сообщество этого типа характеризуется как β -мезосапробное, который в равнинных реках средней полосы обычно имеет значительное видовое разнообразие организмов – детритофагов [16]. Однако в исследуемом водотоке горного типа, р. Мзымте, на этом участке наблюдался обеднённый видовой состав гидробионтов макрозообентоса. Возможно, это обусловлено тем, что обычные обитатели горной ритрали не могут приспособиться к изменению донного субстрата, покрытого обильными иловыми отложениями, препятствующими естественному прикреплению и питанию таких организмов, а с другой стороны, новое сообщество, приспособленное к условиям антропогенных изменений, формируется медленно из-за специфических характеристик исследуемого водотока р. Мзымты [17].

4. Анализ результатов апробации индекса *QMSI*

Анализ результатов апробации индекса *QMSI* при изучении биоценозов р. Мзымты и её притоков показал, что этот параметр обладает достаточной чувствительностью к вариациям в составе гидробиоценозов, вызванных изменением условий их обитания. Кроме того, наблюдалась сезонная динамика показателей индекса. Самые низкие значения, свидетельствующие о загрязнении, преимущественно эвтрофирующей органикой, наблюдались в период летней межени при снижении водности реки и увеличении антропогенной нагрузки в связи с пиком курортного сезона. Даже на некоторых высокогорных участках рек (станции Л2, М2) было отмечено появление в биоценозах гидробионтов, устойчивых к загрязнению в летний период, наряду с видами – индикаторами чистой воды. В периоды осенне-зимних паводков в р. Мзымте значительная часть донных иловых отложений сносится сильным течением водотока вместе с гидробионтами, обитающими в их толще. На чистом каменистом субстрате развиваются новые литореофильные сообщества, приспособленные к быстрому течению и низким температурам до летней межени. Для того чтобы сезонные изменения учитывались в равной степени на всех станциях, на рис. 1 приведена динамика средних за время исследования значений индекса *QMSI* от верховий водотоков к их устьям.

Исследователями, использующими индекс *QMSI* для оценки состояния водной среды горных рек с паводочным режимом, отмечена сходная динамика его значений и повышение их в паводковый сезон для тех случаев, когда системных наблюдений не ведётся, а оценка производится на основании разовых отборов, некоторыми авторами рекомендуется использование сезонных коэффициентов, определённых для исследуемых регионов [18]. Однако для рутинного мониторинга это признаётся нецелесообразным.

Кроме того, нами выявлено для всех исследуемых водотоков снижение средних значений индекса *QMSI* от верховий к устьям. Гидробиоценозы горных и предгорных рек разнообразны по своему составу и условиям развития. Для них наиболее характерны прикрепляющиеся формы литофильных организмов. Различия в структуре сообществ ритрали обычно, как и в наших исследованиях, определяются степенью заиления и обрастания каменистого субстрата, что может быть обусловлено



Рис. 1. Динамика изменений средних значений индекса *QMCI* на исследуемых станциях

рядом естественных и техногенных причин. В рамках настоящей работы, исходя из наших данных и анализа работ других учёных, были выделены три основные группы речных биотопов: эпитрималь, включающая высокогорные станции р. Ачипсе (A1 и A2), р. Лауры (Л1) и р. Мзымты (М1), эуритраль – устьевая станция р. Лауры (Л2) и станции среднего течения р. Мзымты (М2 и М3) и гипотрималь, представленная устьевой станцией р. Мзымты.

5. Заключение

В ходе нашей работы установлено, что биотический индекс *QMCI* демонстрирует высокий уровень чувствительности к изменениям качества среды рек горного и предгорного кластера, обусловленным, в основном, поступлением в воду биогенных веществ, вызывающих процессы эвтрофикации. Его индикаторная значимость может быть сравнима с показаниями индекса сапробности по Пантле и Букку в модификации Сладечека. Однако, по сравнению с индексом сапробности, *QMCI* имеет несколько преимуществ:

- его шкала оценки качества водной среды шире (от 0 до 10, чем выше значение, тем менее загрязнён водоём), чем шкала сапробности (от 0,5 – ксеносапробная зона до 4 – полисапробность), что даёт возможность лучше интерпретировать изменения, происходящие в биоценозах водотока во времени и в зависимости от локации станций исследования;

- индекс *QMCI* основан на определении индивидуальной толерантности каждого таксона (вида или рода), определённого в водотоках исследуемого региона, с учётом особенностей его географии, гидрологии, климатических условий и специфических факторов воздействия: например, для оценки среды горных и предгорных водотоков необходимо было выявить индивидуальную толерантность эндемиков и видов, характерных для таких зон, но не являющихся обычными в водотоках Средней и Южной Европы;

- существует возможность создания таблиц индивидуальной толерантности для каждого типа биотопов, характерных для исследуемого региона (например, по типу донного субстрата или по классификации Чертопруда), а также, если необходимо, ввести использование сезонных коэффициентов – это позволяет использовать ин-

декс для регионального нормирования.

В водотоках, изученных в данной работе, наблюдается общая тенденция снижения значений индекса *QMCI* от верховий к устьям рек, так как относительная численность чувствительных к загрязнению организмов в пробах снижается, а плотность устойчивых к загрязнению гидробионтов растёт по мере продвижения от антропогенно мало затронутых высокогорных территорий ООПТ к жилым и курортным районам Большого Сочи. При этом наименьшие значения индексов, указывающие на ухудшение качества среды, отмечались в периоды летней межени, что связано с маловодностью рек и увеличивающейся нагрузкой во время летнего туристического сезона.

Особое значение имеют изучение биоценозов верховий рек горного кластера и сбор данных об индикаторных характеристиках составляющих их таксономических групп гидробионтов, так как по мере продвижения зон туристических дестинаций на особо охраняемые территории эти участки водотоков могут оцениваться как фоновые.

6. Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания «Эволюция окружающей среды и климата вследствие естественных причин и антропогенного воздействия» (FGRW-2021-0015, № государственной регистрации 122032300363-3).

Литература

1. Чумаков Д.В. Туризм в Сочи как драйвер регионального развития // *European research*. 2016. № 11 (22). С. 37–39.
2. Маккавеев П.Н., Завьялов П.О. Сток малых и средних рек российского побережья Чёрного моря и его влияние на характеристики вод // *Геохимия речного стока в Чёрное море. Система Чёрного моря. Монография*. М. : Научный мир, 2018. 808 с. DOI: 10.29006/978-5-91522-473-4.2018.287-322
3. Гудкова Н.К., Горбунова Т.Л., Любимцев А.Л. Идентификация экологических рисков, связанных с развитием рекреационно-туристических регионов черноморского побережья Кавказа на примере комплексной оценки экосистемы горной реки Лаура // *Устойчивое развитие горных регионов*. 2018. Т. 10. № 1 (35). С. 23–34.
4. Гудкова Н.К. Идентификация факторов негативного влияния на водные экосистемы в условиях расширения курортов в сочинском регионе // *Успехи современного естествознания*. 2020. № 9. С. 46–51.
5. Stribling J.B. Partitioning error sources for quality control and comparability analysis in biological monitoring and assessment. Ch. 4 // *Modern approaches to quality control / ed. Eldin A.B. INTECH Open Access Publisher*, 2011. P. 59–84. DOI: 10.5772/22388.
6. Горбунова Т.Л. Использование биотических индексов // *Инновации и инвестиции*. 2019. № 2. С. 110–117.
7. Larned S.T., Snelder T., Unwin M.J., McBride G.B. Water quality in New Zealand rivers: current state and trends // *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 2016. Vol. 50 (3). P. 389–417. DOI: 10.1080/00288330.2016.1150309.

8. Pennino M.G. et. al. The analysis of convergence in ecological indicators: An application to the Mediterranean fisheries // *Ecological Indicators*. 2017. Vol. 78. P. 449–457. DOI: 10.1016/j.ecolind.2017.03.041.
9. Thackeray S.J. et. al. Phenological sensitivity to climate across taxa and trophic levels // *Nature*. 2016. V. 535. P. 241–245. DOI: 10.1038/nature18608.
10. Дрожжина К.В. Особенности природно-климатических условий бассейна реки Мзымта для целей рекреационной деятельности // *Молодой учёный*. 2013. № 5. С. 196–198.
11. Абакумов В.А. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Л. : Гидрометеиздат. 1983. 240 с.
12. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий: в 6 т. / ред. С.Я. Цалолихин. СПб. : Наука, 1997–2000.
13. Stark J.D. A macroinvertebrate community index of water quality for stony streams: Water & Soil Miscellaneous Publication. New Zealand, Wellington : National Water and Soil Conservation Authority, 1985. No. 87. 53 p.
14. Chessman B.C. et. al. Family and species level biotic indices for macroinvertebrates of wetlands on the Swan Coastal Plain // *Marine and Freshwater Research*. 2002. № 53. P. 919–930.
15. Wright-Stow A.E., Winterbourn M.J. How well do New Zealand's stream-monitoring indicators, the Macroinvertebrate Community Index, and its quantitative variant, correspond? // *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 2003. Vol. 37. P. 461–470.
16. Чертопруд М.В. Разнообразие и классификация реофильных сообществ макробентоса средней полосы Европейской России // *Журнал общей биологии*. 2011. Т. 72, № 1. С. 51–73.
17. Денисенко О.С., Добрица К.В., Добрица М.О. Гидробиологический мониторинг горных рек (река Джубга, река Мзымта, река Шепси, река Туапсе, река Шапсухо) черноморского побережья Краснодарского края и комплексная оценка экологического ущерба при их расчистке // *Научное обозрение. Биологические науки*. 2023. № 2. С. 17–27.
18. Suren A.M., Jowett I.G. Effects of floods versus low flows on invertebrates in a New Zealand gravel-bed river // *Freshwater Biology*. 2006. Vol. 51 (12). P. 2207–2227.
19. Чертопруд М.В. Реофильные сообщества макробентоса Северо-Западного Закавказья // *Материалы IV Всероссийского Симпозиума по амфибиотическим и водным насекомым и X Трихоптерологического Симпозиума. Владикавказ : СОГУ. 2010. С. 131–135.*
20. Illies J. Versuch einer allgemeinen biozonotischen gliederung der fliessgewasser // *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*. 1961. Vol. 46, No. 2. P. 205–213.

APPLICATION OF THE QMCI BIOTIC INDEX TO ASSESS RIVER POLLUTION IN THE MOUNTAIN, FOOTHILL AND COASTAL AREAS OF THE SOCHI RESORT

T.L. Gorbunova

Scientist Researcher, e-mail: tatianashaw@mail.ru

Federal Research Centre the Subtropical Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences,
Sochi, Russia

Abstract. This paper discusses the QMCI biotic index application, developed for the regions with tropical and subtropical climate and adapted to the studied area, in order to assess the aquatic environment quality within the river sections in the mountain, submountain and coastal clusters on the example of the river Mzymta and its tributaries. Index values were determined on the basis of qualitative and quantitative characteristics of macroinvertebrates communities. For the index adjustment to the region's conditions, the individual tolerance of each aquatic organisms' taxon (genus, species) found in the studied watercourses was identified using the Chessman-Stark approach, taking into account the Caucasus endemics. It was revealed that the biotic index QMCI is a reliable biomarker of various degrees water pollution caused primarily by excessive input of organic eutrophication agents, taking into account specific conditions of biocenoses development in the pluvial regime rivers. The research demonstrates the index values dynamics changes from upstream stations located in the specially protected areas (reference samples), to stations experiencing occasional impact, and further to the river's mouth stations, where the anthropogenic pressure has a complex and stable character. The QMCI biotic index can serve as a tool for introducing regional environmental standards of natural waters quality assessment on the Russian Black Sea coast and adjacent mountain territories, as it has some advantages over analogous biotic indices developed for watercourses of other geographical regions: the possibility of adaptation to different types of river biotopes and seasonal variations.

Keywords: biotic index QMCI, macroinvertebrates, rithral zone, eutrophication, tolerance to pollution, biomarker, river hydrobiocenoses.

Дата поступления в редакцию: 07.09.2023