

Оригинальная статья

УДК 502/504:627.5:628.5

DOI: 10.26897/1997-6011-2021-5-117-124

ВЛИЯНИЕ ПОЛИГОНОВ ТКО НА ДЕГРАДАЦИЮ БИОГЕОЦЕНОЗОВ ПРИБРЕЖНЫХ ЗОН ВОДОТОКОВ И ЧЕРНОГО МОРЯ

ГУДКОВА НАТАЛЬЯ КОНСТАНТИНОВНА, канд. геолого-минерал. наук,
старший научный сотрудник
n.k.gud@yandex.ru

ГОРБУНОВА ТАТЬЯНА ЛЬВОВНА, научный сотрудник
tatianashaw@mail.ru

МАТОВА НАТАЛЬЯ ИВАНОВНА ✉, канд. экон. наук, старший научный сотрудник
lej06@yandex.ru

ФГБНУ «Институт природно-технических систем» (филиал); 354024, г. Сочи, Курортный пр., 99/18, Россия

Полигоны твердых коммунальных отходов (ТКО) представляют собой серьезную экологическую проблему для геобиоценозов прилегающих к ним водоемов и угрозу деградации рекреационной зоны Черноморского побережья. В статье на примере двух полигонов ТКО, расположенных на территории Большого Сочи, дан анализ геологических, физико-химических и биологических характеристик водотоков малых рек, подверженных воздействию стоков полигонов ТКО, а также прибрежных участков Черного моря в приустьевых зонах этих рек. Для выявления изменений в качественном и функциональном составе гидробиоценозов, эфтрофикации и токсичности воды, вызванной поступлением стоков полигонов в водоток, использовались методы биоиндикации и биотестирования. Выявлено, что поступающие от полигонов стоки оказывают негативное воздействие на качество среды не только малых рек, но и на прибрежные биоценозы в местах впадения рек в Черное море. Установлено, что выбор места расположения исследуемых полигонов был ошибочным, и это стало причиной прогрессирующего негативного воздействия на окружающую среду. Для минимизации негативного влияния объектов расположения отходов на водные экосистемы в условиях влажного субтропического климата Черноморского побережья Кавказа рекомендовано проводить мониторинг экзогенных геологических процессов, загрязнения воды, донных отложений и почв.

Ключевые слова: полигоны твердых коммунальных отходов, экзогенные геологические процессы, локальные геохимические аномалии, биотопы рек, биотестирование, макрозообентос, эфтрофикация, интегральный мультиметрический индекс

Формат цитирования: Гудкова Н.К., Горбунова Т.Л., Матова Н.И. Влияние полигонов ТКО на деградацию биогеоценозов прибрежных зон водотоков и Черного моря // Природообустройство. – 2021. – № 5. – С. 117-124. DOI: 10.26897/1997-6011-2021-5-117-124.

© Гудкова Н.К., Горбунова Т.Л., Матова Н.И., 2021

Original article

INFLUENCE OF MSW LANDFILLS ON DEGRADATION OF BIOGEOCENOSSES OF COASTAL ZONES OF WATER COURSES AND THE BLACK SEA

GUJKOVA NATALJA KONSTANTINOVNA, candidate of geological-mineralogical sciences,
senior researcher
n.k.gud@yandex.ru

GORBUNOVA TATJANA LJVOVNA, a researcher
tatianashaw@mail.ru

MATOVA NATALJA IVANOVNA ✉, candidate of economic sciences, senior researcher
lej06@yandex.ru

FGBNU «Institute of natural and technical systems» (branch), 354024, Sochi, Kurortny pr., 99/18, Russia

The landfills of municipal solid waste represent a severe environmental problem for the geobiocenoses of adjacent reservoirs' anda threat of degradation to the recreational zone of the Black

Sea coast. In this article on an example of the two solid communal waste (MSW) landfills, located within the area of Bolshoj Sochi there is given an analysis of geological, physical and chemical and biological characteristics of watercourses of small rivers affected by effluents from the MSW landfills, as well as the coastal areas of the Black Sea in the estuarine zones of these rivers. In order to determine changes in the hydrobiocenoses' qualitative and functional composition, eutrophication and water toxicity, caused by the landfill effluents inflow, methods of bioindication and biotesting were applied. It was revealed that the incoming from landfills effluents deliver a negative impact on the environment quality not only of small rivers, but also on coastal biocenoses at the places of rivers inflow in the Black Sea. It was established that the choice of the studied polygons location was erroneous, it caused a progressive negative impact on the environment. To minimize the negative influence of the waste location objects on the aquatic ecosystems under the conditions of subtropical climate of the Black sea coast of the Caucasus, it was recommended to monitor exogenous geological processes, water pollution, bottom sediments and soils.

Keywords: landfills of municipal solid waste, exogenous geological processes, local geochemical anomalies, biotopes of rivers, biotesting, macrozoobenthos, eutrophication, integral multimetric indices

Format of citation: Gudkova N.K., Gorbunova T.L., Matova N.I. Influence of MSW landfills on degradation of biogeocenoses of coastal zones of watercourses and the Black sea // Prirodoobustrojstvo. – 2021. – № 5. – S. 117-124. DOI: 10.26897/1997-6011-2021-5-117-124.

Введение. Полигоны твердых коммунальных отходов (ТКО) на Черноморском побережье представляют собой серьезную экологическую проблему, тесно связанную с выстраиванием в городе-курорте эффективной системы обращения с отходами [1].

В настоящее время на исследуемой территории располагаются два наиболее проблемных участка: Лооский полигон ТКО в Лазаревском районе и полигон в долине реки Херота в Адлерском районе. Оба участка расположены в зонах водосбора малых рек Битха и Херота, впадающих в Черное море

в непосредственной близости к местам отдыха граждан. Именно по этой причине вызывает беспокойство недостаточная изученность воздействия полигонов ТКО на речную и морскую среду, а также отсутствие научно обоснованной системы мониторинга. Ключевую роль в таких исследованиях должны играть методы биоиндикации, позволяющие вовремя идентифицировать проблему [2].

Материалы и методы. Пробы в исследуемых реках отбирались в период 2016-2020 гг. в течение вегетационного периода с апреля по октябрь (рис. 1).

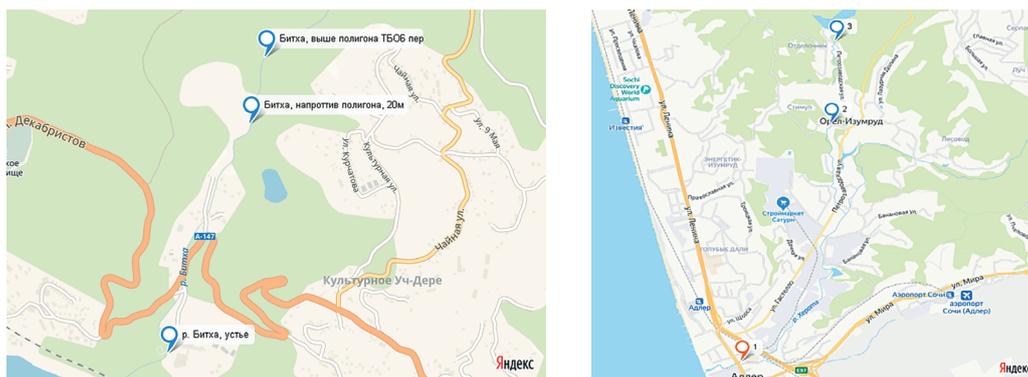


Рис. 1. Месторасположение станций отбора проб на реках Битха и Херота

Fig. 1. Location of the sampling station on the Bitha and Kherota rivers

Изучались состав и динамика биоценозов макрозообентоса рек Битха и Херота в их верхнем, среднем и нижних течениях. Отбор и камеральная обработка проб осуществлялись в соответствии с Руководством [3]. Определение организмов макрозообентоса производилось с помощью определителя [4]. По усредненным количественным показателям численности и композиции биоценозов

был рассчитан по авторской методике интегральный мультиметрический индекс (ММИ), основанный на индексах, характеризующих стабильность биоценозов и их толерантность к органическому загрязнению воды, а также на показателях токсичности водной среды [5, 6]. Биотические индексы для расчета ММИ определялись в соответствии со стандартными методиками.

Кроме того, анализировалась токсичность речного стока и морской воды в приустьевых зонах исследуемых рек с использованием в качестве тест-объектов зеленых микроводорослей *Chlorella vulgaris* В. для тестирования пресной воды [7] и диатомовых водорослей *Phaeodactylum Tricornutum* В. для тестирования соленых вод [8]. Как дополнительный биотест использовался метод Лесникова с *Daphnia Magna* St.

Для полного понимания процессов, происходящих в водной среде, были произведены физико-химические анализы воды исследуемых водотоков на станциях, указанных выше. Гидрохимические исследования проводились на базе лаборатории СЦГМС ЧАМ в соответствии с действующими аттестованными методиками [9].

Геологическое и гидрогеологическое строение района исследований. Исследуемый район имеет сложное инженерно-геологическое строение, и экзогенные геологические процессы (ЭГП) протекают активно.

Адлерский полигон ТКО формировался в головной части балки, прорезающей правый склон долины реки Малая Херота. Коренные породы представлены глинистыми аргиллитами темно-серого цвета с пластами рыхлых слабосцементированных песчаников. Аллювиальные голубовато-серые пластичные глины перекрывают коренные породы в днище долины р. Херота и имеют мощность до 25 м. Делювиально-оползневые образования перекрывают аллювиальные четвертичные глины. Оползневые отложения заполняют практически всю балку и неоднократно перекрывали русло реки Херота. Уровень подземных вод в теле свалки составляет от 5 до 8 м в зависимости от сезонных колебаний количества атмосферных осадков. Формирование оползней в естественно-природных условиях обусловлено, как правило, наличием на участке склона подземных вод. На определенной стадии пригрузки эрозионно-оползневого склона твердыми отходами произошли активизация старых оползневых тел и формирование новых оползней. Кроме того, прогрессирующей активизации оползня по днищу балки способствовала аккумуляция поверхностных вод, легко дренирующихся через слабо уплотненные рыхлые грунты. Любое нарушение сложившегося динамического равновесия вызывало прорыв грунтовых вод, подтопление участка долины и активизацию оползневых процессов.

Воды, приуроченные к современным техногенным накоплениям (свалочным грунтам), слагающим тело полигона ТКО, представляют собой фильтрат гидрокарбонатно-хлоридного кальциево-магниевого состава. Уровень

фильтрата зависит в основном от инфильтрации атмосферных осадков. Разгрузка происходит в подошве верхнего уступа свалочных грунтов в виде незначительного высачивания, а в понижениях происходит их естественное скопление в виде небольших водоемов и мочажин.

Лооский полигон ТКО формировался в головной части балки, прорезающей правый склон долины реки Битха. Крутизна склона составляет от 10 до 40...50 град. Коренные породы представлены глинистыми аргиллитами темно-серого цвета с прослоями слабосцементированных песчаников. Делювиально-оползневые образования перекрывают аллювиальные в долине реки и представлены в основном буровато-серыми глинами и техногенными грунтами. Оползневые отложения заполняют балку и неоднократно перекрывали русло реки Битха.

Уровень залегания грунтовых вод на территории полигона ТКО высокий – около 2...3 м. Значительную опасность представляет формирование в теле полигона водоносных горизонтов, обусловленных фильтратом свалочных отложений. Формируясь в теле свалки, фильтрат является основным источником поступления загрязняющих веществ в подземные и поверхностные воды. Просачиваясь на поверхность, фильтрат попадает в прилегающие водные объекты и загрязняет почвы, донные отложения и воду.

Экзогенные геологические процессы. Режим подземных вод в самом теле оползня может по-разному влиять на устойчивость оползневых склонов. При наличии на оползневых склонах напорного водоносного горизонта гидростатическое давление будет оказывать на грунт выпирающее действие, что может стать одной из причин активизации экзогенных геологических процессов. На территории Адлерского и Лооского полигонов ТКО выявлены следующие опасные ЭГП: выветривание, эрозия, плоскостной смыв, оползни, подтопление. Увеличение техногенной нагрузки на свалочное тело является одним из решающих факторов увеличения риска активизации опасных ЭГП.

Локальные геохимические аномалии. В результате геоэкологических исследований, проведенных Северо-Кавказским геоэкологическим центром и другими исследователями [10], в районе расположения Адлерского и Лооского полигонов ТКО, в почво-грунтах были выявлены локальные геохимические аномалии (ЛГА). Природа загрязнения почвогрунтов обусловлена влиянием на геологическую среду как техногенных, так и природных факторов [11, 12].

Основными компонентами загрязнения ЛГА, приуроченной к участку расположения Адлерского полигона, являются нефтепродукты

и свинец. В пределах расположения полигона ТКО отмечены зоны с концентрациями нефтепродуктов более 10 предельно допустимых концентраций (ПДК). В ассоциации элементов-загрязнителей здесь также присутствуют галлий, серебро, цинк, медь, хром, никель и фосфор.

Основными компонентами ЛГА, приуроченной к участку расположения Лооского полигона ТКО, являются мышьяк, ванадий и марганец. Содержание мышьяка характеризуется опасной степенью загрязнения: от 1 до 8,5 ПДК; до 2 ПДК ванадия. По марганцу отмечается превышение до 1,5 ПДК.

Следует отметить, что в районах расположения объектов складирования отходов, приуроченных к долинам рек, существует угроза расширения ореола геохимического загрязнения за счет переноса химических элементов из ЛГА в водные объекты, где они накапливаются в донных отложениях и биоте. Изучению влияния аномальных содержаний тяжелых металлов на водные экосистемы посвящен ряд исследований [13-16].

Донные отложения водоемов, аккумулируя и концентрируя тяжелые металлы и другие загрязнители, могут объективно отражать степень загрязнения окружающей природной среды. Индикатором уровня загрязнения при этом является коэффициент,

определяющийся превышением концентрации тяжелых металлов в донных осадках и воде относительно их фоновых показателей [17].

Кроме полигонов ТКО, источниками загрязнения рек Херота и Битха являются неорганизованные стоки населенных пунктов, строительные организации, автозаправочные станции, транспорт и др.

В настоящее время Лооский и Адлерский полигоны ТКО официально закрыты, но продолжают оказывать негативное воздействие на экосистему рек [18], а загрязненные речные плюмы таких рек негативно влияют на рекреационные условия пляжей в устьевых зонах. Например, в морской воде плюма реки Битха общая концентрация органических веществ превышала фоновые значения в 15 раз, фосфатов – в 3 раза, кремния – в 18 раз, нитритов и нитратов – в 6 раз, азота аммонийного – в 40 раз [19].

Гидрохимический состав речного стока. Станции отбора проб в верхнем течении рек служили контрольными для данной работы, однако на этих участках наблюдались незначительная эвтрофикация и умеренная степень заиления донного субстрата. На этих участках отмечаются обрастание донного субстрата зелеными водорослями и сравнительно высокая прозрачность воды (табл.).

Таблица

Основные физико-химические характеристики воды рек Битха и Херота в исследуемых створах

Table

The main physical and chemical characteristics of the water of the rivers Bitha and Kherota in the studied ranges

Проба Sample	Река Битха, выше полигона ТКО: перед взятием реки в коллектор <i>River Bitha opposite the polygon, 20 m lower of fil- trates getting from the MSW</i>	Река Битха, напротив по- лигона, 20 м ниже попада- ния фильтра- тов ТКО <i>River Bitha, above the MSW polygon: before taking the river into the collector</i>	Река Битха, устье <i>River Bitha, the Mouth</i>	Река Херота, выше поли- гона ТКО <i>River Kherota, above the MSO polygon</i>	Река Херота, выше про- мышлен- ной зоны <i>River Kherota, above the indus- trial zone</i>	Река Херота, устье <i>River Kherota, the Mouth</i>
Степень заиления 1-5 / Siling degree 1-5	3	4	5	3	4	5
Прозрачность / Transparency	27,67	4,67	10	26,5	18	9
Температура, С / Temperature, C	20,23	22,83	21,67	20	20,4	21,3
Взвешенные, мг/л / Suspended, mg/l	5	213	16,47	8,8	22,5	87,4
pH	7,85	7,77	7,9	7,85	7,81	7,6
БПК5, мг/л / BOD5, mg/l	1,46	10,27	5,03	2,3	2,7	4,3
Азот аммонийный, мг/л <i>Ammoni anitrogen, mg/l</i>	0,01	0,68	0,62	0,03	0,09	0,4
Азот нитритов, мг/л <i>Nitrogen nitrite, mg/l</i>	0,01	0,33	0,18	0,02	0,07	0,29
Азот нитратов, мг/л <i>Nitrogen nitrate, mg/l</i>	0,14	2,17	0,97	0,13	0,28	0,96
Фосфаты, мг/л / Phosphates, л	0,001	0,01	0,007	0,002	0,005	0,03
Биогены, общ./мг/л <i>Biogens Biogens, total/mg/l</i>	0,17	3,19	1,78	0,18	0,44	1,68

При поступлении фильтрата ТКО в речную воду ее прозрачность резко снижается, возрастает концентрация взвешенных веществ, БПК₅ и биогенов, а также наблюдается повышенное заиливание донного субстрата. В реке Битха речная вода при воздействии на нее стока ТКО приобретает коричневую окраску с характерным органическим запахом. Приустьевая зона обоих водотоков характеризуется значительным и стабильным загрязнением биогенами и чрезвычайно высокой степенью заиливания донного субстрата.

Характеристика биологических сообществ. Биологические сообщества исследуемых рек характеризуются как креналь по Иллиесу [20]. Этот тип объединяет биологические сообщества ручьевого комплекса. В таких водоемах обычно наблюдаются сочетание фрагментов твердых и мягких грунтов и смешение донных биотопов. Летом, когда течение реки замедлено и наблюдаются гнилостные процессы, насекомые вылетают из водоема в виде имаго или погибают ввиду изменившихся условий. На смену им приходит бурное размножение видов, характерных для загрязненных, заболоченных водоемов (*Aeshna*, *Asellusaquaticus*, улитки болотного комплекса). Такие сообщества обычно относятся к β - и α -мезосапобной зоне.

Участки водотоков выше полигона ТКО характеризуются биотопами палудогипокренали, для которых характерен каменисто-галечный донный субстрат с песчаными и илистыми отложениями и обильными обрастаниями. Эти участки подвержены стабильному антропогенному влиянию, в основном характеризующимся эфтрофикацией и изменением гидрологического режима в связи с полным или частичным взятием водотока в бетонный коллектор. В пробах с участков рек выше полигонов отмечено доминирование преобладающего таксона гидробионтов до 50% от их общей численности. Однако получили развитие и заняли свою нишу другие группы водных организмов включая

виды, характерные для чистых вод (*Etheromphera*, *Plecoptera*, *Tricoptera*).

В пробах, отобранных на этих станциях, отмечались отсутствие токсического воздействия на дафний и умеренное влияние эфтрофикации, на что указывают характеристики сообществ макрозообентоса и достоверная стимуляция роста численности микроводорослей (*Chlorella vulgaris* B.) по сравнению с контролем.

В пробах, отобранных на станциях, подверженных комплексному воздействию токсичных (река Херота) и сильно эфтрофицированных стоков (река Битха) полигонов ТКО и промышленных сточных вод, а также в устьевых зонах этих водотоков, биотопы относились к типу сапропеллали и палудогипокренали. Они характеризовались высокими температурами в летний период, низкими концентрациями растворенного кислорода, сильным заиливанием мягкого донного субстрата и обедненным видовым разнообразием. Поступающий в водоток загрязненный сток не разбавляется до безопасного уровня, особенно в период летней межени ввиду маловодности реки. Органика, содержащаяся в загрязненных стоках, аккумулируется в накапливающихся иловых осадках и обрастаниях, обеспечивая условия для развития толерантных к эфтрофикации организмов. В биоценозах преобладают представители двукрылых, *Diptera* (*Chironomus Plumosus*) и олигохеты (*Tubifex Tubifex*) с незначительным присутствием представителей брюхоногих моллюсков и пиявок.

Усредненные значения ММИ, основанного на параметрах, характеризующих видовое разнообразие и устойчивость биоценозов исследуемых водотоков, а также характеристиках токсичности, демонстрируют резкое ухудшение качества водной среды на станциях, подверженных воздействию стоков ТКО в обоих водных объектах (рис. 2). Более того, наблюдается критическая деградация водных биоценозов в их устьевых участках, непосредственно перед впадением в Черное море.

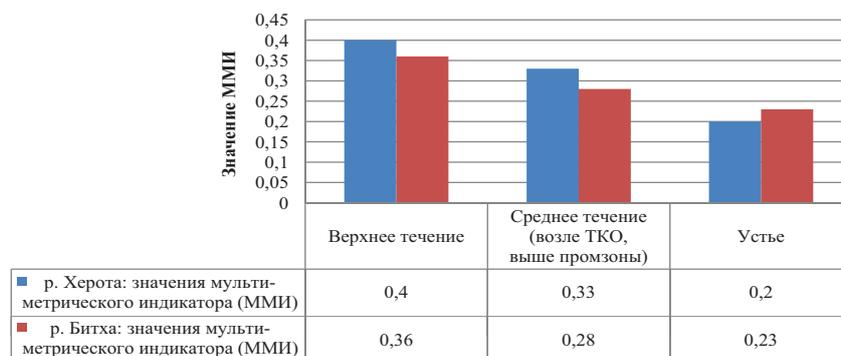


Рис. 2. Значения интегрального мультиметрического индекса (ММИ) для рек Херота и Битха

Fig. 2. Values of the integral multimetric index (MMI) for the rivers Kherota and Bitha

Токсичность речного стока. Анализ токсичности показал, что вода в исследуемых реках выше поступления в них стоков ТКО не обладает токсичными свойствами, в отдельных случаях, в основном в период летней межени, демонстрируя стимуляцию роста численности зеленых водорослей (коэффициент прироста численности: $13,27 \pm 1,01$, $t_{st} = -3,16$; при $t_d = 2,23$, $P = 0,05$), что указывает на повышение содержания в воде биогенов.

В месте выхода стоков ТКО в водоток реки Битха наблюдается острое токсическое действие на оба тест-объекта: угнетение роста численности водорослей (коэффициент прироста численности: $0,98 \pm 0,03$, $t_{st} = -16,48$; при $t_d = 2,23$, $P = 0,05$) и выживаемости дафний (балл токсичности по Лесникову составил -4). Для реки Херота на аналогичной станции наблюдалось ярко выраженная стимуляция роста численности водорослей по сравнению с контролем (коэффициент прироста численности: $15,5 \pm 2,06$, $t_{st} = 8,46$; при $t_d = 2,23$, $P = 0,05$), что указывает на избыточное поступление биогенной органики. Для дафний на этой станции была определена хроническая токсичность (балл токсичности по Лесникову составил -3). Характерно, что для реки Битха практически те же параметры токсичности наблюдались и в устьевой зоне реки (коэффициент прироста численности: $20,73 \pm 2,04$, $t_{st} = 12,8$; при $t_d = 2,23$, $P = 0,05$, балл токсичности по Лесникову составил -2), то есть имеется основание предполагать, что остротоксичный сброс с ТКО при разбавлении частично теряет свои свойства. В то же время для реки Херота в устье наблюдается повышение токсичности воды по отношению к обоим тест-объектам, и вода на этой станции приобретает свойства острой токсичности – ингибирование численности водорослей (коэффициент прироста численности: $8,77 \pm 1,12$, $t_{st} = -14,45$; при $t_d = 2,23$, $P = 0,05$) и выживаемости дафний (балл токсичности по Лесникову составил -4). Такой эффект мог возникнуть ввиду поступления в реку Херота загрязняющих веществ различного характера от промзоны и жилого сектора.

При впадении в Черное море в зоне речных плумов исследуемых рек обнаруживались достоверные отклонения от контроля по стимуляции роста численности морских диатомовых водорослей как в остром, так и в хроническом экспериментах. Коэффициенты прироста численности для прибрежных вод Черного моря в зоне впадения реки Битха составляли в остром и хроническом экспериментах $12,72$ ($t_{st} = 5,45$; при $t_d = 2,23$) и $15,63$ ($t_{st} = 11,02$; при $t_d = 2,23$) соответственно. Для аналогичных проб морской воды в зоне впадения реки Херота коэффициенты

прироста численности составляли $14,8$ ($t_{st} = 9,18$; при $t_d = 2,23$) и $21,70$ ($t_{st} = 12,43$; при $t_d = 2,23$) соответственно, что указывает на продолжающуюся интенсивную эвтрофикацию прибрежной полосы Черного моря, широко используемой для рекреации и пляжного отдыха.

Выводы

Выбор места расположения Адлерского и Лооского полигонов ТКО был ошибочным, что привело к серьезным проблемам при их эксплуатации.

В настоящее время Лооский и Адлерский полигоны ТКО официально закрыты, но продолжают оказывать негативное воздействие на водотоки. Наибольшую опасность для водных экосистем, расположенных в зоне влияния Адлерского и Лооского полигонов ТКО, представляют активные экзогенные геологические процессы и геохимическое загрязнение.

Кроме полигонов ТКО, источниками загрязнения рек Херота и Битха являются неорганизованные стоки населенных пунктов, строительных организаций, АЗС, транспорта и других объектов.

На участках исследованных водотоков, подверженных комплексному воздействию загрязненных стоков различного происхождения, наблюдается антропогенная сукцессия – замещение определенного, свойственного данному водоему гидробиоценоза, на иной, более толерантный к изменившимся условиям среды. Это ведет к деградации многообразия трофических цепей и устойчивости его биологических систем.

Кроме того, выявлено, что поступающие в реки стоки полигонов обладают свойствами острой и хронической токсичности как для зеленых водорослей, так и для ракообразных. Эффект токсичности проявляется и в устьевых зонах исследуемых рек, а стимуляция роста численности водорослей, вызванная эвтрофикацией, наблюдается также в морских водах в зонах впадения водотоков в Черное море.

Для минимизации негативного влияния полигонов ТКО на водные экосистемы необходимо проводить мониторинг. Система комплексного мониторинга должна включать в себя постоянные наблюдения за динамикой ЭПП, состоянием почвы, донных осадков и воды. Рекомендуется проводить исследования содержания тяжелых металлов, нитритов, нитратов, гидрокарбонатов, органического углерода, рН, нефтепродуктов. Анализ на загрязнение донных осадков следует проводить выше и ниже полигонов ТКО, в устьевых участках рек, а также в зонах речных плумов, при впадении водотоков в Черное море.

Библиографический список

1. **Гудкова Н.К.** Исследование морфологического состава отходов на рекреационных объектах с целью внедрения раздельного сбора отходов как основного механизма наладки эффективности системы обращения с отходами // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. – 2019. – № 10. – С. 34-37.
2. **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: Мат-лы научно-практ. конф.* – 2016. – С. 31-39.
3. **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.
4. *Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России*. – Т. 2.0-62. Зообентос / Под ред. В.Р. Алексеева и С.Я. Цаллолихина. – М. – СПб.: Товарищество научных изданий КМК, 2016. – 457 с.
5. **Горбунова Т.Л.** Разработка и апробация мультиметрического биотического индекса для оценки экологического состояния рек на территории Большого Сочи // *Системы контроля окружающей среды*. – 2019. – Вып. 3 (37). – С. 51-59. DOI: 10.33075/2220-5861-2019-3-51-59.
6. **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.
7. ГОСТ Р 54496-2011. Вода. Определение токсичности с использованием зеленых пресноводных одноклеточных водорослей (ИСО 8692:2004). – 70 с.
8. ГОСТ Р 53910-2010 (ИСО 10253:2006) Вода. Методы определения токсичности по замедлению роста морских одноклеточных водорослей *Phaeodactylum tricornerum* Bohlin и *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve. Национальный стандарт Российской Федерации. Вода. – 49 с. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200082171>.
9. РД 52.24.309-2011. Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши. – Рна/Дону.: Гидрометеоиздат, 2011. – 26 с.
10. **Красовская С.П.** Размещение отходов в условиях Черноморского побережья Кавказа: Дис. ... канд. техн. наук / Моск. гос. университет природообустройства. – М., 2012. – 150 с.
11. **Лукашов С.В., Иванченкова О.А.** Анализ состояния почвогрунтов урбанизированной

References

1. **Gudkova N.K.** Issledovanie morfologicheskogo sostava othodov na rekretionnyh objektah s tsel'yu vnedreniya razdelnogo sbora othodov kak osnovnogo mehanizma naladki effektivnosti sistemy obrashcheniya s othodami // *Mezhdunarodny shurnal prikladnyh i fundamentalnyh issledovaniy*. – 2019. – № 10. – S. 34-37.
2. **Gorbunova T.L.** Mesto biologicheskikh indikatorov kachestva vodnoj sredy v sisteme otsenki progressa ustojchivogo razvitiya territorii goroda-kurorta Sochi / *Regiony Rossii v novykh ekonomicheskikh usloviyah: mat-ly nauchno-prakt. konf.* – 2016. – S. 31-39.
3. **Abakumov V.A.** Rukovodstvo po metodam gidrobiologicheskogo analiza poverhnostnyh vod i donnyh otlozhenij / Gosudarstvennyj komitet SSSR po gidrometeorologii i kontrolyu prirodnoj sredy. – L.: Hidro-meteoizdat, 1983. – 240 s.
4. *Opredelitel zooplanktona i zoobentosa presnyh vod Evropejskoj Rossii*. T. 2.0-62. Zoobentos / Pod red. i S.Ya. Tsalolihina. – M.:SPb.: Tovarishestvo nauchnyh izdaniy KMK, 2016. – 457 s.
5. **Gorbunova T.L.** Razrabotka i aprobatiya multimetrickogo bioticheskogo indeksa dlya otsenki ekologicheskogo sostoyaniya rek na territorii Bolshogo Sochi // *Sistemy kontrolya okruzhayushchej sredy*. – 2019. – Vyp. 3 (37). – S. 51-59. DOI: 10.33075/2220-5861-2019-3-51-59
6. **Gorbunova T.L., Matova N.I.** Metodologiya monitoringa i upravleniya ekologicheskim sostoyaniem rek s ispolzovaniem integralnyh bioindikatorov i metodov upravleniya kachestvom // *Ustoichivoe razvitie gornyh territorij*. – 2020. – T. 12. № 4 (46). – S. 483-492. DOI: 10.21177/1998-4502-2020-12-4-483-492
7. GOST R54496-2011. Voda. Opreделение toksichnosti s ispolzovaniem zelenykh presnovodnykh odnokletochnykh vodoroslej. (ISO 8692:2004). 70 s.
8. GOST R53910-2010 (ISO 10253:2006) Voda. Metody opredeleniya toksichnosti po zamedleniyu rosta morskikh odnokletochnykh vodoroslej *Phaeodactylum tricornerum* Bohlin i *Skeletonemacostatum* (Greville) Cleve. Natsionalnyj standart Rossijskoj Federatsii. Voda. 49 s. <https://docs.cntd.ru/document/1200082171>
9. RD52.24.309-2011. Organizatsiya i provedenie rezhimnyh nablyudenij za sostoyaniem i zagryazneniem poverhnostnyh vod sushi. – R-na/Donu: Gidrometeoizdat, 2011. – 26 s.
10. **Krasovskaya S.P.** Razmeshchenie othodov v usloviyah Chernomorskogo poberezhya Kavkaza. Diss. Na soisk. Stepeni kand. tehn. nauk: 06.01.02. Mosk. gos. Universitet prirodobustrojstva. 2012. – Moskva. 150 s.
11. **Lukashov S.V., Ivanchenkova O.A.** Analiz sostoyaniya pochvogruntoy urbanizirovannoy territorii kak element inzhenerno-ekolo-

территории как элемент инженерно-экологических изысканий // *Успехи современного естествознания*. – 2020. – № 5. – С. 56-62. DOI: 10.17513/use.37392.

12. **Меньшикова Е.А., Ждакаев В.И.** Оценка экологического состояния грунтов городских территорий // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала*. – 2017. – № 17. – С. 220-223.

13. **Мазур В.В., Доровских Г.Н.** Геоэкологический аспект в аккумуляции меди донными отложениями и гидробионтами в бассейне верхнего и среднего течения реки Печора // *Успехи современного естествознания*. – 2020. – № 4. – С. 98-105. DOI: 10.17513/use.37369.

14. **Слуковский З.И.** Геоэкологическая оценка состояния малых рек крупного промышленного города по данным о содержании тяжелых металлов в донных отложениях // *Метеорология и гидрология*. – 2015. – № 6. – С. 81-88.

15. **Wojtkowska M., Karwowska E., Chmielewska I., Bekenova K., Wanot E.** Copper and cadmium in bottom sediments dredged from Wyścigi Pond, Warsaw, Poland—contamination and bioaccumulation study // *Environ Monit Assess.* – 2015. – Vol. 187: 737. – P. 1-9. DOI: 10.1007/s10661-015-4945-0.

16. **Гудкова Н.К., Матова Н.И., Горбунова Т.Л.** Учет влияния геологических процессов бассейнов рек в интегрированном управлении водными ресурсами // *Фундаментальные исследования*. – 2021. – № 9.

17. **Галатова Е.А., Шестаков А.Ю., Капаназе Г.Д.** Особенности накопления и распределения экотоксикантов в донных отложениях и водорослях // *Биомедицина*. – 2010. – № 5. – С. 58-62.

18. **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.

19. **Завьялов П., Маккавеев П.** Речные пюмы в акватории Сочи // *Наука в России*. – 2014. – № 2. – С. 4-12.

20. **Illies J.** Versuche in der allgemeinen biozonotischen Gliederung der fließgewässer // *Int. Revue Ges. Hydrobiol.* – 1961. – Vol. 46, № 2. – P. 205-213.

gicheskikh izyskanij // *Uspеhi sovremennogo estestvoznaniya*. – 2020. – № 5. – S. 56-62. DOI: 10.17513/use.37392

12. **Menjshikova E.A., Zhdakaev V.I.** Otsenka ekologicheskogo sostoyaniya gruntov gorodskih territorij // *Geologiya i poleznye iskopaemye Zapadnogo Urala*. – 2017. – № 17. – S. 220-223.

13. **Mazur V.V., Dorovskikh G.N.** Geoekologicheskij aspekt v akumuljatsii medi donnymi otlozheniyami i gidrobiontami v bassejne verhnego i srednego techeniya reki Pechora // *Uspеhi sovremennogo estestvoznaniya*. – 2020. – № 4. – S. 98-105. DOI: 10.17513/use.37369

14. **Slukovsky Z.I.** Geoekologicheskaya otsenka sostoyaniya malyh rek krupnogo promyshlennogo goroda po dannym o sodержanii tyazhelyh metallov v donnyh otlozheniyah // *Meteorologiya i gidrologiya*. – 2015. – № 6. – S. 81-88.

15. **Wojtkowska M., Karwowska E., Chmielewska I., Bekenova K., Wanot E.** Copper and cadmium in bottom sediments dredged from Wyścigi Pond, Warsaw, Poland—contamination and bioaccumulation study // *Environ Monit Assess.* – 2015. – Vol. 187: 737. – P. 1-9. DOI: 10.1007/s10661-015-4945-0.

16. **Gudkova N.K., Matova N.I., Gorbunova T.L.** Uchet vliyaniya geologicheskikh protsessov bassejnov rek v integririvannom upravlenii vodnymi resursami // *Fundamentalnymi issledovaniya*. – 2021. – № 9.

17. **Galatova E.A., Shestakov A.Yu., Kapanaze G.D.** Osobennosti nakopleniya i raspredeleniya ekotoksikantov v donnyh otlozheniyah i vodoroslyah // *Biomeditsina*. – 2010. – № 5. – S. 58-62.

18. **Gudkova N.K., Gorbunova T.L.** Otsenka vliyaniya stokov adlerskogo poligona tverdyh komunalnyh othodov na biotsenozy reki Herota // *Sistemy kontrolya okruzhayushchej sredy*. – 2017. – № 9 (29). – S. 115-121.

19. **Zavjalov P., Makkaveev P.** Rechnye plyumy v akvatorii Sochi // *Nauka v Rossii*. – 2014. – № 2. – S. 4-12.

20. **Illies J.** Versuche in der allgemeinen biozonotischengliederung der fließgewässer / *Int. Revue Ges. Hydrobiol.* 1961. Vol. 46, № 2. P. 205-213.

Критерии авторства

Гудкова Т.К., Горбунова Т.Л., Матова Н.И. выполнили теоретические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись, имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов

Статья поступила в редакцию 29.09.2021 г.

Одобрена после рецензирования 18.10.2021

Принята к публикации 01.11.2021

Criteria of authorship:

Gudkova N.K., Gorbunova T.L., Matova N.I. carried out theoretical studies, on the basis of which they generalized and wrote the manuscript, have a copyright on the article and are responsible for plagiarism.

Conflict of interests

The authors state that there are no conflicts of interests

The article was submitted to the editorial office 29.09.2021

Approved after reviewing 18.10.2021

Accepted for publication 01.11.2021