

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАЛЫХ ГОРНЫХ ВОДОТОКОВ СОЧИНСКОГО ПРИЧЕРНОМОРЬЯ

Горбунова Татьяна Львовна

научный сотрудник

Филиал ФГБНУ «Институт природно-технических систем», Сочи
tatianashaw@mail.ru

Гудкова Наталья Константиновна

к.г.-м.н., старший научный сотрудник

Филиал ФГБНУ «Институт природно-технических систем», Сочи
n.k.gud@yandex.ru

Рубанова Наталья Ивановна

к.э.н., старший научный сотрудник

Филиал ФГБНУ «Институт природно-технических систем», Сочи
lej06@yandex.ru

Аннотация. Предпринимаемые исследования продиктованы необходимостью создания информационной базы, обеспечивающей научно-обоснованную расстановку приоритетов при планировании природоохранных мероприятий в бассейнах природных водотоков, в том числе особо охраняемых природных территорий, на которых осуществляется интенсивная и экстенсивная рекреационная деятельность. Предлагаемый подход основывается на выявлении закономерностей развития, общих для групп водотоков, сформированных по признаку схожести морфометрических характеристик и характера природопользования. Новизна исследования заключается в применении биотестирования с целью определения токсичных свойств водной среды в сочетании с анализом геологических аспектов, в первую очередь – современных экзогенных геологических процессов, происходящих на водосборной площади водотоков, и способных оказывать влияние на свойства водной среды. Предлагаемый подход может применяться как один из инструментов интегрированного управления водными ресурсами. Выявлено, что малые водотоки, располагающиеся в высокогорье и среднегорье Сочинского Причерноморья и представляющие ценность как часть ООПТ, характеризуются как наиболее экологически безопасные в условиях интенсивной экспансии горных курортов и туристических центров на малонарушенные лесные территории; станции в верховьях этих водотоков могут приниматься в качестве фоновых. Однако и в этих водотоках на антропогенно-освоенных участках были выявлены негативные значения используемых в работе критериев экологического состояния среды, что может расцениваться как ранние индикаторы нежелательных процессов динамики качества водной среды в них.

Ключевые слова: биотестирование, интегрированное управление водными ресурсами, токсичность, экзогенные геологические процессы.

На основе результатов исследования водотоков Сочинского Причерноморья авторами предложена группировка рек, однородных по

морфометрическим характеристикам и характеру водопользования, а также природопользования на водосборной площади. В данной статье рассмотрена одна из выделенных групп, а именно – малые водотоки, располагающиеся в высокогорье и среднегорье и представляющие ценность как часть ООПТ. В работе исследованы такие водотоки данной группы, как участок верхнего течения реки Мзымта, реки Ачипсе и Лаура, ручей Тобиаса.

Материалы и методы. Река Лаура берет свое начало на южных склонах хребта Ассара на территории Кавказского заповедника, впадает в р. Мзымта в 50 км выше ее устья. Согласно данным государственного водного реестра, Ачипсе – правый приток реки Лаура, которая, в свою очередь, является правым притоком реки Мзымты. Однако в более ранних источниках Ачипсе упоминается как приток реки Мзымты, а Лаура – как приток Ачипсе.

На изучаемой территории развиты опасные геологические процессы (ОГП), обусловленные как эндогенными (сейсмичность и первичная тектоническая дезинтегрированность пород коренной основы) и экзогенными (склоновые, эрозионные процессы) причинами (Гудкова, 2020, 2021, 2022а, б). В качестве геологических факторов в настоящем исследовании выбраны современные экзогенные геологические процессы, которые выявлены в руслах и на водосборной площади рек, как наиболее значимые и доступные для наблюдения.

Негативное воздействие геологических процессов на качество водной среды заключается в повышении концентраций в природном водотоке взвешенных веществ, некоторых токсикантов и биогенных веществ, а также в пролонгации их действия в водных системах и аккумуляции в донных субстратах (Гудкова и др., 2021, 2022).

Гидробиологическими критериями, описывающими свойства водной среды рек, служили параметры, характеризующие токсичность вод рек для двух тест-объектов – двух видов гидробионтов, принадлежащих различным трофическим уровням: фильтрующие ракообразные *Daphnia magna* Straus и, как представители продуцентов, одноклеточные водоросли *Chlorella vulgaris* Beijer.

Эксперименты по определению токсичных свойств природной воды с использованием *Daphnia magna* проводились в соответствии с методическими указаниями (Строганов, 1971; ГОСТ Р, 2016), количественная оценка токсичности воды давалась на 4-х бальной системе Строганова, где для удобства дальнейшего расчета мультиметрического индекса (Горбунова, 2019) использовались обратные значения (табл. 1).

Пробы воды для определения токсичности речной воды с использованием одноклеточных водорослей *Chlorella vulgaris* отбирались синхронно с отбором проб для биотестирования с использованием дафний на всех исследуемых станциях в течение 5 лет.

Для оценки степени токсичности воды исследуемых водотоков с использованием *Chlorella vulgaris* была применена шкала токсичности (табл. 2) (Xu et al., 2020).

Таблица 1

Шкала токсичности по Н.С. Строганову

Количественная оценка (балл)	Продолжительность жизни 50% дафний (дни)	Оценка токсичности
1	10 до 20	Слабая токсичность или ее отсутствие
2	2 до 10	Средняя токсичность
3	3 до 5	Сильная токсичность
4	4 до 2	Весьма сильная токсичность

Таблица 2

Шкала токсичности для оценки степени токсичности речной воды с использованием одноклеточной водоросли *Chlorella vulgaris*

Баллы	Процент отклонения от контроля прироста коэффициента численности клеток микроводорослей через 7 суток	Оценка токсичности
4	<25%	Слабая токсичность или ее отсутствие
3	25–50%	Средняя токсичность
2	50–75%	Сильная токсичность
1	75–100%	Весьма сильная токсичность

Основные современные геологические процессы в долинах этих водотоков: оползни, сели, осыпи и эрозия.

Оползни широко распространены в связи с особенностями геологического строения и наличием склонов значительной крутизны – более 15–30°, а также с переувлажнением пород атмосферными осадками и подземными водами.

Эрозия является одним из основных факторов денудации. Основную роль играет линейный поверхностный сток, формирующийся за счет атмосферного и верхового подземного питания. Эрозия довольно часто проявляется катастрофически, превращаясь в бедствие. Изъятие гравийно-галечного материала из русел р. Лауры для нужд рекреационных объектов привело к изменению режима реки, что провоцировало активизацию эрозии и, как следствие, увеличению мутности воды и ее загрязнению.

Возросшее содержание взвешенных веществ и подвижных форм тяжелых металлов, поступающих в водоем вследствие активизации современных экзогенных геологических процессов, повышает риски негативного влияния этих факторов на экосистему рек.

В целом для водотоков этой группы проявление ЭПП обусловлено преимущественно природными факторами. Лишь в нижнем течении этих малых рек в последние годы появляются антропогенные факторы (подрезка склонов, увлажнение и т. д.), но их роль не преобладает.

Оценка токсичности водной среды водотоков.

Местоположение станций отбора проб для оценки токсичности водной среды водотоков изучаемой группы представлено на рисунке.

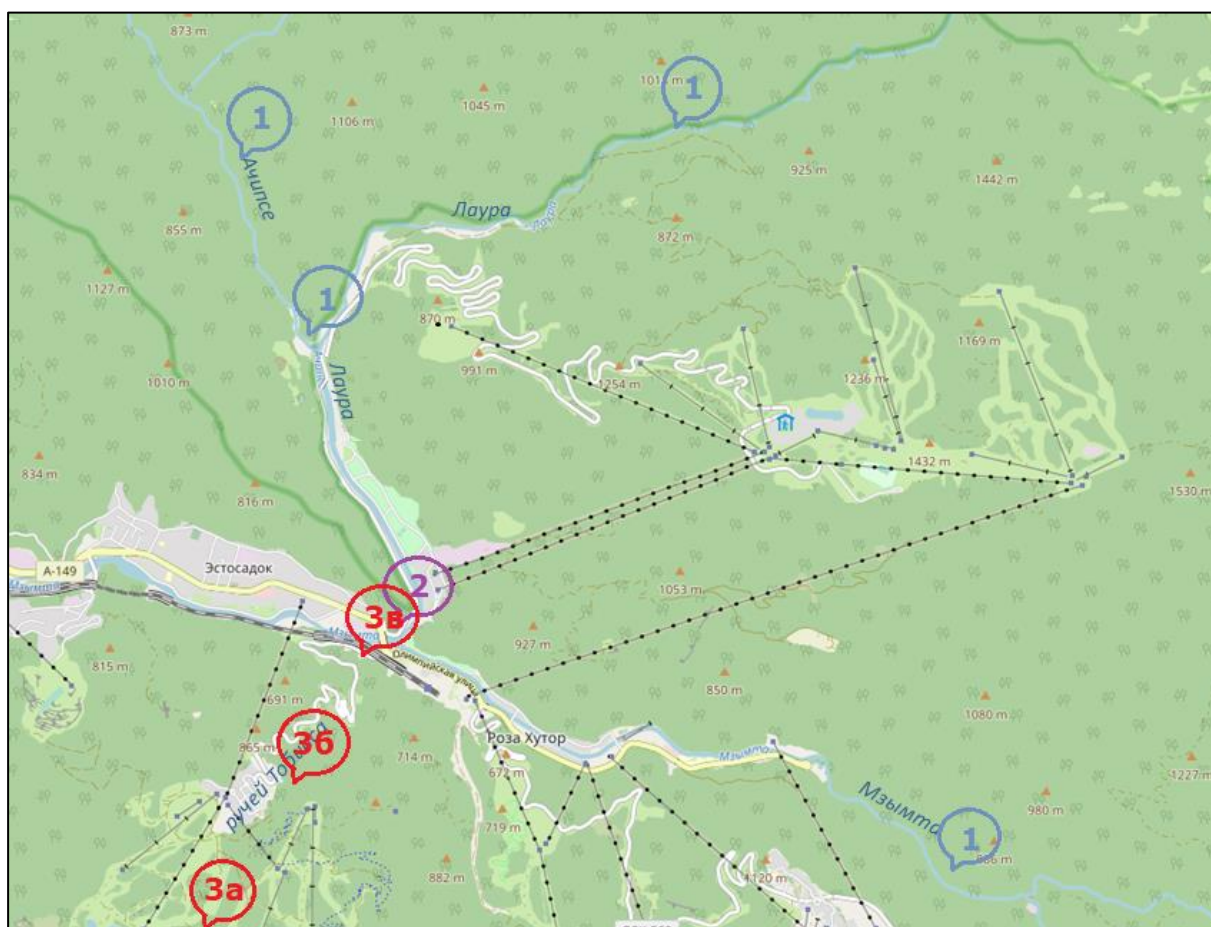


Рисунок – Станции отбора проб для оценки токсичности водной среды: 1 – участки рек горного кластера (р. Ачипсе, верхнее течение рек Лаура и Мзымта; 2 – устье р. Лаура при впадении в р. Мзымта; 3а – верхнее течение руч. Тобиаса; 3б – среднее течение руч. Тобиаса; 3в – нижнее течение руч. Тобиаса

В пробах участков рек горного кластера (р. Ачипсе, как в ее верхнем течении, так и на месте слияния с р. Лаура, в верхнем течении рек Лаура и Мзымта) токсичных свойств водной среды обнаружено не было как для дафний, так и для микроводорослей *Chlorella vulgaris*. Вода, отобранная на этих станциях, может служить контролем для экспериментов с водной средой других водотоков.

На устьевом участке реки Лаура в единичных пробах наблюдались достоверные отклонения от контроля в опытах с использованием одноклеточных водорослей с эффектом стимуляции роста численности клеток. Это свидетельствует о наличии в воде примесей, стимулирующих рост водорослей, предположительно, органического происхождения. Следует отметить, что в данном исследовании применялся только метод биотестирования, который для природных вод обычно является одним из элементов комплексной оценки, так как не всегда отображает сравнительно небольшие изменения в свойствах вод.

Однако в реке Лаура, на устьевом ее участке, изменения качества природных вод были зафиксированы авторами также при анализе макрозообентоса (Гудкова и др., 2018; Коверза, Горбунова, 2019).

Биотестирование природных вод ручья Тобиаса не выявило достоверных отклонений от контроля в экспериментах с дафниями. Однако в хроническом эксперименте с микроводорослями *Chlorella Vulgaris* были выявлены следующие отклонения от контрольной группы коэффициента прироста численности клеток водорослей: верхнее течение – 10,8% (не демонстрируя достоверных отклонений), среднее течение – 37,5%, устье – 47,6% (достоверные отклонения), что соответствует среднему уровню безопасности воды. В среднем течении и устье ручья Тобиас, протекающего по территории Курорта Красная Поляна, проявляется воздействие антропогенного фактора, связанного вероятно с поступлением органики и продуктов ее декомпозиции (например, фенолы в микроконцентрациях), вызывающих в эксперименте усиленный рост водорослей. Это явление становится причиной изменения химического состава воды (со временем и в реке Мзымта, в которую впадает ручей Тобиаса), рост и отмирание водорослей в устьевой части ручья нарушает естественный газообмен, вызывает недостаток кислорода, увеличение выноса органики в русло р. Мзымта.

Подобный сценарий развития можно прогнозировать для реки Лауры, в устьевой зоне бассейна которой расположен курорт «Газпром Лаура».

Выводы.

Водотоки данной группы характеризуются как наиболее экологически безопасные, в условиях интенсивной экспансии горных курортов и туристических центров на малонарушенные лесные территории, в том числе на особо охраняемые территории Кавказа, эти станции принимаются в качестве фоновых. Однако в ходе данной работы и в этих водотоках на антропогенно-освоенных участках были выявлены негативные проявления определенных нами критериев экологического состояния среды (например, достоверные отклонения от контроля в экспериментах с водорослями с эффектом стимуляции роста численности в некоторых пробах средних течений водотоков), что может расцениваться как ранние индикаторы нежелательных процессов динамики качества водной среды в них. Негативное воздействие хозяйственной деятельности, вызывающее эвтрофикацию водной среды, усиливается влиянием экзогенных геологических процессов бассейнов водотоков. Развитие туристической индустрии и расширение территорий, занятых ее объектами, неизменно влечет увеличение антропогенной нагрузки на особо охраняемые природные территории и малонарушенные лесные территории, в свою очередь фоновые участки водотоков тоже претерпят изменения и их месторасположение сдвинется вверх по течению, где пока отсутствует активная хозяйственная деятельность человека.

Список использованных источников

Горбунова Т.Л. Разработка и апробация мультиметрического биотического индекса для оценки экологического состояния рек на территории Большого Сочи //

Системы контроля окружающей среды. № 3(37). 2019. С. 51–59. DOI 10.33075/2220-5861-2019-3-51-59

ГОСТ Р 56236-2014 (ИСО 6341:2012) Вода. Определение токсичности по выживаемости пресноводных ракообразных *Daphnia magna* Straus. Национальный Стандарт Российской Федерации. Вода. Дата введения 2016-01-01. 40 с.

Гудкова Н.К. Идентификация факторов негативного влияния на водные экосистемы в условиях расширения курортов в Сочинском регионе // Успехи современного естествознания. № 9. 2020. С. 46–51. DOI 10.17513/use.37469

Гудкова Н.К. Геохимические аномалии и риски загрязнения водных экосистем в условиях расширения горных курортов Сочи // Устойчивое развитие особо охраняемых природных территорий: сборник статей VIII Всероссийской (национальной) научно-практической конференции (7–9 октября 2021, Сочи). Сочи: ГКУ КК «Природный орнитологический парк в Имеретинской низменности», Донской издательский центр, 2021. С. 105–109.

Гудкова Н.К. Исследование факторов негативного влияния на водные ресурсы при расширении горных курортов большого Сочи // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа: Коллективная монография по материалам XI Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Том XII. Москва: Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН. 2022. С. 388–393.

Гудкова Н.К. Ранжирование опасных геологических процессов по характеру воздействия на водосборы горных рек // Устойчивое развитие особо охраняемых природных территорий. Том 9: Сборник статей IX Всероссийской (национальной) научно-практической конференции (6–8 октября 2022, Сочи). Сочи: ГКУ КК «Природный орнитологический парк в Имеретинской низменности», Донской издательский центр, 2022. С. 146–150.

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 территорий. Т. 10, № 1(35). 2018. С. 23–34. DOI 10.21177/1998-4502-2018-10-1-23-34

Гудкова Н.К., Горбунова Т.Л., Матова Н.И. Учет влияния геологических процессов бассейнов рек в интегрированном управлении водными ресурсами // Фундаментальные исследования. № 9. 2021. С. 21–25. DOI 10.17513/fr.43088

Гудкова Н.К., Горбунова Т.Л., Матова Н.И. Исследование влияния геологических факторов на биологические сообщества природного водотока на примере реки Мзымта // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. № 3. 2022. С. 23–33. DOI 10.17308/geo/1609-0683/2022/3/23-33

Коверза Л.А., Горбунова Т.Л. Изучение факторов, влияющих на развитие и трофические взаимосвязи гидробиоценозов в реке Лаура на территории горного рекреационно-курортного кластера Сочи // Системный подход к рациональному природопользованию регионов России. Материалы научно-практической конференции. 2019. С. 63–67.

Строганов Н.С. Методика определения токсичности водной среды // Методики биологических исследований. М. 1971. С. 14–60.

Xu R., Pei Z.T., Wang W.Q., Zhang M., Zhang L.L., Zhang J., Wang W.Q., Sun L.W., Zhang Y.M. Assessment of biological toxicity and ecological safety for urban Black-Odor river remediation // Environmental research and public health. Feb 6; 17(3):1025. 2020. P. 143–152. doi: 10.3390/ijerph17031025