

Сапробность рек Сочинского национального парка

Т. Л. Горбунова*

*Филиал Института природно-технических систем
Сочи, 354024, Российская Федерация
Email: tatianashaw@mail.ru*

Аннотация

Исследованы реки Сочинского национального парка с использованием в качестве биоиндикаторов организмов макрозообентоса. Сравнили показатели биотических индексов, индекса сапробности и показателей биологического разнообразия сообществ организмов речного бентоса и перифитона. Определили, что наиболее информативным биоиндикатором для данных водных объектов является индекс сапробности. Впервые на водных объектах региона был опробован индекс ВВИ (Бельгийский биотический). Анализ сапробности исследуемых водоёмов показал, что наиболее загрязнены реки Сочи (станция отбора проб — устье) и Хоста; они относятся к β -мезосапробной зоне — умеренно грязной. По индексу сапробности река Мзымта относится к β -мезосапробным водоёмам; значение индекса Вудивисса относит реку Мзымту к чистым водоёмам. Индекс сапробности и биотический индекс Вудивисса в исследуемый период характеризуют реки Сочи (станция отбора проб Пластунка), Пезуапсе и Лаура как олигосапробные чистые водоёмы с высоким уровнем растворённого кислорода.

Ключевые слова: биоиндикация, гидробионты, сапробность, биотический индекс, горные реки.

Введение. 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. Развитие экономики г. Сочи строится на использовании природно-климатических ресурсов [Кюль, 2019], так как чистые водоёмы значительно повышают привлекательность курорта для туристов. Поверхностные воды этой территории, являющиеся важным рекреационным, рыбохозяйственным, технологическим и питьевым ресурсом, представляют собой систему малых рек, впадающих в Чёрное 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 [Шлес, 1961; Анисимов, Битюков, 2008].

* Сведения об авторе: Горбунова Татьяна Львовна, нс, лаб. экономики природопользования и экологии, Филиал ИПТС в г.Сочи, email: tatianashaw@mail.ru.

Следуя принципам устойчивого развития территории, необходимо иметь возможность оценить степень загрязнения окружающей среды по объективно измеряемым показателям, которые не только предоставят информацию о содержании в водной среде отдельных загрязнителей, но и позволят оценить влияние различных биотических и абиотических факторов на состояние биологических сообществ водоёмов. Действующий в настоящее время экологический мониторинг водных объектов — это система гидрологических и физико-химических наблюдений, осуществляемая на территории Сочи лабораторией мониторинга качества среды Специализированного центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Чёрного и Азовского морей (СЦГМС ЧАМ). Широкое многообразие поступающих в водоём 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 водоёмов и геохимические процессы в них неоднородны. Поэтому оценка качества природных вод, сделанная на основе использования исключительно физико-химических данных, имеет существенные ограничения [Горбунова, 2019].

Степень и характер изменения водной среды и её 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 в настоящее время единая система биоиндикаторов, отвечающая особенностям развития и условиям региона, отсутствует. Методы биоиндикации, утверждённые и рекомендованные службой Росгидромета для мониторинга рек в отдельных 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 [Абакумов, 1983; Stark, Phillips, 2009]. По этим причинам программа, используемая в настоящее время для мониторинга качества водной среды поверхностных водоёмов 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 и определение воздействия загрязнения на гидробиоценозы рек черноморского побережья Кавказа в районе большого Сочи. В работе сравниваются показатели биотических индексов, индекса сапробности и показателей биологического разнообразия сообществ организмов речного бентоса и перифитона. Это исследование выполнено в сотрудничестве с лабораторией Гидрометеослужбы 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.

Методы биологического анализа, использованные в этой работе, основываются на анализе видового состава бентоса и перифитона, так как при значительных скоростях течений горных рек сообщество планктона обычно 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 надёжную информацию о продолжающихся или повторяющихся воздействиях на состояние водной среды [Горбунова, 2019].

Материалы и методы. Отбор проб организмов бентоса и перифитона производился в 2016 г. ежемесячно в течение сезона вегетации (с апреля по сентябрь) и раз в два месяца в зимнее время.

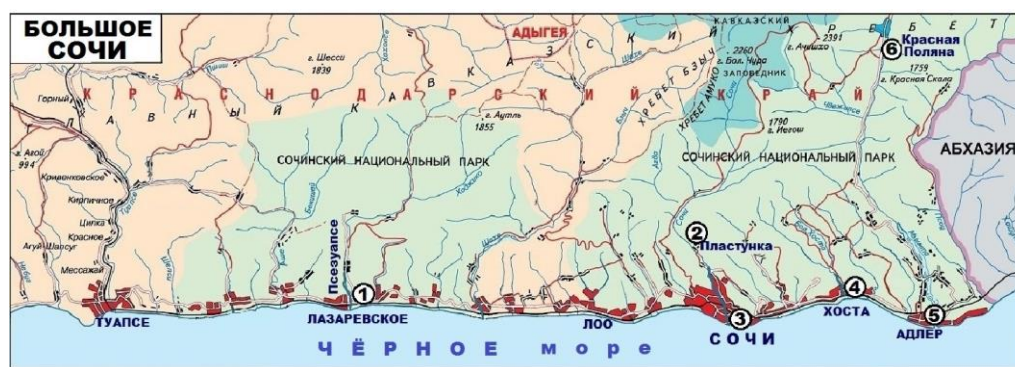
Станции и время отбора проб были привязаны к многолетним точкам наблюдения Гидрометеослужбы, утверждённым на национальном уровне для обеспечения сопоставимости гидробиологических, гидрологических и гидрохимических данных.

Пробы на всех станциях отбирались в сходных биотопах для исключения влияния характера субстрата на результаты определения видового состава. Пробы отбирались с поверхности камней согласно общепринятому методу¹. Каждая проба отбиралась в трёх повторностях с использованием рамки, ограничивающей площадь дна до 0,25 м². Количество определённых видов и особей рассчитывалось на 1 м². Камни отбирались вручную с глубин от 0,2 м до 0,5 м, ещё в воде помещались в сачок из планктонного газа и переносились в таз для

¹ Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий: / ред. С. Я. Цалолыхин. Санкт-Петербург: Наука, 1997–2000, т. 1–6.

тщательного просмотра живой пробы. Пробы фиксировались 75 % этанолом. Камеральная обработка происходила в лаборатории с помощью микроскопа МБС-10. Организмы зообентоса и перифитона определяли и подсчитывали численность каждого вида и процент каждого вида в пробе.

В ходе работы всего было отобрано и проанализировано 108 проб, отобранных на шести основных станциях сочинского побережья: 1 — р. Псезуапсе, станция отбора проб (здесь и далее — ст.) в устье; 2 — р. Сочи, ст. пос. Пластунка, выше городской черты; 3 — р. Сочи, устье; 4 — река Хоста, устье; 5 — р. Мзымта, устье; 6 — р. Лаура, приток р. Мзымта (рис. 1).



Примечание: кружки с цифрами — станции отбора проб: 1 — р. Псезуапсе, устье; 2 — р. Сочи (ст. пос. Пластунка, фон); 3 — р. Сочи, устье; 4 — р. Хоста, устье; 5 — р. Мзымта, устье; 6 — р. Лаура, фон.

Legend: circles with numbers — sampling stations: 1 — Psezuapse river, estuary; 2 — Sochi river, Plastunka village, background; 3 — Sochi river, estuary; 4 — Khosta river, estuary; 5 — Mzymta river, estuary; 6 — Laura River, background.

Рисунок 1 — Сочинский национальный парк
Figure 1 — Sochi National Park

Анализ опыта сочинских природоохранных организаций и результатов комплексных исследований рек прибрежной полосы Чёрного моря в районе Сочи [Горбунова, 2019] показал, что основной проблемой пресных природных водоёмов является их эвтрофикация, которая возникает в результате попадания в водоёмы неочищенных или недостаточно очищенных хозяйственно-бытовых, ливневых и сельскохозяйственных стоков. Поэтому в первую очередь для определения антропогенного влияния на водоём были рассмотрены методы определения общей сапробности по методу Пантле и Букка в его модификации по Сладечеку. В дополнение к индексу сапробности как наиболее перспективные рассматривались индекс Вудивисса, разработанный для реки Трент, (Англия), и его модификация — Бельгийский Биотический индекс (ВБИ), разработанный Верньо и Тюфери

для водоёмов Франции. Оба индекса определяют качество воды по составу макрозообентоса и перифитона, основываясь на биоразнообразии сообщества и последовательном исчезновении из биоценозов видов, реагирующих на загрязнение. Индекс ВВІ, разработанный для рек Франции и апробированный исследователями на водоёмах южной Европы и Турции, принимает во внимание группы гидробионтов, характерные для различных биоценозов, которые не рассматриваются по Вудивиссу как значимые. Оба метода, биотический индекс Вудивисса и ВВІ, рекомендованы для определения качества воды в малых реках с относительно небольшой глубиной [Безматерных, 2007], что соответствует характеристикам рек в районе Сочи. Гидрохимические анализы в пробах воды на исследуемых станциях осуществлялись лабораторией СЦГМС ЧАМ. Отбор и гидрохимические исследования проб воды проводились в соответствии с аттестованными методиками измерений. Качество воды оценивалось по 44 абиотическим показателям с периодичностью 6 раз в год в основные гидрологические фазы².

Результаты и обсуждение. Анализ сапробности исследуемых водоёмов показал, что наиболее загрязнёнными являются устье реки Сочи ($S = 2,19$) и р. Хоста ($S = 1,88$). Они относятся к β -мезосапробной зоне, которая характеризуется как умеренно грязная. В таких водоёмах обычно интенсивно идут процессы окисления органики, часто наблюдается заиление грунта. Гидрохимический анализ по данным лаборатории службы Росгидромета характеризует реки Сочи и Хоста в их устьевых зонах как «загрязнённые» водоёмы. 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, также определяющего эти объекты как умеренно грязные.

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

² РД (руководящий документ) 52.24.309-2011, 2011; ГОСТ 17.1.04-77, 2000.

По индексу сапробности река Мзымта относится к β -мезосапробным водоёмам ($S=1,5$), хотя значение индекса там значительно ниже, чем в реках Сочи (ст. устье) и Хоста. Фактически этот участок находится в пограничном состоянии между олигосапробной и β -мезосапробной зоной. Вода реки Мзымта здесь на основе гидрохимических данных оценивается службой Росгидрометеорологии как «слабо загрязнённая». Наблюдались систематические превышения содержания взвешенных веществ (до 610,0 мг/л в июне), БПК₅ (до 2 ПДК), железа (до 3 ПДК) и нефтепродуктов (до 2 ПДК)³. Участок реки Мзымта в г. Адлер ниже железнодорожного моста, где были отобраны исследуемые пробы, отражает комплексное антропогенное влияние, которому подвержена р. Мзымта. Загрязнение поступает от поселений и курортов в пос. Красная Поляна и Роза Хутор, сельскохозяйственных и урбанизированных территорий в нижнем течении реки.

Значение индекса Вудивисса (7) относит реку Мзымту к чистым водоёмам, что может объясняться тем, что при расчёте биотических индексов Вудивисса и ВВІ не принимается во внимание численность организмов индикаторных групп, и поэтому значение малочисленных групп гидробионтов может быть завышено [Безматерных, 2007; Duran, 2011]. В пробах реки Мзымта были обнаружены три вида подёнок, что, в соответствии с методом Вудивисса, относит участок к типу чистых водоёмов, но эта группа гидробионтов не была многочисленной.

Кроме того, наблюдались сезонные флуктуации качественного состава проб на исследуемом участке водоёма. Обычно в сообществах макрозообентоса р. Мзымта преобладают ручейники (49,6–56,3 % от общей численности организмов), но в летние месяцы доля численности ручейников снижалась до 14 %. Кроме того, именно в период летней межени были обнаружены устойчивые к загрязнению виды двукрылых. По мнению автора, такой эффект мог быть вызван сильным заилением и обрастаниями донного субстрата в этот период, что послужило препятствием для прикрепления к субстрату реолитофильных организмов.

Индекс сапробности и биотический индекс Вудивисса в исследуемый период характеризуют реки Сочи, ст. Пластунка ($S = 1,48$, Вудивисса = 8), Псеуапсе ($S = 1,42$, Вудивисса = 7) и Лаура ($S = 1,32$, Вудивисса = 8) как олигосапробные чистые водоёмы с высоким уровнем

³ ФГБУ «ГХИ». Ежегодник качества поверхностных вод Российской Федерации. 2016. [электронный ресурс]. URL: www.gidrohim.com.

растворенного кислорода, что характерно для быстротекущих горных рек Станции на реках Лаура и Сочи (ст. 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 г., поэтому река подвержена значительной антропогенной нагрузке, связанной с освоением новых территорий на водосборных площадях. По данным лаборатории службы Гидрометеорологии, река Лаура характеризуется как «слабо загрязнённая». Там наблюдались значительные превышения ПДК по содержанию нефтепродуктов, ряда тяжёлых 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 (ст. Пластунка) характеризуется по системе службы Росгидрометеорологии как «слабо загрязнённая». 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 ст. Пластунка, р. Сочи отмечались превышения показателей БПК₅ до 1,5 ПДК, взвешенных веществ до 2 ПДК, устойчивые превышения содержания железа до 3 ПДК и нефтепродуктов до 2 ПДК¹.

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

По значениям индекса ВВИ все исследуемые реки должны быть отнесены к категории чистых водоёмов. Это не согласуется с результатами определения других параметров, что говорит о недостаточной чувствительности этого метода для данных условий.

Широко используемым показателем группы индексов, основанных на определении относительного обилия видов, является индекс видового разнообразия Шеннона. С его помощью можно оценить видовое богатство и выравненность видового состава водного сообщества. В соответствии со значениями индекса Шеннона, обеднённое видовое разнообразие обнаружено на устьевых участках реки Сочи (2,05) и Хоста (2,12), которые также характеризовались как загрязнённые по индексу сапробности и биотическому индексу Вудивисса. Индекс Пиелу, определённый на основе индекса Шеннона, указывает, что биоценозы этих водоёмов демонстрируют существенный разрыв в численности доминантных групп гидробионтов и малочисленных видов. Высокое видовое разнообразие установлено по индексу Шеннона для рек Лаура, Псезуапсе и Мзымта (3,14, 2,78, 2,29 соответственно). При этом индекс выравненности высок для рек Лаура и Псезуапсе, но для реки Мзымта он значительно ниже. Реки Лаура и Псезуапсе по методам сапробности и Вудивисса определены как чистые олигосапробные водоёмы, что подтверждают значения индекса Шеннона. В то же время река Мзымта при высоком значении индекса Шеннона идентифицирована как умеренно загрязнённая по показателям сапробности и имеет сравнительно низкий индекс выравненности, что указывает на наличие изменений в составе биоценоза данного участка реки. Низкое видовое разнообразие по Шеннону определено для реки Сочи (ст. Пластунка), но в то же время в этом биоценозе показана высокая степень выравненности по Пиелу. Многими исследователями подтверждено, что в стабильных, богатых сообществах выравненность значительно выше, чем в деградирующих биоценозах, и большой разрыв в численности между доминирующим другими видами гидробионтов является признаком ухудшения качества среды [Безматерных, 2007]. Например, С. Н. 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. Индекс Симпсона учитывает возможные межвидовые или внутривидовые связи, но не даёт информации о видовом богатстве [Безматерных, 2007; Duran, 2011]. 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 (ст. устье) и Сочи (ст. Пластунка), свидетельствуют о существенном доминировании в них одного или нескольких видов, что может быть признаком неустойчивости биологических сообществ в этих водоёмах [Розенберг, 2013]. Это подтверждается значениями индекса Макинтоша: пробы рек Мзымта, Псезуапсе и Лаура демонстрируют низкую степень доминирования отдельных видов, реки Хоста и Сочи (ст. Пластунка) демонстрируют повышенное доминирование отдельных видов гидробионтов по сравнению с Мзымтой, Лаурой и Псезуапсе, а река Сочи (ст. устье) характеризуется очень высоким уровнем доминирования. Низкие показатели видового разнообразия для реки Сочи (ст. Пластунка) находятся в противоречии с классификацией этого участка по индексу сапробности и индексу Вудивисса как олигосапробного водотока.

На основе определения видового и численного состава гидробионтов вычислены некоторые биотические индексы — показатели сапробности воды, видового разнообразия и др., представленные в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 — Значения биотических индексов сапробности, Вудивисса, ББИ, Шеннона, Пиелу в реках Большого Сочи

Table 1 — Values of the biotic indexes in rivers of the Greater Sochi territory

Реки	Индекс сапробности и зона сапробности	Биотические индексы		Индекс Шеннона	Индекс выравнимости Пиелу
		Вудивисса	ББИ		
Псезуапсе	1,42	7	7	2,78	0,72
	олигосапробность				
Сочи, ст. Пластунка	1,48	8	7	2,29	0,72
	олигосапробность				
Сочи, устье	2,19	6	7	2,05	0,64
	β-мезосапробность				
Хоста	1,88	6	7	2,12	0,68
	β-м мезосапробность				
Мзымта	1,5	7	7	2,54	0,62
	β-мезосапробность – (пограничное состояние с олигосапробностью)				
Лаура	1,32	8	7	3,14	0,73
	олигосапробность				

Таблица 2 — Значения биотических индексов Симпсона, Бергера-Паркера и меры доминирования по Макинтошу в реках Большого Сочи
 Table 2 — Values of the biotic indexes in rivers of the Greater Sochi territory

Реки	Индекс Симпсона	Индекс Бергера-Паркера	Мера доминирования по Макинтошу
Псецуапсе	0,18	0,24	0,66
Сочи, ст. Пластунка	0,3	0,36	0,56
Сочи, устье	0,29	0,47	0,51
Хоста	0,26	0,3	0,5
Мзымта	0,16	0,25	0,67
Лаура	0,15	0,22	0,71

Заключение. Установлено, что для оценки качества водной среды анализируемых водных объектов наиболее информативным был индекс сапробности, определённый по методу Пантле и Букка в модификации Сладечека, определяющий степень эвтрофикации водоёма. Значения индексов видового разнообразия и доминирования в основном подтвердили информацию, полученную в результате определения индексов сапробности, а именно: видовое разнообразие уменьшается, а доминирование отдельных видов в биоценозах возрастает с увеличением степени эвтрофикации водоёма.

В пробах рек Мзымта и Сочи (ст. Пластунка) значения индекса сапробности и индексов видового разнообразия не показали ожидаемой зависимости. Мзымта классифицировалась по сапробности как умеренно загрязнённый водоём, но её видовое богатство и уровень доминирования отдельных видов были на уровне олигосапробных водотоков, таких как реки Псецуапсе, Лаура и Сочи (ст. Пластунка). Однако, индекс выравненности указывает на то, что биоценоз реки Мзымта менее стабилен, чем в других водоёмах, характеризующихся как чистые. Это можно объяснить тем, что процессы изменения биологического сообщества этого водоёма находятся на начальной стадии. Тот же вывод предварительно можно сделать по реке Сочи (ст. Пластунка), где при отнесении её по индексу сапробности к чистому олигосапробному водоёму наблюдается обеднённое видовое богатство и сравнительно высокая степень доминирования отдельных видов. Таким образом, этот показатель может служить ранним индикатором проблемы, связанной с изменениями в биоценозах водотоков.

По значениям сапробного индекса наиболее проблематичными оказались реки Хоста и Сочи в устьевой части, относящиеся к умеренно грязным водоёмам, 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 для нужд города, вода прогревается до 24 °С, что способствует ускорению процесса декомпозиции органики и потреблению растворенного в воде кислорода. При этом биотоп устья реки Сочи существенно отличается от описанных выше сообществ ритрали в том числе и от участков той же реки выше по течению.

Несмотря на сравнительно низкую чувствительность метода Вудивисса по сравнению с индексом сапробности, что отражено в случае с анализом проб реки Мзымта, установлено, что этот метод позволяет сделать быстрый, относительно несложный и недорогой предварительный анализ состояния водного сообщества [Безматерных, 2007]. Поэтому после репрезентативного апробирования и дополнения для условий региона он может быть рекомендован как эффективный метод биологического экспресс-анализа. Однако при оценке и сравнении показателей биотических индексов следует учитывать, что при их расчёте не принимается во внимание численность организмов индикаторных групп, и поэтому значение малочисленных групп гидробионтов может быть завышено [Балушкина, 2016]. Бельгийский биотический индекс не демонстрировал достаточной чувствительности к изменениям водной среды исследуемых водотоков. В соответствии с его значениями, все изучаемые станции относились к чистым участкам водотоков, что не согласуется с показателями сапробного индекса, индекса видового богатства и доминирования, а также с данными гидрохимического анализа.

Известно, что естественные географические и антропогенные условия водоёма или его участка ведут к развитию в нем биологических сообществ с определённой структурой, характерной для данного региона [Tonkin, 2014], поэтому желательно, чтобы среди биоиндикаторов качества среды Сочинского национального парка были кавказские эндемичные и редкие виды организмов. Для более точного выявления организмов, которые могут стать индикаторами качества среды данных водоёмов, из макрозообентоса различных биотопов рек Сочинского национального парка, необходимо продолжить изучение влияния природных и техногенных факторов на развитие сообществ бентоса и перифитона в регионе, уточнить их индикаторную значимость, учесть сезонные изменения гидрологических режимов водоёмов.

Литература

- Абакумов В. А. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / Государственный комитет СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды. – Л.: Гидрометеоиздат. 1983. 240 с.
- Анисимов В. И., Битюков Н. А. Физическая география города-курорта Сочи: Монография. – Сочи: СГУТиКД, 2008. 291 с.
- Балушкина Е. В. Оценка качества воды и состояния водоемов разного типа по характеристикам сообществ донных животных // Труды Зоологического института РАН. 2016. Том 320. № 3. 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. 2002. Вып. 1. С. 131–132.
- Горбунова Т. Л. Изучение экологического состояния рек на территории Большого Сочи с использованием биоиндикаторов макрозообентоса // Устойчивое развитие особо охраняемых природных территорий. Том 6: Сборник статей VI Всероссийской научно-практической конференции. 2–4 октября 2019, Сочи / Ред. Л. М. Шагаров. – Сочи: ГКУ КК «Природный орнитологический парк в Имеретинской низменности», Донской издательский центр, 2019. С. 123–32.
- Кюль Е. В. Сочинский Национальный парк: история создания и физико-географическая характеристика (очерк) // Биота и среда заповедных территорий. 2019. №2. С. 104–116.
- Розенберг Г. С. О Роберте Макинтоше, индексе разнообразия и “American Midland naturalist” (заметки переводчика) // Самарская лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2013. Т. 320, № 3. С. 128–144.
- Duran, M. Evaluation benthic macroinvertebrates fauna and water quality of Suleyman lake (Buldram-Danizli) in Turkey // Acta zoologica Bulgaria. 2011. № 63 (2). P. 169–178.
- Illies, J. 1961. Versuch einer allgemeinen biozonotischen gliederung der fließgewässer // Int. Revue Ges. Hydrobiol. 1961. Vol. 46, № 2. P. 205–213,
- Stark J. D., Phillips N., 2009, Seasonal variability in the Macroinvertebrate Community Index: Are seasonal correction factors required // 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 // Peer Journal. 2014, Vol. 2. URL: <https://peerj.com/articles/465/> (12.01.2017).

The saprobity of the rivers of Sochi National Park

T. L. Gorbunova

*Branch of the Institute of natural and Technical Systems, Sochi**Sochi, 354024, Russian Federation**Email: tatianashaw@mail.ru***Abstract**

The rivers of the Sochi National Park were explored. Macrozoobenthos organisms were used as bioindicators. The indicators of biotic indices, saprobity index and indicators of biological diversity of communities of organisms of river benthos and periphyton were compared. It was determined that the most informative bio-indicator for these water bodies is the saprobity index. For the first time on the water bodies of the region, the BBI (Belgian Biotic) Index was tested. An analysis of the saprobity of the studied reservoirs showed that the rivers Sochi (estuary) and Khosta are the most polluted; they belong to the β -mesosaprobic zone - moderately dirty. According to the saprobity index, the Mzymta River refers to β -mesosaprobic rivers; the Woodivissa index refers the Mzymta River to clean water. The saprobity index and

the Woodviss biotic index during the study period characterize the rivers Sochi (Plastunka), Psezuapse and Laura as oligosaprobic clean reservoirs with a high level of dissolved oxygen.

Key words: bioindication, aquatic organisms, saprobes, biotic index, mountain rivers.

References

- Abakumov V. A., 1983, *Rukovodstvo po metodam gidrobiologicheskogo analiza poverkhnostnykh vod i donnykh otlozheniy* [Guidance on methods of hydrobiological analysis of surface water and bottom sediments], 240 p., Gidrometeoizdat, Leningrad
- Anisimov V. I., Bityukov N. A., 2008, *Fizicheskaya geografiya goroda-kurorta Sochi: Monografiya* [Physical geography of the Sochi health resort city: Monograph], 291 p., SGUTiKD, Sochi [in Russian].
- Balushkina E. V., 2016, Otsenka kachestva vody i sostoyaniya vodoyemov raznogo tipa po kharakteristikam soobshchestv donnykh zhivotnykh [Assessment of Water Quality and State of Waterbasins of Different Types from Characteristics of Benthic Animal Communities], *Proceedings of the Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences*, vol. 320, pp. 262–279 [in Russian].
- Bezmaternykh D. N., 2007, Zoobentos kak indikator ekologicheskogo sostoyaniya vodnykh ekosistem zapadnoy Sibiri [Zoobenthos as an Indicator of the Ecological State of Aquatic Ecosystems in Western Siberia], *Analiticheskiy obzor GPITB RAN. Ser. Ekologiya* [Analytical Review Ser. Ecology], no. 5, 87 p. [in Russian].
- Gashev S. N., 2002, Pokazatel' «plokhoy» agregirovannosti v otsenke kachestva sredy obitaniya zhivotnykh [The indicator of "poor" aggregation in assessing the quality of the environment of animals], *Teriologicheskiye issledovaniya* [Theriological studies], Issue 1, pp. 131–132 [in Russian].
- Gorbunova T. L., 2019, Izucheniye ekologicheskogo sostoyaniya rek na territorii Bol'shogo Sochi s ispol'zovaniyem bioindikatorov makrozoobentosa [Research the ecological state of rivers in the territory of Greater Sochi using bioindicators of macrozoobenthos], in L. M. Shagarov (ed.), *Ustoychivoye razvitiye osobo okhranyayemykh prirodnykh territoriy. Tom 6: Sbornik statey VI Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 2–4 oktyabrya 2019, Sochi* [Sustainable development of specially protected natural territories. Volume 6: Collection of articles], Proceedings of the VI All-Russian scientific-practical conference. October 2–4, 2019, Sochi, pp. 123–132, Donskoy izdatel'skiy tsentr, Sochi [in Russian].
- Kyul E. W., 2019, Sochi National Park: the History of the Creation of Physical and Geographical Characteristics (Essay), *Biodiversity and Environment of Protected Areas*, no. 2, pp. 104–116 [in Russian].
- Rozenberg G. S., 2013, O Roberte Makintoshe, indekse raznoobraziya i “American Midland naturalist” (zametki perevodchika) [About Robert Mackintosh, Index of Diversity and “American Midland Naturalist” (translator's notes)], *Samarskaya luka: problemy regional'noy i global'noy ekologii*, vol. 320, no. 3, pp. 128–144 [in Russian].
- Duran M., 2011, Evaluation bentic macroinvertebrates fauna and water quality of Suleyman lake (Buldam-Danizli) in Turkey, *Acta zoologica Bulgaria*, no. 63(2), pp. 169–178.
- Illies J., 1961, Versuch einer allgemeinen biozonotischen gliederung der fliessgewasser, *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*, vol. 46, no. 2, pp. 205–213.
- Stark J. D., Phillips N., 2009, Seasonal variability in the Macroinvertebrate Community Index: Are seasonal correction factors required, *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, vol. 43, pp. 8–11.
- Tonkin, J. D., 2014, Drivers of macroinvertebrate community structure in unmodified streams, *Peer Journal*, vol. 2, viewed 1 April 2018, from URL: <https://peerj.com/articles/465/>.

Приложение. Организмы-индикаторы в реках Большого Сочи и их индивидуальные индексы сапробности (ИИС), 2016 г.

Supplementary material 1. Indicator organisms in the rivers of Sochi and their individual saprobity indices, 2016.

Организм-индикатор	ИИС	Продолжение. Организм-индикатор	ИИС
Tricoptera		Diptera (продолжение)	
<i>Hydropsuche pellucidina</i>	1,95	<i>Oxicerca sp.</i>	0,40
<i>Cyrnus trimacularis</i>	1,40	<i>Psychodidae sp.</i>	5,50
<i>Ecnomus sp.</i>	1,65	<i>Simulium caucasicum</i>	1,40
<i>Glossoma capitatum</i>	0,50	<i>Simulium ornatum</i>	1,65
<i>Goera pilosa</i>	0,40	<i>Simulium venostrum</i>	1,15
<i>Grammotaulius sp.</i>	1,60	<i>Tabanua sp.</i>	1,60
<i>Gramotaulius sp.</i>	1,60	<i>Tabanus cordiger</i>	0,85
<i>Hydropsuche angustipensis</i>	1,95	<i>Tanytarsus sp.</i>	2,40
<i>Hydroptila femoralis</i>	2,05	<i>Tanytarsus sp.</i>	2,40
<i>Limnephilus politus</i>	1,40	<i>Tipula sp.</i>	2,85
<i>Limnephilus rombicus</i>	1,25	<i>Wilhelmia sp.</i>	1,60
<i>Rhyacophila Sp.</i>	1,50	<i>Wilhelmia sp.</i>	1,65
<i>Silo proximus</i>	1,25	Plecoptera	
Ephemeroptera		<i>Perla caucasica</i>	1,00
<i>Baetis rhodani</i>	1,05	<i>Chloroperla sp.</i>	0,40
<i>Baetis niger</i>	1,10	<i>Isoperla ornatum</i>	1,50
<i>Caenis makrura</i>	0,75	<i>Leuctra fusca</i>	2,15
<i>Cloeon sp.</i>	2,00	<i>Nemoura sp.</i>	1,15
<i>Ecdyonurus sp.</i>	2,15	<i>Nemoura sp.</i>	1,15
<i>Epeorus flagies</i>	0,53	<i>Perla marginata</i>	0,65
<i>Eperiorus sp.</i>	0,53	<i>Protoperla sp.</i>	0,40
<i>Ephemerella ignita</i>	1,95	<i>Taeniopteryx sp.</i>	1,50
<i>Heptogenia diabasia</i>	2,15	Gastropoda	
<i>Heptogenia sulfurea</i>	2,25	<i>Ancylus fluviatilis</i>	1,50
<i>Hydrophlebia fusca</i>	1,55	<i>Limnea stagnalis</i>	1,85
<i>Leptophlebia cinca</i>	1,75	<i>Phisa fontinalis</i>	2,00
<i>Leptophlebia fusca</i>	1,75	Amphypoda	
<i>Paraleptophlebia cinkta</i>	1,50	<i>Aselus aquaticus</i>	2,80
<i>Rhithrogena sp.</i>	0,10	Odonata	
Diptera		<i>Aeshna sp.</i>	2,00
<i>Blepharocera armenica</i>	1,25	Hydrocarina	
<i>Blepharocera fascinata</i>	1,25	<i>Hydrachna geographica</i>	2,00
<i>Chironomus plumosus</i>	3,80	<i>Hydrobatis longipalpis</i>	0,50
<i>Cryptochironomus sp.</i>	2,15	Coleoptera	
<i>Crysopilus sp.</i>	1,15	<i>Hyrophilidae sp.</i>	1,00
<i>Diamesa insignipes</i>	3,47	<i>Ectopia sp.</i>	1,00
<i>Dixa sp.</i>	0,65	Gyrinidae	
<i>Endochironomus sp.</i>	2,00	<i>Gyrinus sp.</i>	2,00
<i>Hexatoma bicolor</i>	0,60	Oligochaeta	
<i>Liponeura coucasica</i>	0,10	<i>Tubifex Tubifex</i>	3,80
<i>Liponeura sp.</i>	1,60	Hirundinea	
<i>Mochlonyx culiciformis</i>	2,00	<i>Haemopsis sanquisuga</i>	1,70
<i>Odagmia valeriegata</i>	1,00		

По Черчесова С. К. Амфибиотические насекомые рек Северной Осетии. Ручейники. – М: МСХА, 2004. 238 с.; Черчесова С. К., Якимов А. В., Шахмуров М. М., Львов В. Д., Шиолашвили М. Н., Иванов И. В. Веснянки (Insecta: Plecoptera) Кабардино-Балкарской республики. Методическое пособие. – Нальчик: ФГБОУ ВПО "КБСХА им В.М.Коккова, 2012. 44 с.; Якимов А. В., Сарахова М. А., Львов В. Д., Шахмуров М. М., Черчесова С. К., Шибзухова З. С. Ручейники (Tricoptera) Кабардино-Балкарии (Центральный Кавказ) как индикаторы качества речных вод // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 6; Гордиенко Т. П. Временные методические указания по гидробиологическому анализу качества вод малых рек. – М. 1994. 198 с.; Якимов А. В., Шаповалов М. И., Львов В. Д., Созаев Т. О. Об индикаторном значении водных двукрылых (Diptera) рек и ручьев центрального Кавказа // Сб. мат. II Междунар. научно-практ. конф. Биоразнообразие, Биоконсервация, Биомониторинг. Майкоп. 2015; Унифицированные методы исследования качества вод. Часть 3. Методы биологического анализа вод. – Москва: Изд. Отд. Секретариата СЭВ. 1983. 365 с.]