

Исследование влияния геологических факторов на биологические сообщества природного водотока на примере реки Мзымта

Н. К. Гудкова, Т. Л. Горбунова ✉, Н. И. Матова

Филиал Института природно-технических систем, Российская Федерация
(354024, г. Сочи, Курортный пр., 99/18)

Аннотация. Цель – определение и анализ влияния основных геологических факторов, выявленных для исследуемой территории, на структуру и жизнедеятельность речных биоценозов на примере реки Мзымта.

Материалы и методы. Исследование носит мультидисциплинарный характер и включает в себя методы геологии – при определении и систематизации опасных геологических процессов и факторов техногенеза на основе сбора, обобщения и анализа архивных, фондовых и публичных материалов геологических, геохимических, геофизических изысканий и рекогносцировочного обследования бассейна реки Мзымта, а также биологии – при определении воздействия этих факторов и их комплексов на сообщества гидробионтов в исследуемом водном объекте методами биоиндикации и биотестирования.

Результаты и обсуждение. Идентифицированы три основные группы геологических факторов, оказывающих значительное негативное воздействие на биотопы водотока: экзогенные геологические процессы, локальные геохимические аномалии и техногенез. Анализ физико-химических показателей качества воды показал, что, в основном, негативное воздействие геологических процессов заключается в повышении концентраций взвешенных веществ, заиления донного субстрата и повышении содержания растворенных загрязнителей в речной воде, что приводит к нарушению структуры и деградации гидробиоценозов.

Выводы. Использование биологических методов позволило выявить степень влияния идентифицированных геологических факторов на сообщества гидробионтов, а также установить наличие синергизма их воздействия на функционирование биологических систем водотока.

Ключевые слова: экзогенные геологические процессы, локальная гидрохимическая аномалия, техногенные факторы, гидробиоценоз, макрозообентос, биоиндикация, биотестирование, интегрированное управление водными ресурсами.

Для цитирования: 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*, 2022, № 3, с. 23-33. DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2022/3/23-33>

ВВЕДЕНИЕ

Весомыми факторами загрязнения водотоков и прибрежной полосы моря в районе интенсивно развивающейся курортной агломерации Сочи являются изучаемые авторами последствия строительства объектов крупных инвестиционных проектов (например, функциональных сооружений и объектов инфраструктуры для проведения Зимних Олимпийских игр – 2014, горнолыжных курортов «Роза Хутор», «Красная поляна», «Газпром») [6, 7, 9, 11]), освоения природных

территорий в долинах рек с уничтожением природных лесных массивов [2], неадекватные практики утилизации промышленных и бытовых отходов и землепользования [10, 14], разработки грунтов в руслах рек, активизации опасных геологических процессов [8, 18]. Для объективной оценки антропогенной нагрузки на водоем необходим интегральный подход, использующий как технологические, гидрологические и физико-химические данные, так и биологический анализ стоков в принимающий их водоем, позволяющий

© Гудкова Н. К., Горбунова Т. Л., Матова Н. И., 2022

✉ Горбунова Татьяна Львовна, e-mail: tatianashaw@mail.ru



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

определить комплексное воздействие загрязнителей на природные биоценозы.

Данное исследование представляет собой очередной этап формирования инструмента интегрированного управления водными ресурсами (ИУВР). Его сущность состоит в применении научно-обоснованной методики оперативной интерпретации данных об экологическом состоянии реки, полученных с помощью интегральных биоиндикаторов, отражающих динамику процессов в биологических сообществах водотока, в совокупности с методами управления качеством водных ресурсов [5]. В соответствии с концепцией ИУВР, необходимо учитывать влияние геологических процессов, происходящих в бассейне реки, на состояние ее гидробиоценозов, условия водопользования и интересы заинтересованных сторон.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Задача исследования решалась на основе сбора, обобщения и анализа архивных, фондовых и публичных материалов геологических, геохимических и геофизических изысканий и других доступных данных мониторинга окружающей среды объекта исследования – бассейна реки Мзымта (Краснодарский край, город Сочи). Использовались материалы комплексных геологических и геоэкологических изысканий Северо-Кавказского геоэкологического центра Государственного унитарного предприятия «Кубаньгеология» за период с 2000 по 2005 годы, проводившихся под руководством одного из авторов статьи. На основе обобщения и анализа совокупности собранных данных, методом экспертной оценки, была проведена идентификация наиболее значимых геологических факторов негативного влияния на водные экосистемы. В период 2016-2019 годов авторами проводились полевые работы в долине и русле реки Мзымта. Для определения комплексного воздействия выявленных геологических и техногенных факторов на экосистему реки были применены методы биоиндикации и биотестирования. Биоиндикация использовалась для оценки воздействия на донные биоценозы, а биотестирование – для определения изменения уровня токсичности речной воды в присутствии повышенного содержания взвешенных веществ.

Процентная доля наиболее чувствительных к загрязнению организмов ЕРТ (*Ethemeroptera*, *Plecoptera*, *Tricoptera*), относящихся к макрозообентосу и являющихся общепризнанным индикатором загрязнения природных вод, и биотический

индекс QMCI, являющийся показателем эфтрофикации, были определены на основе анализа сообщества макрозообентоса в соответствии с общепринятой методикой [1].

В 2020 году нами были протестированы 7 проб воды реки Мзымта в ее устьевой зоне (50 м ниже железнодорожного моста в Адлере) в хронических токсикологических экспериментах (14 суток) с использованием дафний (*Ceriodaphnia Affinis* L.). Пробы тестировались в двух вариациях: 1) натуральная речная вода без фильтрации, содержащая, помимо определенных гидрохимическим анализом растворенных примесей, тонкодисперсную трудноосаждаемую взвесь; 2) вода той же пробы, профильтрованная через обеззоленную фильтровальную бумагу «Синяя лента» марки ФМ с размером пор 2-3 мкм [15]. Фильтр «Синяя лента» использовался в данных экспериментах для того, чтобы изучить эффект коллоида, образующегося в водах данного водотока из-за тонкодисперсной взвеси, не отфильтровываемой через фильтр «Белая лента» и обусловленной характером горных пород в зоне водостока реки. Крупнодисперсных взвешенных веществ в исследуемых пробах не наблюдалось. Целью данного опыта было установление эффекта суммации при наличии в пробе некоторых растворенных потенциально токсичных примесей и образовании в ней мелкодисперсной взвеси, наблюдающейся в водотоке длительное время при техногенных нагрузках.

Анализ физико-химических параметров производился в лаборатории специализированного центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Черного и Азовского морей (СЦГМС ЧАМ) в соответствии с методическими указаниями, принятыми в службе Росгидромета РФ [13].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенного анализа были идентифицированы три группы геологических факторов, потенциально оказывающих наиболее негативное воздействие на биотопы реки Мзымта (табл. 1).

Влияние химических и физических факторов, воздействующих на естественный водоем, вызывает реакции гидробионтов на организменном уровне, а при повторяющихся или постоянных воздействиях – приводит к необратимым изменениям гидробиоценозов. Химические и физические факторы могут взаимно влиять на степень и характер воздействия. Поэтому включение биологических методов в систему контроля сложных по составу стоков, поступающих в водный объект, позволяет

Геологические факторы негативного влияния и его последствия для водных экосистем
[Table 1. Geological factors of negative impact and its consequences for aquatic ecosystems]

Факторы / Factors	Последствия / Consequences
Экзогенные геологические процессы (оползни, сели, эрозия, осыпи, карст и др.)	Увеличение мутности вод за счет взвешенных веществ, заиление донного субстрата, увеличение концентраций загрязнителей в воде, аккумуляция токсикантов и биогенов в донных осадках
Локальные геохимические аномалии	Загрязнение воды и донных осадков растворенными в воде примесями
Техногенез	Взвешенные вещества, заиление дна, загрязнение воды и донных осадков растворенными в воде примесями

оценить влияние опасных факторов в комплексе, учитывая не только наличие различных токсикантов, например, солей тяжелых металлов, но и их реальное совокупное воздействие на среду в присутствии дополнительных факторов.

В естественных условиях в реках концентрации взвешенных веществ зависят, в основном, от скорости течения. Уровень содержания взвешенных веществ может периодически возрастать из-за воздействия геологических факторов, обозначенных выше. Хотя концентрации взвешенных веществ могут достигать в реках летального уровня только на сравнительно короткое время, было выявлено, что их сублетальные концентрации влияют на качественный и функциональный состав гидробиоценозов, пути миграции и жизнедеятельность некоторых видов рыб, специфичных для реки Мзымта. Кроме того, в присутствии техногенных факторов, таких как строительство, вырубка лесов по берегам, карьеры в русле реки, увеличение объема ливневых вод и др., частота загрязненных стоков в водоток и концентрация в воде мелкодисперсных взвешенных веществ увеличивается. Это приводит к изменению естественных условий, при которых сформировались биоценозы реки.

Отмечается, что малоподвижные бентосные организмы и водофильтрующие ракообразные являются наиболее чувствительными биомаркерами к такому типу загрязнения. Мелкодисперсная взвесь в воде вызывает у этих гидробионтов засорение фильтрационного аппарата, увеличение массы тела и, как следствие, нарушение способности плавания. Выявлено, что единичный сброс, создающий концентрацию взвешенных веществ 30 мг/л и сохраняющийся в воде в течение часа, может привести к потере 0,4 % зоопланктона за счет снижения интенсивности питания. Результаты экспериментов демонстрируют, что такие

факторы, как физические характеристики воды способны изменить реакцию гидробионтов на различные загрязнители и влияют на их выживаемость и плодовитость [16].

Физико-химические характеристики. По результатам многолетнего мониторинга гидрохимических и физических показателей качества воды реки Мзымта, осуществляемого лабораторией СЦГМС ЧАМ, выявлено, что основными загрязнителями этого водотока являются трудноокисляемые (по ХПК) и легкоокисляемые (по БПК₅) органические вещества, ряд тяжелых металлов (железо, ртуть, кадмий, медь, цинк) и относительно высокие концентрации взвешенных веществ (табл. 2). Вода реки Мзымта оценивается службой Росгидрометеорологии как «слабо загрязненная» [12]. Одним из основных факторов, изменяющим состав водной среды, является наличие естественных геохимических аномалий в долине водотока, обуславливающих поступление в реку ионов тяжелых металлов. Однако в условиях активизации техногенных процессов, описанных выше, поступление в водоток соединений металлов существенно увеличилось за последние годы.

В таблице 2 представлены характеристики натуральных проб речной воды. После фильтрации концентрации растворенных загрязнителей оставались теми же, в то время как взвешенные вещества удалялись из тестируемой пробы. Основными загрязнителями в пробах являются металлы (железо, медь, алюминий, марганец), а также взвешенные и биогенные вещества, что типично для данного участка.

Биоиндикация. Результаты исследований, проведенных авторами в период 2016-2019 годов на реке Мзымта, указывают на высокую зависимость процентной доли организмов ЕРТ от степени заиления донного субстрата (коэффициент корреляции по Пирсону – 0,87 при n=64) (рис. 1) [4, 17].

Физико-химические параметры, определенные в пробах воды устьевой зоны реки Мзымта, 2020 год
 [Table 2. Physical and chemical parameters, determined in the water samples from mouth zone of the Mzymta River, 2020]

№ пробы / Sample №	Степень заиления (ранг 1-5) / Siltting degree (range 1-5)	Прозрачность (см) / Clarity (cm)	Температура (град, C) / Temperature (deg.,C)	Взвешенные (мг/л) / Suspended solids (mg/l)	pH	Растворенный кислород мг/л / Oxygen desolved (mg/l)	БПК5 (мг/л) / BOD (mg/l)	Азот аммонийный (мг/л) / Nitrogen of ammonia (mg/l)	Азот нитритов (мг/л) / Nitrogen of nitrites (mg/l)	Азот нитратов (мг/л) / Nitrogen of nitrates (mg/l)	Фосфаты (мг/л) / Phosphates (mg/l)	Биогены общ. (мг/л) / Total nutrients (mg/l)	Фосфор общий (мг/л) / Total phosphorous (mg/l)	Железо общ. (мг/л) / Total Iron (mkg)	Медь (мг/л) / Copper (mkg/l)	Алюминий (мг/л) / Aluminium (mkg/l)	Марганец (мг/л) / Manganese (mkg/l)	Нефтепродукты (мг/л) / Carbone oil (mkg/l)
1	3	11	10,5	42	8,4	8,48	0,44	0,015	0,014	0,253	0,02	0,302	0,02	124	5,1	58,3	10,8	0,03
2	4	5	7,8	55,2	8,4	10,35	2,63	0,058	0	0,543	0,002	0,603	0,008	143	4,8	196,2	13,1	0,01
3	3	14	8,6	28	8,2	11,1	1,6	0,011	0,001	0,363	0,004	0,379	0,036	128	5,3	23,1	11,1	0
4	5	1	14	610	8,3	9,2	1,7	0,025	0,034	0,243	0,0009	0,3029	0,012	181	3,7	63	14,2	0,5
5	3	12	16,2	60,2	8,2	8,2	2	0,042	0,02	0,22	0,0011	0,2831	0,02	125	5	94,7	13,1	0,03
6	3	16	12,3	23,2	8,1	8,9	1,5	0,03	0,018	0,26	0,002	0,31	0,008	117	3,5	19,4	13,7	0,01
7	2	24	10	11	8,1	8,5	2,4	0,02	0,02	0,18	0,002	0,222	0,004	105	4,2	10,2	9,8	0

Эта закономерность объясняется не только способностью мелкодисперсной взвеси, попадающей в водный объект, в процессе седиментации аккумулировать в себе токсиканты и биогены различного происхождения, но и деградацией природного донного субстрата. Гидробионты реки Мзымта, являющейся водотоком горной ритрала, приспособлены к каменистому дну, быстрому течению и высокому насыщению воды кислородом. Макрозообентос реки представлен, в основном, прикрепленными животными, соскребателями, питающимися диатомеями, населяющими поверхность камней, и хищниками. При заиления субстрата эти группы гидробионтов теряют как места обитания, так и источник пищи, т.к. диатомовые водоросли не могут существовать на загрязненном субстрате из-за отсутствия света и доступа к растворенным в воде питательным веществам [4].

Кроме того, заиление донного субстрата и содержание биогенных веществ в воде влияют на биотические индексы сапробности по Пантле и Букку (коэффициент корреляции по Пирсону – 0,86 и 0,72 соответственно) и QMCI (коэффициент корреляции по Пирсону – 0,84 и 0,78 соответственно). Оба указанных индекса являются индикатором толерантности исследуемого биологического сообщества к загрязнению биогенными веществами и эвтрофикации водоема. В работах [3, 4, 17] отражена динамика деградации водотока реки Мзымта от верхнего течения к устью, где оба этих фактора играют ключевую роль и усиливают воздействие друг друга в соответствии с эффектом адитивности. На рисунке 2 показана зависимость биотического индекса QMCI от степени заиления донного субстрата реки и суммарного содержания биогенов в воде.

Биотестирование. В таблице 3 приведены результаты эксперимента по определению хронической токсичности в обеих группах проб: с натуральной речной водой, содержащей взвешенные вещества, и теми же пробами после фильтрации.

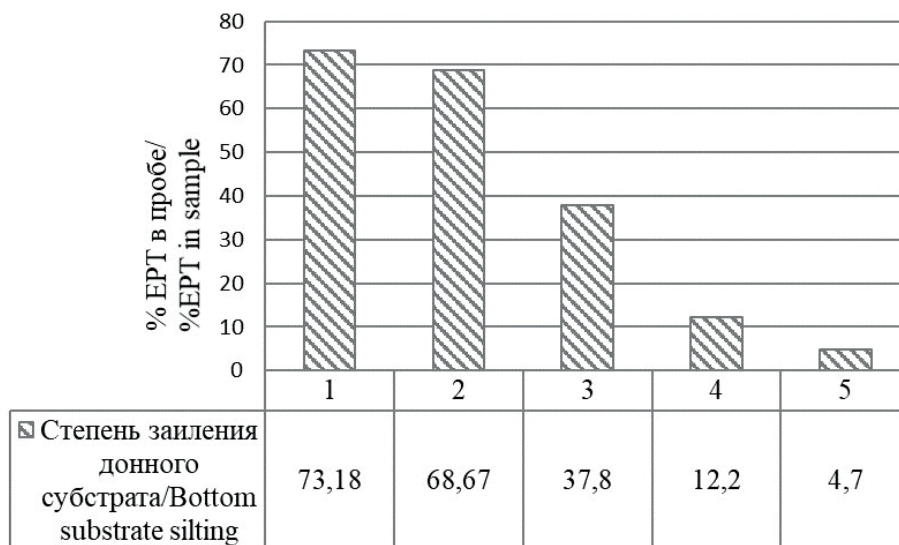


Рис. 1. Зависимость процентной доли группы ERT в пробах реки Мзымта в зависимости от степени заиления донного субстрата (по оси X – степень заиления донного субстрата от 1 (незначительное заиление) до 5 (мощные иловые отложения))

[Fig. 1. The dependence of the ERT group proportion in the samples of the Mzymta River on the degree of the bottom substrate siltation (on the X axis - the degree of the bottom substrate siltation from 1 (slight siltation) to 5 (heavy silt deposits))]

Таблица 3

Сравнение показателей хронической токсичности проб реки Мзымта без фильтрации и после фильтрации

[Table 3. Comparison of chronic toxicity parameters of unfiltered samples and samples after filtration in the Mzymta River]

№ пробы / Sample №	Хронический эксперимент с <i>Ceriodafnia Affinis</i> / Chronic experiment with <i>Ceriodafnia Affinis</i>							
	Натуральная проба без фильтрации / The natural sample unfiltered				Проба после фильтрации / The sample after filtration			
	LT ₅₀	LC ₅₀	LC ₁₀₀	Плодовитость / Reproductivity	LT ₅₀	LC ₅₀	LC ₁₀₀	Плодовитость / Reproductivity
1				токс.				
2	12	1,6	3	токс.				
3								
4	9,5	2	3,3	токс.	12	1,4	2,3	токс.
5	11,5	1,2	1,8	токс.	13,5	1,2	1,8	токс.
6								
7								
Уровень показателей токсичности / Level of toxicity parameters	11	1,6	2,7	4 пробы	12,8	1,3	2,1	2 пробы

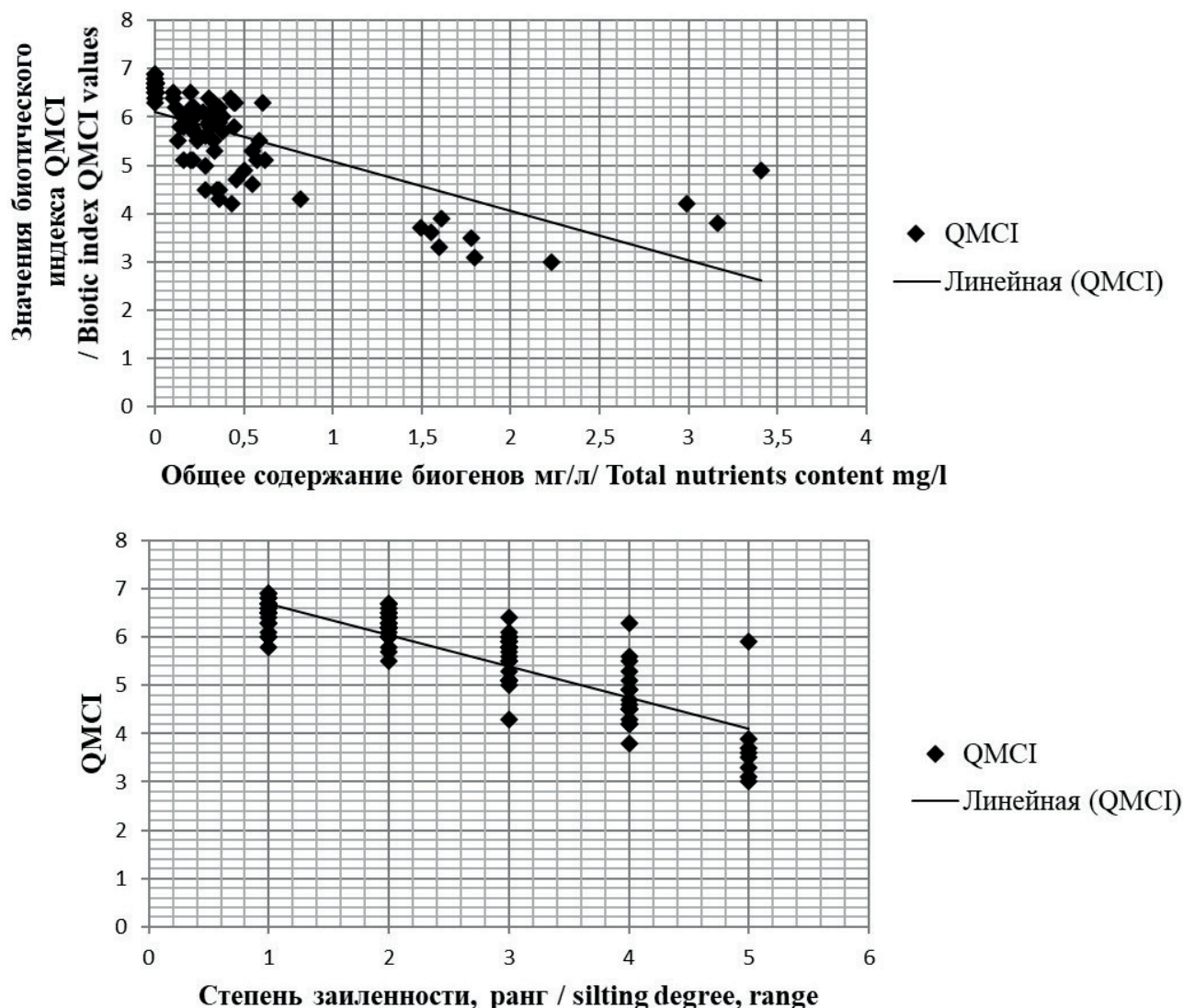


Рис. 2. Линейная зависимость биотического индекса QMCI от общего содержания биогенов и степени заиления донного субстрата в реке Мзымта
 [Fig. 2. Linear dependence of the biotic QMCI index on the total nutrients content and the degree of the bottom substrate siltation in the Mzymta River]

Отмечено, что после удаления тонкодисперсной взвеси путем фильтрации степень токсичности проб снизилась. Увеличилось полулетальное время экспозиции с 11 суток в натуральной пробе до 12,8 суток в пробе после фильтрации. Снизились показатели полулетального и летального разбавления пробы с 1,6 и 2,7 раз соответственно в пробе, содержащей взвесь, до 1,3 и 2,1 раз соответственно в профильтрованной пробе. Кроме того в серии из 7 проб без фильтрации 4 пробы демонстрировали хроническую токсичность по плодовитости цериодафний, в то время как в профильтрованной пробе таких случаев было два (рис. 3). Как видно на графике, наибольшее изменение токсичных свойств в присутствии взвешенных веществ наблюдается для функции пло-

довитости цериодафний. Если из числа профильтрованных проб только 2 показали достоверные отклонения от контроля по плодовитости, то в пробах, содержащих взвешенные вещества, таких проб было 4.

Результаты тестирования подтверждают, что воздействие на гидробионты фактора гидрохимической аномалии, проявляющееся в виде растворенных в воде токсикантов, усиливается действием других факторов – экзогенных геологических и техногенных процессов, обуславливающих наличие повышенного содержания в воде взвешенных веществ. Следовательно, при разработке методики комплексного экологического мониторинга состояния природного водотока, а также в процессе принятия решений в области природопользования

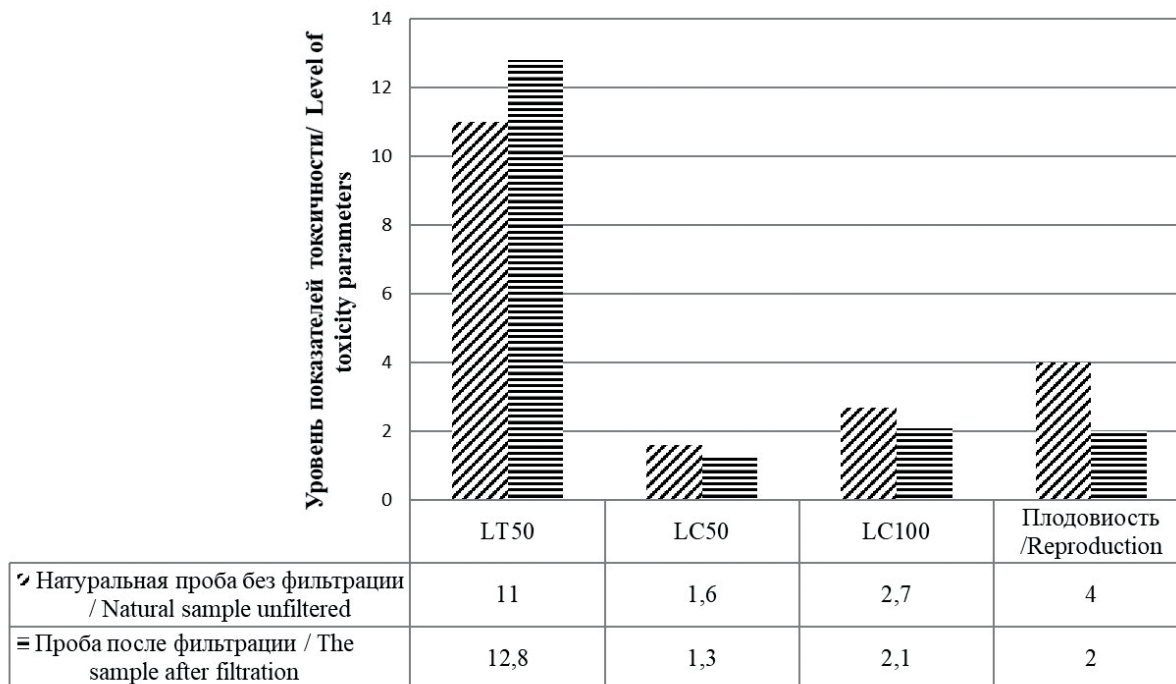


Рис. 3. Сравнение показателей хронической токсичности проб реки Мзымта без фильтрации и после фильтрации

[Fig. 3. Comparison of chronic toxicity parameters of unfiltered samples and samples after filtration in the Mzymta River]

в бассейне водного объекта, необходимо принимать во внимание характер и степень воздействия вышеперечисленных факторов на природные гео-биоценозы, учитывая их синергизм.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования было идентифицировано и проанализировано воздействие наиболее значимых геологических факторов в бассейне исследуемой реки на характеристики качества водной среды.

Определено, что негативное экологическое воздействие техногенных процессов заключается не только в изменении ее физико-химических параметров, таких как повышения концентраций взвешенных веществ, в том числе мелкодисперсных, некоторых токсикантов и биогенов в природном водотоке, но и в пролонгации их воздействия на гидробиоценозы по сравнению с естественным уровнем, а также аккумуляции загрязнителей и заилении донных субстратов. Это является причиной изменения свойств среды обитания в водотоке и, как следствие, нарушения качественной и функциональной структуры естественных гидробиоценозов.

В ходе работы был выявлен эффект синергизма нескольких геологических факторов воздействия на гидробионтов. Например, воздействие фактора гидрохимической аномалии на водные

организмы усиливается наличием повышенного содержания мелкодисперсной взвеси, обусловленной как экзогенными геологическими процессами, так и техногенезом.

Выявленные закономерности представляют основу для разработки системы принятия обоснованных управленческих решений в сфере природопользования и охраны окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абакумов В. А. *Руководство по методам гидро-биологического анализа поверхностных вод и донных отложений*. Ленинград: Гидрометеиздат, 1983. 240 с.
2. Битюков Н. А., Шагаров Л. М. Влияние рубок главного пользования на водный баланс малых водосборов в буковых лесах северо-западного Кавказа // *Лесоведение*, 2020, № 4, с. 314-326. DOI: 10.31857/S0024114820040026.
3. Горбунова Т. Л. Анализ трансформации гидробиоценозов рек в регионах с рекреационно-туристской специализацией // *Сборник материалов I Международной научной конференции «Актуальные направления сбалансированного развития горных территорий в контексте междисциплинарного подхода»*, 2019, с. 232–237.
4. Горбунова Т. Л. Зонирование водотока реки Мзымта на основе интегральной оценки экологического здоровья ее гидробиоценозов // *Сборник статей VII Всероссийской (национальной) научно-практической конференции «Устойчивое развитие особо охраняемых природных территорий»*, 2020, с. 104–114.

5. Горбунова Т.Л., Матова Н.И. Методология мониторинга и управления экологическим состоянием рек с использованием интегральных биоиндикаторов и методов управления качеством // *Устойчивое развитие горных территорий*, 2020, т. 12, № 4 (46), с. 483-492. DOI: 10.21177/1998-4502-2020-12-4-483-492
6. Гудкова Н.К. Возможные экологические последствия активизации опасных экзогенных геологических процессов при реализации планов развития рекреационно-туристских территорий в сочинском регионе // *Сборник научных статей по материалам II научно-практической конференции «Экологические проблемы и стратегия устойчивого развития агломерации город-курорт Сочи»*, 2016, с. 141-146.
7. 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. DOI: 10.17513/use.37469. DOI: 10.17513/use.37469
8. Гудкова Н.К. Методы совершенствования механизмов управления рисками активизации опасных геологических процессов для устойчивого развития горных территорий // *Грозненский естественнонаучный бюллетень*, 2018, т. 3, № 4 (12), с. 39-46. DOI: 10.25744/genb.2018.12.4.005
9. Гудкова Н.К. Мониторинг геологической среды олимпийских объектов в Сочи // *Системы контроля окружающей среды*, 2016, № 3 (23), с. 130-133.
10. Гудкова Н.К., Горбунова Т.Л. Оценка влияния стоков адлерского полигона твердых коммунальных отходов на биоценозы реки Херота // *Системы контроля окружающей среды*, 2017, № 9 (29), с. 115-121.
11. 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*, 2018, т. 10, № 1 (35), с. 23-34. DOI: 10.21177/1998-4502-2018-10-1-23-34
12. *Ежегодник качества поверхностных вод Российской Федерации*. 2016. – URL: www.gidrohim.com (дата обращения: 02.02.2022). – Текст: электронный.
13. РД 52.24.309-2011. *Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши*. Ростов-на-Дону: Гидрометеониздат, 2011. 26 с.
14. Туманова А.Л., Гудкова Н.К., Горбунова Т.Л., Пачулия Е.Р. Возможности и предпосылки утилизации отходов карьеров на Черноморском побережье с использованием биологических методов // *Успехи современного естествознания*, 2019, № 10, с. 120-125.
15. ФР.1.39.2007.03221. *Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости цериодафний*. Биологические методы контроля. Москва: Акварос, 2007. 56 с.
16. Francisco D., Elias M., Francis A. et al. Chronic toxicity bioassay with *Ceriodaphnia Dubia*: an evaluation of toxicity test-based approach for determination the sources of chronic toxicity and evaluation of culture dilution water and diet as determinants of test outcomes // *Materials of Water Resouce research Institute*. – URL: <http://www.ncsu.edu/wrri/reports/summaries/276.html> (accessed 20.02.2022). – Text: electronic.
17. Gorbunova T.L. Analysis of toxicity of iron-titanium opencast mining and concentration site discharge // *Actual problems of humanitarian and natural science*, 2017, vol. 6, pp. 7-16.
18. Gudkova N.K. Identification and ranking of environmental impacts intensify geological processes in the recreational and tourist regions of Southern Russia // *European Geographical Studies*, 2016, vol. 12, no. 4, pp. 141-151.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 11.03.2022

Принята к публикации 05.09.2022

Study of the Influence of Geological Factors on the Biological Communities of a Natural Watercourse on the Example of the Mzymta River

N. K. Gudkova, T. L. Gorbunova , N. I. Matova

*Branch of Institute of Natural and Technical systems, Russian Federation
(99/18, Kurortny ave., Sochi, 354024)*

Abstract. The purpose is to determine and analyze the influence of the main geological factors, identified for the study area, on the structure and vital functions of river biocenoses on the example of the Mzymta River.

The research has a multidisciplinary character. It includes methods of geology - at definition and systematization of dangerous geological processes and factors of a technogenesis on the basis of gathering, generalization and the analysis of archival, stock and public materials of geological, geochemical, geophysical researches and reconnaissance inspection of the Mzymta River basin, and also biology - at definition of influence of these factors and their complexes on hydrobiont communities in researched water body by methods of bioindication and biotesting.

Results and discussion. Three main groups of geological factors with significant negative impact on watercourse biotopes were identified: exogenic geological processes, local geochemical anomalies and technogenesis. Analysis of physico-chemical indicators of water quality showed that, mainly, the negative impact of geological processes is an increase in concentrations of suspended substances, siltation of bottom substrate and increased content of dissolved pollutants in the river water, which leads to a violation of the structure and degradation of hydrobiocenoses.

Conclusions. The use of biological methods revealed the degree of influence of the identified geological factors on hydrobiont communities and the presence of synergistic effects on the functioning of watercourse biological systems.

Key words: exogenous geological processes, local hydrochemical anomaly, anthropogenic factors, hydrobiocenosis, macrozoobenthos, bioindication, biotesting, integrated water resources management.

For citation: Gudkova N. K., Gorbunova T. L., Matova N. I. Study of the Influence of Geological Factors on the Biological Communities of a Natural Watercourse on the Example of the Mzymta River. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Geografiya. Geoekologiya*, 2022, no. 3, pp. 23-33 (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2022/3/23-33>

REFERENCES

1. Abakumov V.A. *Rukovodstvo po metodam gidrobiologicheskogo analiza poverkhnostnykh vod i donnykh otlozheniy* [Guidelines on methods of hydrobiological analysis of surface waters and bottom sediments]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1983. 240 p. (In Russ.)
2. Bityukov N.A., Shagarov L.M. Vliyanie rubok glavnogo pol'zovaniya na vodnyy balans malykh vodosborov v bukovykh lesakh severo-zapadnogo Kavkaza [Final Cuttings Impact on the Water Balance in Beech Forests of the Small Hydrological Basins of North-Western Caucasus]. *Lesovedenie*, 2020, no. 4, pp. 314-326. (In Russ.) DOI: 10.31857/S0024114820040026
3. Gorbunova T.L. Analiz transformatsii gidrobiotsenozov rek v regionakh s rekreatsionno-turistskoy spetsializatsiyey [The analysis of mountain rivers hydrobiocenoses transformation in areas with recreation and tourism specialization]. *Sbornik materialov I Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii «Aktual'nye napravleniya sbalansirovannogo razvitiya gornyykh territoriy v kontekste mezhdistsiplinarnogo podkhoda»*, 2019, pp. 232-237. (In Russ.)
4. Gorbunova T.L. Zonirovanie vodotoka reki Mzymta na osnove integral'noy otsenki ekologicheskogo zdorov'ya ee gidrobiotsenozov [Zoning of the Mzymta river watercourse on the basis of an integrated assessment of the ecological health of its hydrobiocenoses]. *Sbornik statey*



VII Vserossiyskoy (natsional'noy) nauchno-prakticheskoy konferentsii «Ustoychivoe razvitiye osobo okhranyaemykh prirodnykh territoriy», 2020, pp. 104–114. (In Russ.)

5. Gorbunova T.L., Matova N.I. Metodologiya monitoringa i upravleniya ekologicheskimi sostoyaniyami rek s ispol'zovaniem integral'nykh bioindikatorov i metodov upravleniya kachestvom [Monitoring and management of the river's ecological state methodology using integral biomarkers and Quality Management methods]. *Ustoychivoe razvitiye gornyykh territoriy*, 2020, vol. 12, no. 4 (46), pp. 483–492. (In Russ.) DOI: 10.21177/1998-4502-2020-12-4-483-492

6. Gudkova N.K. Vozmozhnye ekologicheskie posledstviya aktivizatsii opasnykh ekzogennykh geologicheskikh protsessov pri realizatsii planov razvitiya rekreatsionno-turistskikh territoriy v sochinskom regione [Possible environmental consequences of the activation of dangerous exogenous geological processes in the implementation of plans for the development of recreational and tourist areas in the Sochi region]. *Sbornik nauchnykh statey po materialam II nauchno-prakticheskoy konferentsii «Ekologicheskie problemy i strategiya ustoychivogo razvitiya aglomeratsii gorodkurort Sochi»*, 2016, pp. 141–146. (In Russ.)

7. Gudkova N.K. Identifikatsiya faktorov negativno vliyaniya na vodnye ekosistemy v usloviyakh rasshireniya kurortov v sochinskom regione [Identification of factors of negative impact on aquatic ecosystems in the context of the expansion of resorts in the Sochi region]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, 2020, no. 9, pp. 46–51. (In Russ.) DOI: 10.17513/use.37469

8. Gudkova N.K. Metody sovershenstvovaniya mekhanizmov upravleniya riskami aktivizatsii opasnykh geologicheskikh protsessov dlya ustoychivogo razvitiya gornyykh territoriy [Methods of improving risk management mechanisms for the activation of dangerous geological processes for sustainable development of mountain territories]. *Groznenskiy estestvennonauchnyy byulleten'*, 2018, vol. 3, no. 4 (12), pp. 39–46. (In Russ.) DOI: 10.25744/genb.2018.12.4.005

9. Gudkova N.K. Monitoring geologicheskoy sredy olimpiyskikh ob'ektov v Sochi [Monitoring of the geological environment of Olympic facilities in Sochi]. *Sistemy kontrolya okruzhayushchey sredy*, 2016, no. 3 (23), pp. 130–133. (In Russ.)

10. Gudkova N.K., Gorbunova T.L. Otsenka vliyaniya stokov adlerskogo poligona tverdykh kommunal'nykh otkhodov na biotsenozy reki Kherota [Assessment of impact of adlersky landfill of solid municipal waste effluent to the river Herota biocenoses]. *Sistemy kontrolya okruzhayushchey sredy*, 2017, no. 9 (29), pp. 115–121. (In Russ.)

11. Gudkova N.K., Gorbunova T.L., Lyubimtsev A.L. Identifikatsiya ekologicheskikh riskov, svyazannykh s razvitiem rekreatsionno-turisticheskikh regionov Chernomorskogo poberezh'ya Kavkaza na primere kompleksnoy otsenki eko-

sistemy gornoy reki Laura [The identification of the ecological risks concerning the recreation-tourist regions development of the Caucasian Black Sea shore using the complex estimation of the mountain river Laura ecosystem]. *Ustoychivoe razvitiye gornyykh territoriy*, 2018, vol. 10, no. 1 (35), pp. 23–34. (In Russ.) DOI: 10.21177/1998-4502-2018-10-1-23-34

12. *Ezhegodnik kachestva poverkhnostnykh vod Rossiyskoy Federatsii*. 2016. – URL: www.gidrohim.com (accessed: 02.02.2022). – Text: electronic. (In Russ.)

13. *RD 52.24.309-2011. Organizatsiya i provedeniye rezhimnykh nablyudeniy za sostoyaniem i zagryazneniem poverkhnostnykh vod sushy* [Organization and conduct of routine observations of the state and pollution of surface waters of the land]. Rostov-on-Donu: Gidrometeoizdat, 2011. 26 p. (In Russ.)

14. Tumanova A.L., Gudkova N.K., Gorbunova T.L., Pachuliya E.R. Vozmozhnosti i predposylki utilizatsii otkhodov kar'erov na Chernomorskom poberezh'e s ispol'zovaniem biologicheskikh metodov [Opportunities and prerequisites for quarries waste utilization on the Black Sea coast using biological methods]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, 2019, no. 10, pp. 120–125. (In Russ.)

15. *FR.1.39.2007.03221. Metodika opredeleniya toksichnosti vody i vodnykh vytyazhek iz pochv, osadkov stochnykh vod, otkhodov po smertnosti i izmeneniyu plodovitosti tseriodafniy. Biologicheskie metody kontrolya* [Methodology for determining the toxicity of water and water extracts from soils, sewage sludge, waste by mortality and changes in the fertility of ceriodaphnia. Biological control methods.]. Moscow: Akvaros, 2007. 56 p. (In Russ.)

16. Francisco D., Elias M., Francis A. et al. Chronic toxicity bioassay with Ceriodaphnia Dubia: an evaluation of toxicity test-based approach for determination the sources of chronic toxicity and evaluation of culture dilution water and diet as determinants of test outcomes. *Materials of Water Resouce research Institute*. – URL: <http://www.ncsu.edu/wri/reports/summaries/276.html> (accessed 20.02.2022). – Text: electronic.

17. Gorbunova T.L. Analysis of toxicity of iron-titanium opencast mining and concentration site discharge. *Actual problems of humanitarian and natural science*, 2017, vol. 6, pp. 7–16.

18. Gudkova N.K. Identification and ranking of environmental impacts intensify geological processes in the recreational and tourist regions of Southern Russia. *European Geographical Studies*, 2016, vol. 12, no. 4, p. 141–151.

Conflict of interests: The authors declare no information of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Received: 11.03.2022

Accepted: 05.09.2022

Гудкова Наталья Константиновна
кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Института природно-технических систем» (филиал), г. Сочи, Российская Федерация, ORCID: 0000-0002-3299-7701, e-mail: n.k.gud@yandex.ru

Natalia K. Gudkova
Cand. Sci. (Geol. and Mineral.), Senior Researcher at the Branch of the Institute of Natural and Technical Systems, Sochi, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-3299-7701, e-mail: n.k.gud@yandex.ru

Горбунова Татьяна Львовна
научный сотрудник Института природно-технических систем» (филиал), г. Сочи, Российская Федерация, ORCID: 0000-0003-3699-7159, e-mail: tatianashaw@mail.ru

Матова Наталья Ивановна
кандидат экономических наук, старший научный сотрудник Института природно-технических систем» (филиал), г. Сочи, Российская Федерация, ORCID: 0000-0001-6084-6233, e-mail: lej06@yandex.ru

Tatiana L. Gorbunova
Researcher at the Branch of the Institute of Natural and Technical Systems, Sochi, Russian Federation, ORCID: 0000-0003-3699-7159, e-mail: tatianashaw@mail.ru

Natalia I. Matova
Cand. Sci. (Econ.), Senior Researcher at the Branch of the Institute of Natural and Technical Systems, Sochi, Russian Federation, ORCID: 0000-0001-6084-6233, e-mail: lej06@yandex.ru