

ИЗУЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕК НА ТЕРРИТОРИИ БОЛЬШОГО СОЧИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИОИНДИКАТОРОВ МАКРОЗООБЕНТОСА

Горбунова Татьяна Львовна

научный сотрудник

Филиал ФГБНУ «Институт природно-технических систем», Сочи

tatianashaw@mail.ru

Аннотация. Проведены исследования рек на территории Сочинского национального парка и Кавказского государственного биосферного заповедника с использованием методов биоиндикации гидробиологических сообществ макрозообентоса. Проведен анализ экологического состояния рек в районе Большого Сочи с использованием нескольких биотических индексов, отражающих влияние загрязнения на сообщества гидробионтов водотоков. Сравняются показатели индекса сапробности и Вудивиса, показателей биологического разнообразия и стабильности сообществ речного макрозообентоса. Определено, что наиболее информативным биоиндикатором для данных водных объектов является индекс сапробности. Его показания были в основном подтверждены данными индексов видового разнообразия и доминирования. Отмечено, что на некоторых станциях, характеризующихся как благополучные, показатели выравниваемости указывали на нестабильность биоценозов. Таким образом, показатель выравниваемости может служить ранним индикатором экологической проблемы водоема. Выявлено, что значения биотических индексов, не учитывающих численность индикаторных групп гидробионтов, часто предоставляют завышенные результаты, переоценивая индикаторное значение малочисленных таксонов.

Ключевые слова: биоиндикация, биотический индекс, биоценоз, гидробионты, доминирующие виды, макрозообентос, сапробность.

Обширная часть территории вокруг Большого Сочи включена в сеть уникальных охраняемых природных территорий, куда входит Кавказский биосферный заповедник, Сочинский Национальный парк и другие памятники природы местного, краевого и республиканского значения. Такие объекты являются мощным фактором привлечения туристов в регион. Поверхностные воды этой территории, являющиеся важным рекреационным, рыбохозяйственным, технологическим и питьевым ресурсом, представляют собой систему малых рек, впадающих в Черное море.

Большинство водотоков, согласно определению Иллиеса, характеризуются как горная ритраль: с крутыми склонами, часто достигающими 40–50°, быстрым течением (0,5–2,0 м/с) и каменистым дном.

Фауна таких рек преимущественно представлена реолитофильными организмами, приспособленными к жизни в бурных потоках и пониженным температурам (Shies, 1961).

Действующий в настоящее время экологический мониторинг водных объектов – это система гидрологических и физико-химических наблюдений. Широкое многообразие поступающих в водоем примесей и специфичность внутренних процессов в природных средах обуславливают миграцию и трансформацию веществ, которые практически невозможно выявить, основываясь исключительно на анализе физико-химических параметров. Кроме того, естественный химический состав воды природных водоемов и их геохимические процессы неоднородны (Горбунова, 2016). Поэтому оценка качества природных вод, сделанная на основе использования исключительно физико-химических данных, имеет существенные ограничения.

Степень и характер изменения водной среды и ее сообществ, вызванные природными и техногенными причинами, могут быть объективно определены при использовании методов биоиндикации в экологическом мониторинге водных объектов наряду с гидрологическими и гидрохимическими анализами. Однако методы биоиндикации, утвержденные и рекомендованные службой Росгидромета для мониторинга рек в некоторых регионах, основаны на анализе данных, разработанных для территорий средней полосы Европы. Они не учитывают особенности климата, географии и наличия большого количества эндемиков в водной фауне Кавказского побережья. Эти методы также не предусматривают использование сезонных коэффициентов и дифференциацию состава сообществ гидробионтов в различных биотопах рек (Залихан-Будаева, 2016; Stark, Phillips, 2009).

По этим причинам программа, используемая в настоящее время для мониторинга качества водной среды поверхностных водоемов на территории сочинского побережья, не обеспечивает полной оценки состояния экосистем водотоков и определение степени нагрузки на них. Целью данной работы является анализ экологического состояния рек на территории Большого Сочи с использованием ряда биотических индексов, отражающих влияние антропогенного загрязнения на биоту водотоков. Это исследование выполнено в сотрудничестве с лабораторией СЦГМС ЧАМ в рамках программы по развитию и обоснованию интегральных биоиндикаторов состояния водной среды на побережье Кавказа и последующего включения их в единую систему индикаторов устойчивого развития региона для совершенствования механизмов управления его природопользованием.

Биологический анализ, использованный в этой работе, основывается на анализе видового состава макрозообентоса, так как при значительных скоростях течений горных рек сообщество планктона развито слабо.

Структура макрозообентоса консервативна, поэтому для реакции таких биоценозов на изменения условий обитания требуется значительное время. В то же время анализ показателей биоразнообразия бентоса и перифитона может предоставить надежную информацию о продолжающихся или повторяющихся воздействиях на состояние водной среды (Балушкина, 2016).

Материалы и методы. Физические и гидрохимические данные, характеризующие качество воды на исследуемых станциях, для данной работы были предоставлены лабораторией СЦГМС ЧАМ. Отбор и гидрохимические исследования проб воды проводились в соответствии с действующими аттестованными методиками измерений РД 52.24. Качество воды оценивается по государственной программе, по 44 абиотическим показателям с периодичностью 6 раз в год в основные гидрологические фазы (РД 52.24.309-2011, 2011; ГОСТ 17.1.04-77, 2000). Анализировались пробы, отобранные на шести основных станциях на территории Большого Сочи, указанных на карте (рисунок). Станция на реке Лаура расположена в 200 м от кордона Лаура и в 50 км от устья реки Мзымта, притоком которой она является. Данная станция является фоновой. Станция отбора проб на р. Мзымта расположена в ее устьевой зоне, в густонаселенном урбанизированном районе Адлера. Станция отбора проб на р. Хоста расположена в ее устьевой зоне. На р. Сочи в исследование включено 2 станции: гидрологический пост в пос. Пластунка (фоновая станция) и устье реки. Пробы р. Псезуапсе отобраны на устьевом участке водотока.

Все исследуемые водотоки относятся к категории малых рек горного типа с большим уклоном и выраженным паводковым режимом, который определяется, в основном, увеличением количества осадков в осенне-зимний период и таянием снега весной. В связи с этим наблюдались значительные сезонные колебания гидрологических характеристик (ширина русла, глубина, скорость течения и расход воды) водных объектов.

Отбор биологических проб организмов бентоса и перифитона производился в 2016–2018 гг. ежемесячно в течение сезона вегетации (с апреля по сентябрь) и раз в два месяца – в зимнее время. Общее количество проб – 108. Для анализа использовались усредненные значения индексов. Станции и время отбора проб были привязаны к многолетним точкам наблюдения Гидрометеослужбы для обеспечения сопоставимости гидробиологических, гидрологических и гидрохимических данных.

Пробы на всех станциях отбирались в сходных биотопах для исключения селективного влияния характера субстрата на видовой состав гидробионтов.

Пробы отбирались согласно общепринятому методу. Количество определенных видов и особей рассчитывалось на 1 м². Пробы отбирались с глубин от 0,2 м до 0,5 м и фиксировались 75% этанолом. Камеральная обработка происходила в лаборатории с помощью микроскопа МБС-10.

Организмы макрозообентоса определялись, численность каждого вида, и общая численность организмов просчитывалась на 1 м^2 (Абакумов, 1983; Цалолихин, 2000).

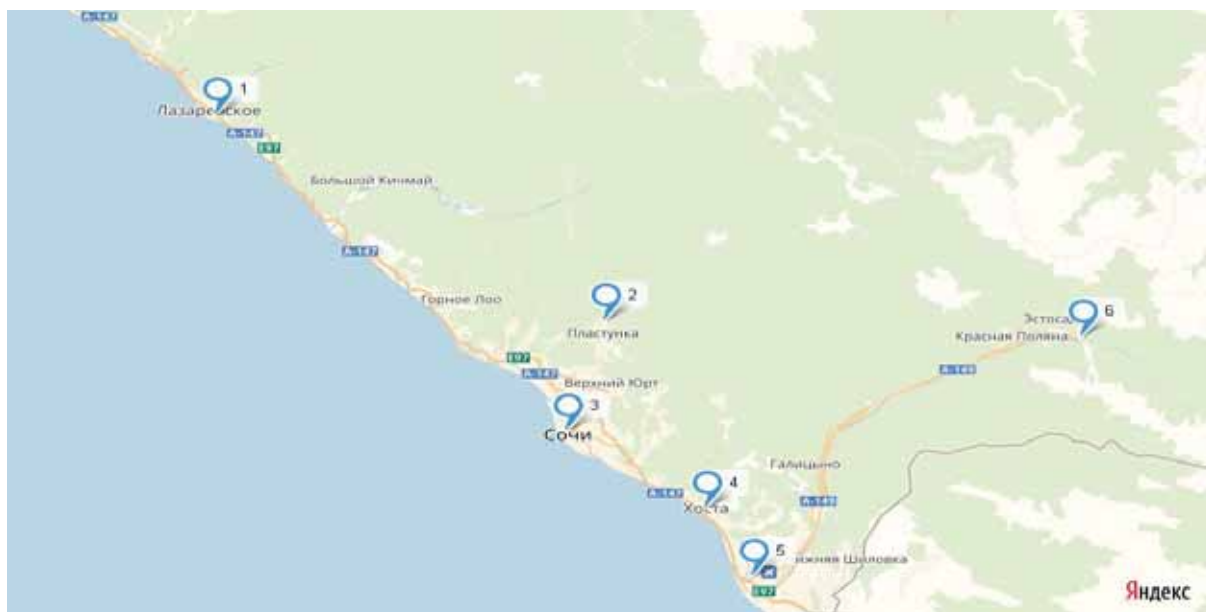


Рисунок – Расположение станций отбора проб на территории Сочинского национального парка: 1 – р. Псезуапсе, устье; 2 – р.Сочи, пос. Пластунка (фон); 3 – р.Сочи, устье; 4 – р.Хоста, устье; 5 – р. Мзымта, устье; 6 – р. Лаура, (фон)

На основе определения видового и численного состава гидробионтов были вычислены следующие показатели: индекс сапробности воды, биотический индекс Вудивисса, индекс видового разнообразия Шеннона и основанный на нем показатель выравниваемости Пиелу, индексы доминирования Симпсона и Бергера-Паркера.

Биотический индекс Вудивисса был включен в исследование как возможный экспресс метод, рекомендованный для определения качества воды в малых реках с относительно небольшой глубиной (Горбунова, 2016), что соответствует характеристикам рек в районе Сочи.

Результаты и обсуждение. Изучение опыта сочинских природоохранных организаций и результатов комплексных исследований рек прибрежной полосы Черного моря в районе Сочи (Горбунова, 2016) показало, что основной проблемой пресных природных водоемов является их эвтрофикация, которая возникает в результате попадания в водоемы неочищенных или недостаточно очищенных хозяйственно-бытовых вод, ливневых стоков и сельскохозяйственных стоков. Гидрохимический анализ, по данным лаборатории службы Росгидромета, характеризует реки Сочи и Хоста в их устьевых зонах как «загрязненные» водоемы. Первостепенными загрязняющими агентами в этих реках являются взвешенные вещества (до 400 мг/л после выпадения осадков), БПК₅ (2 ПДК), свидетельствующее о

загрязнении легко окисляемой органикой, нефтяные углеводороды (2 ПДК) и железо (до 3 ПДК).

На реку Псезуапсе воздействуют хозяйственные и ливневые стоки поселков, расположенных по ее берегам, а также возросший водозабор из реки, что препятствует достаточному разбавлению поступающих сточных вод и процессам естественного самоочищения водотока. Состояние реки Псезуапсе на исследуемом участке оценивалось как пограничное между «условно чистым» и «слабо загрязненным». Основными загрязнителями реки в ее нижнем течении являлись взвешенные вещества (до 2 ПДК), БПК₅ (2 ПДК), нефтяные углеводороды (до 2 ПДК), железо (до 2 ПДК) (ФГБУ «ГХИ», 2016–2017).

В первую очередь, для определения антропогенного влияния на водоем были рассмотрены методы определения общей сапробности по методу Пантле и Букка в модификации по Сладечеку.

Анализ сапробности исследуемых водоемов показал, что наиболее загрязненными являются реки Сочи – устье и Хоста (таблица). Они относятся к β -мезосапробной зоне, которая характеризуется как умеренно грязная. Гидрохимический анализ, относит эти реки в их устьевых зонах к «загрязненным» водоемам. Основными загрязняющими агентами в этих реках являются взвешенные вещества (до 400 мг/л после выпадения осадков), БПК₅ (2 ПДК), свидетельствующее о загрязнении легко окисляемой органикой, нефтяные углеводороды (2 ПДК) и железо (до 3 ПДК). Это подтверждается значениями биотического индекса Вудивисса.

Обе реки протекают через густонаселенные районы и подвержены влиянию сброса ливневых и хозяйственно-бытовых сточных вод. В нижнем течении реки Сочи и Хоста частично зарегулированы, что затрудняет естественное развитие биоценозов этих водоемов и замедляет процессы самоочищения в них. Каменистое дно водотоков на данных станциях покрыто обильными мелкодисперсными иловыми осадками и слизистыми обрастаниями.

По индексу сапробности р. Мзымта находится в пограничном состоянии между олигосапробной и β -мезосапробной зоной (таблица). Вода реки Мзымта на этом участке оценивается как «слабо загрязненная». Наблюдались систематические превышения содержания взвешенных веществ (достигали 610,0 мг/л в период паводков), БПК₅ (до 2 ПДК), превышения содержания железа (до 3 ПДК) и нефтепродуктов (до 2 ПДК) (ФГБУ «ГХИ», 2016–2017). Исследуемый участок реки Мзымта отражает комплексное антропогенное влияние. Нагрузку на реку оказывают поселения и курорты сельскохозяйственные и урбанизированные территории в нижнем течении реки.

Значение индекса Вудивисса относит реку Мзымту к чистым водоемам, что может объясняться тем, что при расчете биотических индексов Вудивисса не принимается во внимание численность организмов

индикаторных групп. Поэтому, значение малочисленных групп гидробионтов может быть завышено (Безматерных, 2007). В реке Мзымта были обнаружены три вида поденок, что, в соответствии с методом Вудивисса, относит ее к типу чистых водоемов, однако, эта группа гидробионтов не была многочисленной.

Значения биотических индексов в реках на территории большого Сочи

Реки	Индекс и зона сапробности	Биотический Индекс Вудивисса	Индекс Шеннона	Индекс выравненности Пиелу	Индекс Симпсона	Индекс Бергера-Паркера
Псезуапсе	1,42 Олигосапробность	7	2,78	0,72	0,18	0,24
Сочи – Пластунка	1,48 Олигосапробность	8	2,29	0,72	0,3	0,36
Сочи – устье	2,19 β- Мезосапробность	6	2,05	0,54	0,29	0,47
Хоста	1,88 β- Мезосапробность	6	2,12	0,68	0,26	0,3
Мзымта	1,5 β- Мезосапробность	7	2,54	0,62	0,16	0,25
Лаура	1,32 Олигосапробность	8	3,14	0,73	0,15	0,23

Индекс сапробности и биотический индекс Вудивисса в исследуемый период характеризуют реки Сочи – Пластунка, Псезуапсе и Лаура как олигосапробные чистые водоемы (таблица).

Станции на реках Лаура и Сочи – Пластунка приняты Гидрометеослужбой как фоновые, хотя современное состояние этих водотоков на данных станциях говорит о необоснованности такого подхода. Исследуемый участок реки Лаура располагается в зоне функционирования крупных олимпийских и туристических объектов, инфраструктура которых значительно расширилась при подготовке к зимним Олимпийским играм 2014 года. На реку была оказана значительная антропогенная нагрузка,

связанная с освоением новых территорий на водосборных площадях. Река Лаура характеризуется как «слабо загрязненная». Там наблюдались значительные превышения ПДК по содержанию нефтепродуктов, ряда тяжелых металлов (железа, ртути, кадмия, меди, цинка), трудноокисляемых (по ХПК) и легкоокисляемых (по БПК₅) органических веществ, а также высокое содержание взвешенных веществ, значительно превышающее среднестатистические показатели более ранних лет. Река Сочи – Пластунка характеризуется как «слабо загрязненная». В настоящее время река испытывает антропогенную нагрузку в виде неочищенных (недостаточно очищенных) хозяйственно-бытовых сточных вод поселений и туристических объектов и смывами с территорий водосбора. Это воздействие увеличивается в период курортного сезона. В пробах станции реки Сочи – Пластунка отмечались превышения показателей БПК₅ (до 1,5 ПДК), взвешенных веществ (до 2 ПДК), устойчивые превышения содержания железа (до 3 ПДК) и нефтепродуктов (до 2 ПДК) (ФГБУ «ГХИ», 2016–2017).

Состояние реки Псезуапсе на исследуемом участке оценивалось системой службы Росгидромета как пограничное между «условно чистым» и «слабо загрязненным». Основными загрязнителями реки в ее нижнем течении являлись взвешенные вещества (до 2 ПДК), БПК₅ (2 ПДК), нефтяные углеводороды (до 2 ПДК), железо (до 2 ПДК). На реку воздействуют хозяйственные и ливневые стоки поселков, расположенных по ее берегам, а также возросший водозабор из реки, что препятствует достаточному разбавлению поступающих сточных вод и процессам естественного самоочищения водотока.

Широко используемым показателем группы индексов, основанных на определении относительного обилия видов, является индекс видового разнообразия Шеннона. С его помощью можно оценить видовое богатство видового состава водного сообщества. Бедное видовое разнообразие наблюдалось на устьевых участках реки Сочи и Хоста, подтверждая значения индексов сапробности и Вудивисса. Индекс Пиелу, определенный на основе индекса Шеннона, указывает, что биоценозы этих водоемов демонстрируют существенный разрыв в численности доминантных групп гидробионтов и малочисленных видов. Высокое видовое разнообразие установлено по индексу Шеннона для рек Лаура, Псезуапсе и Мзымта. При этом, индекс выравненности высок для рек Лаура и Псезуапсе, но для реки Мзымта он значительно ниже (табл. 1). Реки Лаура и Псезуапсе являются чистыми олигосапробными водоемами, что подтверждают высокие значения индекса Шеннона. В то же время, река Мзымта, при высоком значении индекса Шеннона, идентифицирована как умеренно загрязненная по показателям сапробности и имеет сравнительно низкий индекс выравненности, что указывает на наличие изменений в составе биоценоза данного участка реки. Многими исследователями подтверждено, что в

стабильных сообществах выравненность значительно выше, чем в деградирующих биоценозах, и большой разрыв в численности между доминирующим видом и другими таксонами гидробионтов является признаком ухудшения качества среды (Безматерных, 2007).

Устойчивость биологической системы может определяться не только ее видовым разнообразием. Например, Гашев (Гашев, 2002) пишет, что при одинаковых значениях индекса Шеннона, устойчивость водных биоценозов может различаться в зависимости от стадии сукцессии, на которой находится данное сообщество. Индексы Симпсона и индекс Бергера-Паркера чувствительны к наличию в биоценозе доминирующих видов. Низкие значения индексов Симпсона и Бергер-Паркера в пробах рек Мзымта, Псезуапсе и Лаура говорят о незначительном уровне доминирования отдельных видов. В то же время, сравнительно высокие значения этих индексов для рек Хоста, Сочи – устье и Сочи – Пластунка свидетельствуют о существенном доминировании в них одного или нескольких видов, что может быть признаком неустойчивости биологических сообществ в этих водоемах.

Заключение. Установлено, что для оценки качества водной среды анализируемых водных объектов индекс сапробности, определенный по методу Пантле и Букка в модификации Сладечека является наиболее информативным. Значения индексов видового разнообразия и доминирования в основном подтвердили информацию, полученную в результате определения индексов сапробности.

С другой стороны, в пробах рек Мзымта и Сочи – Пластунка значения индекса сапробности и индексов видового разнообразия не показали ожидаемой зависимости. Река Мзымта классифицировалась по сапробности как умеренно загрязненный водоток, но ее видовое богатство и уровень доминирования отдельных видов остается на уровне олигосапробных участков, таких как реки Псезуапсе, Лаура и Сочи – Пластунка. Однако индекс выравненности указывает на то, что биоценоз реки Мзымта менее стабилен, чем в других водоемах, характеризующихся как чистые. Это можно объяснить тем, что процессы изменения биологического сообщества этого водоема находятся на начальной стадии. Тот же вывод предварительно можно сделать по реке Сочи – Пластунка. Таким образом, этот показатель может служить ранним индикатором проблемы, связанной с изменениями в биоценозах водных объектов (Лукин, Калинкина, Сярки, Шарова, 2008).

Наиболее проблематичными оказались реки Хоста и Сочи в устьевой части, относящиеся к умеренно грязным водоемам, что подтверждается значениями индексов видового богатства и доминирования. В устьевой зоне рек Сочи и Хоста обнаружены массивные иловые отложения, которые не смываются во время паводков, аккумулируя загрязнения и разлагающуюся органику. Каменистое дно рек покрыто иловыми осадками и слизистыми

обрастаниями. В летнее время, когда реки сильно обезвожены из-за интенсивного водозабора, вода прогревается до 24⁰С, что способствует ускорению процесса декомпозиции органики и потреблению растворенного в воде кислорода. При этом, биотоп устья реки Сочи существенно отличается от сообществ ритрали участков той же реки выше по течению.

Метод Вудивисса позволяет произвести несложный экспресс анализ состояния гидробиоценоза, но при этом следует учитывать, что при его расчете не принимается во внимание численность организмов индикаторных групп, и поэтому значение малочисленных групп гидробионтов может быть завышено.

Географические и антропогенные условия водоема или его участка ведут к развитию в нем определенных структур биологических сообществ, характерных для данного региона (Tonkin, 2014). Поэтому необходима работа по уточнению списка организмов-индикаторов макрозообентоса различных биотопов, свойственных водотокам исследуемой территории.

Список использованных источников

Абакумов, В.А. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений // Государственный комитет СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды. Л.: Гидрометеиздат. 1983. 240 с.

Балушкина, Е.В. Оценка качества воды и состояния водоемов разного типа по характеристикам сообществ донных животных // Труды Зоологического института РАН. 2016. Том 320. С. 262–279.

Безматерных, Д.Н. Зообентос как индикатор экологического состояния водных экосистем западной Сибири // Аналитический обзор ГПИТБ РАН. Сер. Экология. 2007. № 5. 87 с.

Гашев, С.Н. Показатель «плохой» агрегированности в оценке качества среды обитания животных // Териологические исследования. С.-Петербург:ЗИН РАН. 2002. Вып.1. 131 с.

Горбунова Т.Л. Место биологических индикаторов качества водной среды в системе оценки прогресса устойчивого развития территории города-курорта Сочи // Регионы России в новых экономических условиях: материалы научно-практической конференции. 2016. С. 31–39.

Горбунова, Т.Л. Биоиндикация в системе мониторинга окружающей среды при переходе к устойчивому развитию агломерата города-курорта Сочи // Системы контроля окружающей среды. 2016. № 5 (25). С. 94–102.

ГОСТ 17.1.04-77 «Охрана природы. Гидросфера. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов». ИПК Издательство стандартов. 2000. 19 с.

Залихан-Будаева, Л.М. Методы гидробиологического анализа состояния поверхностных вод центрального Кавказа // Сб. Приоритеты мировой науки: эксперимент и научная дискуссия: Материалы X международной научной конференции. США, Северный Чарльстон (Южная Каролина), 2016. С. 144–154.

Лукин А.А., Калинин Н.М., Сярки М.Т., Шарова Ю.Н. Комплексная система биоиндикации водных объектов в условиях разнотипного антропогенного воздействия // Материалы Всероссийской конференции по водной токсикологии посвященной памяти Б.А. Флерова. (Борок. 2008). Борок, С. 68–71.

Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий: в 6-и т. / ред. С.Я. Цаллолихин. С. Петербург: Наука, 1997. 2000.

РД 52.24.309-2011. Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши. – Взамен Р 52.24.309-2004; введ. 1 июня 2012. Ростов-на-Дону: Гидрометеоиздат. 2011. 26 с.

ФГБУ «ГХИ». Ежегодник качества поверхностных вод Российской Федерации. 2016–2017. [электронный ресурс] Режим доступа: www.gidrohim.com, свободный (дата обращения 25.02.2019).

Illies, J. Versuch einer allgemeinen biozonotischen gliederung der fliessgewasser / J.Illies // Int. Revue Ges. Hydrobiol. 1961. Vol. 46, № 2. P. 205–213.

Stark, J.D., Phillips, N. Seasonal variability in the Macroinvertebrate Community Index: Are seasonal correction factors required? / J.D. Stark, N. Phillips // New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research. The Royal Society of New Zealand. 2009. Vol. 43. P. 8–11.

Tonkin, J.D. Drivers of macroinvertebrate community structure in unmodified streams / J.D.Tonkin // Peer Journal. 2014, Vol. 2. Режим доступа: <https://peerj.com/articles/465/> свободный (Дата обращения 12.01.2017).