

ИССЛЕДОВАНИЯ В БАССЕЙНЕ БАЙКАЛА

УДК 502.4. 502.316

Н. В. ПОТАПСКАЯ, Н. Н. КУЛИКОВА, О. А. ТИМОШКИН, Е. П. ЗАЙЦЕВА,
А. В. НЕПОКРЫТЫХ, В. В. МАЛЬНИК

Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск

ОЦЕНКА НАКОПЛЕНИЯ ОТХОДОВ ПОТРЕБЛЕНИЯ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ И ДЕЛЬТЕ РЕКИ СЕЛЕНГИ

Проведен анализ распределения, состава и количества мусора на 33 участках, расположенных вдоль побережья оз. Байкал и в прибрежной зоне верхней дельты р. Селенги. Установлено, что наименьшие скопления мусора характерны для особо охраняемых природных территорий (мысы Малый Солонцовый, Елохин и о. Большой Ушканий), а наибольшие — для мест с максимальной рекреационной нагрузкой (побережье о. Ольхон, побережья в пределах населенных пунктов — поселки Листвянка, Большие Коты, Мурзино, Култук, Максимиха, Монахово), где обнаружены значительные объемы захороненных, полузахороненных и поверхностных навалов отходов. Выявлено, что в зоне заплеска оз. Байкал в составе отходов потребления преобладали изделия из разных видов полимеров, а в их ассортименте — упаковка из пластика, стекла, металла, картона, пригодная для вторичной переработки. Скопления отходов отмечены не только для мест с наибольшей посещаемостью, но и для труднодоступных участков побережья, куда перенос легких и плавучих компонентов мусора осуществляется ветрами, штормами, прибойными потоками. Установлено большое количество сигаретных окурков на пляжах многих участков, а также в береговых скоплениях детрита. Методом ИСП-МС в элементном составе береговых скоплений детрита найдено повышенное содержание подвижных соединений натрия, хлора, никеля, титана, кадмия, мышьяка, сурьмы.

Ключевые слова: бытовые отходы, сигаретные окурки, прибрежная зона, зона заплеска, оз. Байкал, р. Селенга.

We analyze distribution, composition and amount of wastes on 33 sites located along the coast of Baikal and in the coastal area of the Selenga upper delta. It is defined that the smallest accumulations of wastes are typical for specially protected natural areas (Malyi Solontsovyi, Elokhin capes and the island Bol'shoi Ushkaniy), while the largest are in places with maximum recreational load (the coast of Olkhon Island, coastline within settlements — Listvyanka, Bol'shie Koty, Murzino, Kultuk, Maksimikha, Monakhovo) where considerable volumes of buried, semi-buried and surface waste bulks were discovered. It was revealed that in the Baikals plash zone the largest part of consumer wastes was constituted by the products made of different types of polymers, among them was recyclable packaging made of plastic, glass, metal, cardboard. Accumulation of wastes was found both in most visited places and in coastal areas difficult to access, where light and floating garbage is transferred by winds, storms, and swashes. A lot of cigarette butts were found on the beaches in many areas and in the coastal accumulations of detritus. Mass-spectrometry ICP method allowed to identify high concentration of moving compounds of sodium, chlorine, nickel, titanium, cadmium, arsenium, antimony in the elemental composition of coastal accumulation of detritus.

Keywords: domestic waste, cigarette butts, coastal area, splash zone, Lake Baikal, Selenga river.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Отходы потребления — одна из главных экологических проблем многих рекреационных территорий, расположенных в прибрежной зоне морей, озер и рек. К таким территориям относится и значительная часть побережья оз. Байкал. Информация о неблагоприятных изменениях в прибрежных биоценозах Южного Байкала из-за высокой рекреационной нагрузки и скоплений бытового мусора появилась еще в 1980-х гг. [1]. Однако проблемы, возникшие более 30 лет назад, далеки от решения. За последние 10–15 лет увеличилось потоки туристов и автотуристов, количество туристических баз, расширилась сеть туристских маршрутов, соответственно возросли объемы сопутствующих бытовых

© 2016 Потапская Н. В. (potapskava@lin.irk.ru), Куликова Н. Н. (kulikova@lin.irk.ru),
Тимошкин О. А. (lim@lin.irk.ru), Зайцева Е. П. (zayaz@lin.irk.ru),
Непокрытых А. В. (nep@lin.irk.ru), Мальник В. В. (malnik80@mail.ru)

отходов. Замусоривание прибрежной зоны Байкала, образование крупных и мелких свалок, ямочное захоронение отходов, несмотря на многочисленные результаты научных исследований во всем мире, подтверждающие негативное влияние твердых бытовых отходов на функционирование прибрежных экосистем [2–7], по-прежнему носят массовый и стихийный характер [8–13].

В пределах рекреационных территорий прибрежных районов самый распространенный вид отходов — изделия из полимерных материалов, устойчивых к деградации и разложению [4, 13–17]. В природные экосистемы на продолжительный период включаются и постоянно скапливающиеся частицы фоторазлагаемой полимерной упаковки [17]. Регулярно аккумулирующиеся в береговой зоне полиэтиленовые пакеты активно сорбируют тяжелые металлы и токсичные вещества [3, 6, 18]. Такие отходы вместе с основной пищей нередко потребляются рыбами, птицами, млекопитающими [4, 19], а также беспозвоночными — креветками, копеподами, кладоцерами, коловратками, полихетами, личинками полихет и даже инфузориями [2, 20]. Поедание различных отходов из пластика, устойчивого к биоразложению, смертельно опасно для сухопутных черепах, ящериц, змей, а использование этих отходов в качестве гнездового материала губительно для репродуктивной функции американских аллигаторов [21]. На о. Ольхон попадание полиэтиленовых пакетов в рацион питания крупного рогатого скота значительно сокращало надой молока, ухудшало его качество, негативно влияло на здоровье животных (отмечены случаи гибели коров) [13].

Повсеместно распространены такие компоненты отходов потребления, как сигаретные окурки. Ежегодно в окружающую среду во всем мире их поступает около 770 тыс. т [22]. В состав табачных смол, которые оседают на ацетатцеллюлозном сигаретном фильтре, входит более 3,5 тыс. химических веществ, многие из которых токсичны для рыб и канцерогенны для человека [23]. Ядовитые вещества, в том числе содержащие алюминий, бром, хром, медь, железо, свинец, марганец, никель, стронций, титан, цинк, кадмий, ртуть, мышьяк, из медленно разлагающихся (около 7–12 лет) сигаретных фильтров легко вымываются водой и загрязняют почвенный покров, реки и водоемы [24, 25]. Результаты экспериментов [26] показали, что химические соединения из сигаретных фильтров смертельно опасны для дафний (*Daphnia magna* Straus); 1,5 окурка/л достаточно для гибели 100 % животных через 48 ч. В заплесковой зоне оз. Байкал вышеописанные типы отходов накапливаются ежегодно в большом количестве.

Цель данной работы — получить фактический материал для проведения последующих комплексных (гидробиологических, микробиологических, гидрохимических, биогеохимических) исследований воздействия скоплений бытового мусора на экосистему прибрежной зоны оз. Байкал.

В задачи исследований входили качественный и количественный учет отходов потребления на побережье Байкала; выявление наиболее загрязненных бытовым мусором участков побережья озера; изучение влияния сигаретных окурков на элементный состав береговых скоплений детрита.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Сбор отходов осуществлялся во время комплексных научных экспедиций с июня по октябрь 2011–2013 гг. на 33 участках (табл. 1, рис. 1). На пляжах бухты Большие Коты, залива Лиственничный, о. Ольхон и пос. Максимиха мусор собирали два-три раза в год. На других участках за весь период исследований проведен один сбор. Всего выполнено 47 сборов отходов. Протяженность участков, которые очищались от мусора, колебалась от 13 до 490 м в зависимости от длины пляжа. Ширина, как правило, была соизмерима с шириной зоны заплеска (7–20 м).

Отходы, обнаруженные на территориях указанных участков (см. табл. 1), взвешивали и фотографировали. Количественный учет основных видов мусора проводили на компьютере по фотокадрам. Сигаретные окурки собирали и учитывали на пляжах в районе пос. Листвянка и бухты Большие Коты. Наличие окурков зафиксировано также в береговых скоплениях детрита (БСД) природного происхождения.

Для исследования влияния вещества сигаретных окурков, найденных в БСД, на содержание в них подвижных соединений макро- и микроэлементов использовали лимоннокислые ($C_6H_8O_7$, pH 4,6; степень очистки ACS Grade) и ацетатно-аммонийные вытяжки (CH_3COONH_4 , pH 7,0; степень очистки Ultra Pure Grade). Образцы для вытяжек отбирали в зоне заплеска бухты Большие Коты из различных БСД, основная масса которых представлена каким-либо одним компонентом: осенней лиственничной хвоей; побуревшей сосновой хвоей; сосновыми шишками; разлагающейся массой элодеи канадской; ветвистыми байкальскими губками, выброшенными на берег во время шторма; отмершими имаго ручейников; отмершими кобылками; личинками шкурками водных беспозвоночных; лист-

Характеристика участков сбора отходов на побережье оз. Байкала

Район	Номер участка	Расположение участка	Площадь очищенного побережья, м ² (min–max)	Масса отходов, кг (min–max)
Западное побережье Южного Байкала, бухта Большие Коты, залив Лиственничный	1	Бухта Варначка	202	0,5–4
	2	Пляж у стационара ЛИН СО РАН	50–500	0,8–3,5
	3	Пляж в 300 м южнее стационара ЛИН СО РАН	35–85	0,4–2,3
	4	В 300 м севернее устья р. Чёрной	150	0,1
	5	Пляж между мысами Лиственничный и Сытый	175–2000	4–17
	6	Пляж у пос. Листвянка	400	–
	7	Пляж между пирсами у пос. Култук	1000	–
	8	Пляж к северу от устья р. Бугульдейки	6000	Менее 0,1
Восточное побережье Южного Байкала	9	К северу от устья р. Солзан	400	4
	10	Пляж напротив пруда-аэратора БЦБК	200	–
	11	В 50 м севернее устья р. Хара-Мурин	100	–
Побережье Малого моря и о. Ольхон	12	Бухта Хоргойская (1)	115–168	9–52
	13	Бухта Хоргойская (2)	1470	66,7
	14	Бухта Харин-Ирги	1042	43,7
	15	Пляж у пос. Хужир	1680	0,7
	16	Бухта Иркутская	588	22,5
	17	Мыс Нюргон	100	–
	18	Мыс Ижимей	150	Менее 0,1
	19	Бухта Шида (залив Мухор)	70	–
	20	Пляж в пос. Сахюрта	1800–2000	1,2–6
	21	Бухта Карганте (мыс Хохе-Нахой-туй)	1000	Менее 0,1
Побережье Баргузинского залива и п-ова Святой Нос	22	В 100 м западнее устья р. Баргузин	1080	2,1
	23	Пляж у пос. Максимиха	740	1,8
	24	Пляж у турбазы Максимиха	600–1400	1–6,8
	25	Пляж у пос. Монахово	620	9
Западное побережье Северного Байкала	26	Пляж у пос. Байкальское	3600	8
	27	Пляж у пирса г. Северобайкальска	558	5
	28	Пляж в пос. Нижнеангарск	675	0,8
ООПТ	29	Остров Большой Ушканий	500	–
	30	Мыс Малый Солонцовый	2000	–
	31	Мыс Елохин	2000	–
Река Селенга	32	Протока Харауз	541	17
	33	Поселок Мурзино	2200	30

Примечание. Подробная характеристика участков 1–4 приведена в [10–12]. Прочерк — взвешивание обнаруженных отходов не проводилось.

венничной, сосновой хвоей и сигаретными окурками. Для экстракции навески проб помещали в полипропиленовые сосуды, приливали экстрагент в соотношении 1:10, встряхивали три часа, отбирали 14 мл суспензии и фильтровали через мембранные фильтры из ацетата целлюлозы с размером пор 0,2 мкм в полипропиленовые пробирки, консервировали HNO₃ (осч). В навеске, отобранной из образцов загрязненных БСД, сигаретные окурки составляли 10 % от ее воздушно-сухой массы. Элементный состав вытяжек, а также профильтрованных проб воды приуездной полосы (1 м от уреза) определяли методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. Анализ выполняли на масс-спектрометре Agilent 7500se фирмы Agilent Technologies с квадрупольным масс-анализатором в Центре коллективного пользования «Ультрамикрoанализ» при Лимнологическом институте СО РАН. Правильность результатов оценивали, используя аттестованные стандартные образцы состава байкальской воды.

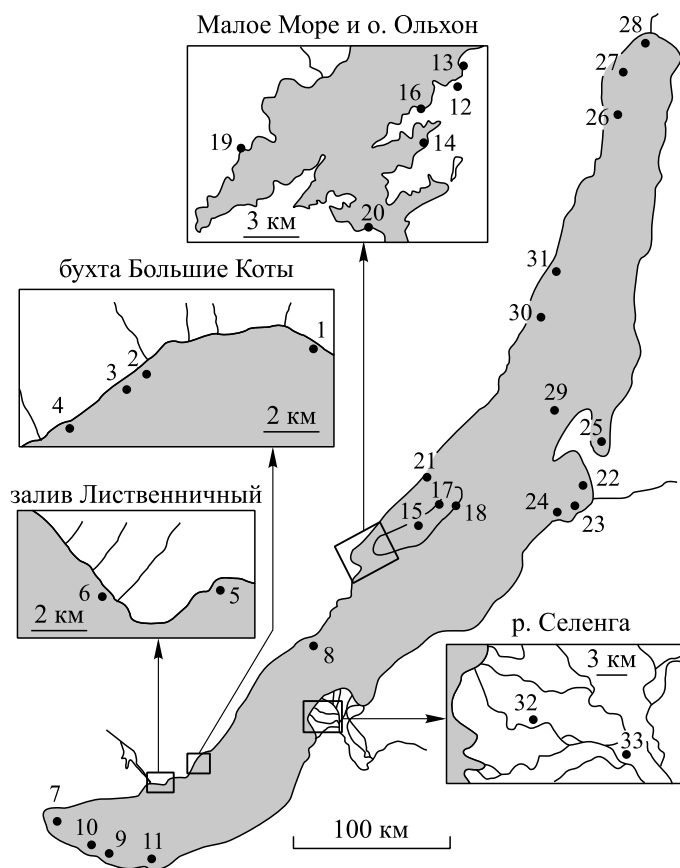


Рис. 1. Картограмма расположения участков сбора мусора.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ

В заплесковой зоне, непосредственно примыкающей к урезу воды озера, обнаружены следующие виды отходов.

1. Отходы полимеров: полиэтилентерефталат (ПЭТ) (бутылки, пищевая упаковка, веревки); полиэтилен высокого давления (ПВД) (канистры для масел); поливинилхлорид (ПВХ) (упаковки для пищевых растительных масел, клеенка, линолеум); полиэтилен низкого давления (ПНД) (пластиковые пакеты, упаковка для чипсов, семечек, куски полиэтиленовой пленки); полипропилен (ПП) (крышки для ПЭТ-бутылок, бутылки для сиропа и кетчупа, стаканчики для йогурта, одноразовая посуда, обрывки туристических ковриков, мешки); полистирол (ПС) (поддоны, упаковка для пищевых продуктов, пенопласт); другие виды перерабатываемого пластика (монтажная пена, поролон, пластиковая обувь).

2. Отходы металлов: алюминиевые сплавы (банки для напитков, алюминиевая фольга); жестяные банки для консервов; другие отходы металлов (стальная проволока, трос, использованные свечи зажигания, иные изделия из металлов, куски жести).

3. Отходы стекла: изделия из белого и цветного стекла, стеклобой.

4. Текстильные отходы: предметы одежды, обуви, куски ваты, меховые изделия.

5. Бумага: одноразовая посуда, картонная и бумажная упаковка.

6. Резина: автомобильные шины, резиновые изделия, обувь.

7. Отходы смешанного состава: рыболовные сети, рубероид, шифер, упаковка от соков, молока («тетрапак»), окурки и т. д.

8. Другие виды отходов: изделия из дерева (доски, фанера); пищевые отходы.

Количественный учет видов мусора по фотокадрам на компьютере показал, что на большинстве участков среди отходов преобладали изделия из полимеров (участки 9, 11–13, 16, 20, 22, 24, 26, 28), металла (большое количество в 25 сборах) и стекла (один из основных компонентов в 26 сборах).

В пределах особо охраняемой природной территории (ООПТ) количество и объем отходов незначительны и представлены единичными предметами (ржавая металлическая бочка на побережье о. Большой Ушканий, несколько стеклянных бутылок и консервных банок южнее мыса Елохина, обрывки ткани на берегу мыса Солонцового).

Наибольшая масса отходов собрана на побережьях о. Ольхон (участки 12–14, 16), на пляже между мысами Лиственничный и Сытый (участок 5) и по берегам проток дельты р. Селенги (участки 32, 33) (см. табл. 1). В пределах территорий с максимально высокой рекреационной нагрузкой и местах традиционных туристических стоянок на участках 1, 5, 7, 17, 27 обнаружены значительные объемы захороненных, полузахороненных и поверхностных навалов отходов.

В районе пос. Листвянка (участок 6) в сентябре 2011 г. с пляжа размером 200 × 2 м собрали 59 200 окурков (148 окурков/м²) общим весом около 5 кг (примерно 12,5 г/м²). Сигаретные окурки найдены также на пляжах и в составе БСД в прибрежной зоне бухты Большие Коты, на о. Ольхон и многих других участках.

Результаты анализа лимоннокислых и ацетатно-аммонийных вытяжек (табл. 2) показали, что БСД с включением сигаретных окурков отличались от БСД природного происхождения, типичных для заплесковой зоны Байкала [10–12], более высоким содержанием соединений натрия, хлора, никеля, титана, мышьяка, кадмия в подвижных (доступных для гидробионтов) формах. Содержание подвижных соединений большинства других элементов (от лития до урана) в массе с сигаретными окурками в основном не превышало медианных значений.

Присутствие отходов потребления в биогеоценозах заплесковой зоны оз. Байкал отмечено на большей части обследованных участков (кроме пляжей в бухте Карганте, у устья р. Бугульдейки, мыса Ижимей — участки 8, 18, 21). По объему, весу и ассортименту преобладали отходы из полимерных материалов, по функциональному назначению — упаковочный материал (пластиковые пакеты и бутылки, стеклянные бутылки, металлические банки и т. п.). В ассортименте полимеров преобладали виды, подлежащие вторичной переработке (ПНД, ПВД, ПП, ПВХ, ПС, ПЭТ). По этим показателям бытовой мусор в зоне заплеска оз. Байкал не отличается от мусора прибрежных районов различных частей мира [14–17].

Условно скопления отходов потребления на побережье Байкала можно разделить на две группы: автохтонные (остающиеся на месте образования) и аллохтонные (переместившиеся относительно места образования). Первая — это мусор, аккумулирующийся вокруг туристических стоянок, кострищ, а также захороненные или поверхностные навалы, отмеченные в районах с высокой рекреационной

нагрузкой: мыс Лиственничный, бухта Обугеиха, пос. Култук, мыс Нюргон, г. Северобайкальск, бухта Варначка. Участки с береговыми скоплениями автохтонных отходов отличаются легкодоступностью, а их распределение носит, как правило, агрегированный (пятнистый) характер (рис. 2). Равномерное рассредоточение отходов, относящихся к первой группе, можно наблюдать в период таяния льда в пределах населенных пунктов вдоль уреза воды, где оставляемый людьми мусор накапливается в течение всего зимнего сезона. Количество таких образований может быть довольно значительным, а состав — самым разнообразным: от преобладающих мелких компонентов (окурки, обрывки бумаги и полиэтилена) до крупных металлических, текстильных, резиновых изделий, отходов древесины.

Отходы второй группы переносятся ветром и водой и аккумулируются в труднодоступных узких ущельях, вдоль русел рек, в районах впадения рек, часто сплошь покрывают пляжи небольших бухт (рис. 3) либо на некоторое время равномерно распределяются по линии уреза воды открытого Байкала. Во время сильных штормов плавучие пластиковые, бумажные и текстильные отходы преодолевают большие расстояния. По данным [17], ветер перемещает легкий мусор более чем на 2 км. Значительные объемы легких и плавучих компонентов мусора, которые переносятся ветром и прибойными потоками, характерны, например, для за-

Таблица 2

Содержание Na, Cl, Ti, Ni, As и Cd в экстрактах проб, отобранных из береговых скоплений детрита, мкг/л

Элемент	БСД с сигаретными окурками	БСД без сигаретных окурков (n = 8)*		
		максимум	минимум	медиана
<i>Лимоннокислые вытяжки</i>				
Na	8400	3800	320	1600
Cl	12 000	1300	220	680
Ni	44,0	23,0	0,5	4,6
As	16,00	9,40	0,06	0,58
Cd	0,76	0,37	0,02	0,14
<i>Ацетатно-аммонийные вытяжки</i>				
Cl	12 000	570	95	370
Ti	30,0	17,0	0,3	2,8
Ni	28,0	5,4	0,3	3,8
As	15,0	8,5	0,2	0,7
Cd	1,10	0,72	0,05	0,13

* n — количество проанализированных проб. Аналитики — Е. П. Чебыкин, Е. В. Сайбаталова.



Рис. 2. Автохтонные отходы: навал мусора на пляже в зоне заплеска. Пос. Култук, июнь 2013 г.

плесковой зоны о. Ольхон. Так, небольшой, ограниченный скалами пляж участка 12 в бухте Хоргойской (длиной около 30 м) и соседнее узкое ущелье (размером 3 × 10 м), отличались самым большим количеством отходов (см. рис. 4), несмотря на трехкратный сбор мусора: в июне 2011 г., в сентябре 2012 г., в июне 2013 г.

Постоянный компонент отходов — сигаретные окурки. Нередко в местах традиционного отдыха людей прибрежные пляжи усеяны окурками, которые, имея небольшие размер и вес, распределяются по всей толще грунтов и в конечном итоге выносятся прибойными потоками в мелководную зону Байкала. В связи со значительным ростом количества круизных теплоходов можно предположить, что окурки — постоянный компонент и донных биоценозов озера. Регулярное включение большого количества сигаретных окурков в состав БСД, в массе которых в результате процессов разложения ор-



Рис. 3. Скопления аллохтонных отходов. Бухта Хоргойская, июнь 2011 г.

ганического вещества формируется весьма агрессивная среда с повышенной кислотностью [27], способно нарушить природные потоки макро- и микроэлементов в прибрежной зоне Байкала. В образцах БСД, в компонентном составе которых преобладали сосновая, лиственничная хвоя и присутствовали сигаретные окурки, установлены повышенные содержания подвижных соединений сурьмы (0,13 мкг/л) и хрома (3,4 мкг/л), близкие к их максимальному уровню (0,14–0,18 и 6,6–9,3 мкг/л соответственно) в экстрактах из скоплений элодеи канадской. В вытяжках образцов из лиственничной или сосновой хвои сурьмы обнаружено менее 0,041, хрома — 0,91–1,3 мкг/л. БСД с сигаретными окурками — потенциальный источник загрязнения интерстициальных вод и грунтов зоны заплеска, а также водной среды в прибрежье Байкала натрием, хлором, никелем, титаном, мышьяком и кадмием. В таких БСД содержания подвижных форм соединений этих элементов не только во много раз превосходят медианные, но и в 1,5–2 раза (по хлору — в 9–20 раз) превышает максимальные значения, характерные для элементного состава БСД природного происхождения (см. табл. 2). Содержание вышеперечисленных элементов в воде приурезовой полосы бухты Большие Коты (1 м от уреза) значительно меньше и в среднем составляет для натрия 2500 ± 140 мкг/л, хлора — 340 ± 50 , титана — $0,28 \pm 0,06$, никеля — $0,27 \pm 0,05$, мышьяка — $0,27 \pm 0,05$, кадмия — $0,007 \pm 0,002$, хрома — $0,15 \pm 0,04$, сурьмы — $0,014 \pm 0,004$ мкг/л.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наличие отходов потребления установлено на территории большинства исследованных участков. Минимальные скопления мусора характерны для особо охраняемых природных территорий, а максимальные — для мест с наибольшей рекреационной нагрузкой (побережье о. Ольхон, а также побережья в пределах населенных пунктов — поселки Листвянка, Большие Коты, Мурзино и др.).

В зоне заплеска оз. Байкал наиболее часто встречаются изделия из разных видов пластика, а в ассортименте всех отходов преобладает упаковка из пластика, стекла, металла, картона, пригодная для вторичной переработки.

Выделены две группы отходов потребления: отходы, остающиеся на месте образования (автохтонные), сопутствующие популярным местам отдыха людей, и отходы, переместившиеся относительно места образования (аллохтонные), распределение и концентрация которых в прибрежной зоне Байкала обусловлены природными факторами (ветрами, штормами, прибойными потоками, рельефом местности и т. д.). Отходы второй группы могут скапливаться в труднодоступных участках побережья.

Повсеместное скопление сигаретных окурков в БСД или на пляжах — один из множества факторов, угрожающих устойчивости биогеоценозов прибрежной зоны. БСД с окурками являются потенциальным источником загрязнения интерстициальных вод и грунтов зоны заплеска, а также водной среды в прибрежье Байкала натрием, хлором, никелем, титаном, мышьяком и кадмием.

Работа выполнена в рамках государственного проекта «Современное состояние, биоразнообразие и экология прибрежной зоны озера Байкал» (VI.51.1.10).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богородский Ю. В. К проблеме охраны биоценозов Южного Байкала // Гидрофауна и гидробиология водоемов бассейна озера Байкал и Забайкалья. — Улан-Удэ: Изд-во Бурят. филиала СО АН СССР, 1980. — 113 с.
2. Andrady A. L., Neal M. A. Applications and societal benefits of plastics // Philosophical Transactions of the Royal Society. — 2009. — Vol. 364. — P. 1977–1984.
3. Antunes J. C., Frias J. G. L., Micaelo A. C., Sobral P. Resin pellets from beaches of the Portuguese coast and adsorbed persistent organic pollutants // Estuarine, Coastal and Shelf Science. — 2013. — N 130. — P. 62–69.
4. Barnes D. K. A., Galgani F., Thompson R. C., Barlaz M. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments // Philosophical Transactions of the Royal Society. — 2009. — Vol. 364. — P. 1985–1998.
5. Browne M. A., Crump P., Niven S. J., Teuten E., Tonkin A., Galloway T., Thompson R. Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: Sources and sinks // Environ. Sci. Technol. — 2011. — Vol. 45. — P. 9175–9179.
6. Holmes A. L., Turner A., Thompson R. C. Adsorption of trace metals to plastic resin pellets in the marine environment // Environ. Pollution. — 2012. — Vol. 160. — P. 42–48.
7. Teuten E. L., Saquing J. M., Knappe D. R. U., Barlaz M. A., Jonsson S., Bjorn A., Rowland S. J., Thompson R. C., Galloway T. S., Yamashita R., Ochi D., Watanuki Y., Moore C., Viet P. H., Tana T. S., Prudente M., Boonyatumanond R., Zakaria M. P., Akkavong K., Ogata Y., Hirai H., Iwasa S., Mizukawa K., Hagino Y., Imamura A., Saha M., Takada H. Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife // Philosophical Transactions of the Royal Society. — 2009. — Vol. 364. — P. 2027–2045.

8. Даниленко Н. Н., Моисеева И. Ю. Туристические базы районов Малого моря и острова Ольхон: состояние и влияние на окружающую среду // Актуальные вопросы современной сферы услуг. — Иркутск: Изд-во Байкал. ун-та экономики и права, 2012. — С. 71–77.
9. Заборцева Т. И., Евстропьева О. В. Современные социально-экологические проблемы рекреационного освоения Прибайкальского национального парка // География и природ. ресурсы. — 2009. — № 4. — С. 72–81.
10. Тимошкин О. А., Вишняков В. С., Волкова Е. А., Широкая А. А., Куликова Н. Н., Зайцева Е. П., Лухнёв А. Г., Попова О. В., Томберг И. В., Потапская Н. В., Зверева Ю. М., Мальник В. В., Бондаренко Н. А., Рожкова Н. А., Оболкина Л. А., Шевелёва Н. Г., Косторнова Т. Я., Сутурин А. Н., Непокрытых А. В., Сайбаталова Е. В., Логачёва Н. Ф. Биология прибрежной зоны озера Байкал. Сообщ. 2: Береговые скопления заплесковой зоны: классификация, сезонная динамика количественных и качественных показателей их состава // Изв. Иркут. ун-та. Сер. Биология. Экология. — 2012. — Т. 5, № 1. — С. 40–91.
11. Тимошкин О. А., Сутурин А. Н., Бондаренко Н. А., Куликова Н. Н., Рожкова Н. А., Шевелёва Н. Г., Оболкина Л. А., Домышева В. М., Зайцева Е. П., Мальник В. В., Максимова Н. В., Томберг И. В., Непокрытых А. В., Широкая А. А., Лухнёв А. Г., Попова О. В., Потапская Н. В., Вишняков В. С., Волкова Е. А., Зверева Ю. М., Логачёва Н. Ф., Сакирко М. В., Косторнова Т. Я. Биология прибрежной зоны озера Байкал. Сообщ. 1: Заплесковая зона: первые результаты междисциплинарных исследований, важность для мониторинга экосистемы // Изв. Иркут. ун-та. Сер. Биология. Экология. — 2011. — Т. 4, № 4. — С. 75–110.
12. Тимошкин О. А., Томберг И. В., Куликова Н. Н., Попова О. В., Мальник В. В., Косторнова Т. Я., Лухнёв А. Г., Зайцева Е. П., Широкая А. А., Потапская Н. В., Зверева Ю. М., Бондаренко Н. А., Рожкова Н. А., Оболкина Л. А., Шевелёва Н. Г., Сутурин А. Н., Сайбаталова Е. В., Непокрытых А. В., Вишняков В. С., Волкова Е. А., Логачёва Н. Ф. Биология прибрежной зоны озера Байкал. Сообщ. 3: Сезонная динамика инфауны береговых скоплений; гидрохимическая, микробиологическая характеристика интерстициальных вод зоны заплеска // Изв. Иркут. ун-та. Сер. Биология. Экология. — 2012. — Т. 5, № 1. — С. 92–110.
13. Уланова О. В., Реуцкая А. М., Зелиц Е., Хербель Я.-Д. Байкал: славное море, мусорные берега // Твёрдые бытовые отходы. — 2007. — № 8. — С. 8–13.
14. Заборцева Т. И., Игнатова О. А. Социально-географический анализ городского потенциала вторичных материальных ресурсов (на примере г. Иркутска) // Изв. Иркут. ун-та. Сер. Науки о Земле. — 2009. — Т. 2, № 2. — С. 72–85.
15. Ильиных Г. В., Завизион Ю. В., Слюсарь Н. Н., Коротаев В. Н. Тенденции и закономерности изменения норм накопления, состава и свойств ТБО // Экология и промышленность России. — 2013. — № 10. — С. 22–25.
16. Соловьянов А. А. Пластики и окружающая среда // Твёрдые бытовые отходы. — 2010. — № 8. — С. 38–41.
17. Zylstra E. R. Accumulation of wind-dispersed trash in desert environments // Journ. of Arid Environments. — 2013. — Vol. 89. — P. 13–15.
18. Huerta-Pujol O., Soliva M., Giró F., López M. Heavy metal content in rubbish bags used for separate collection of biowaste // Waste Management. — 2010. — Vol. 30. — P. 1450–1456.
19. Carson H. S. The incidence of plastic ingestion by fishes: From the prey's perspective // Marine Pollution Bull. — 2013. — N 74. — P. 170–174.
20. Setälä O., Fleming-Lehtinen V., Lehtiniemi M. Ingestion and transfer of microplastics in the planktonic food web // Environ. Pollution. — 2014. — N 185. — P. 77–83.
21. Walde A. D., Harless M. L., Delane D., Pater K. L. Anthropogenic threat to the desert tortoise (*Gopherus agassizii*): litter in the Mojave Desert // Western North American Naturalist. — 2007. — Vol. 67 (1). — P. 147–149.
22. Moerman J. W., Potts G. E. Analysis of metals leached from smoked cigarette litter // Tobacco Control. — 2011. — N 20 (Suppl. 1). — P. 30–35.
23. Moriwaki H., Kitajima S., Katahira K. Waste on the roadside, 'poi-sute' waste: its distribution and elution potential of pollutants into environment // Waste Management. — 2009. — N 29. — P. 1192–1197.
24. Novotny E. T., Lum K., Smith E., Wang V., Barnes R. Cigarettes butts and the case for an environmental policy on hazardous cigarette waste // Int. Journ. Environ. Res. Public Health. — 2009. — N 6. — P. 1691–1705.
25. Химический состав сигареты [Электронный ресурс]. — <http://www.sigaretka.ru/sigarety/himicheskij-sostav-sigarety.html> (дата обращения 20.12.2014).
26. Kathleen M. Cigarette butts as litter—toxic as well as ugly // Underwater Naturalist. Bull. Amer. Littoral Soc. — 2000. — Vol. 25, N 2 [Электронный ресурс]. — <http://www.longwood.edu/cleanva/ciglitterarticle.htm> (дата обращения 20.12.2014).
27. Куликова Н. Н., Сутурин А. Н., Сайбаталова Е. В., Бойко С. М., Тимошкин О. А., Домышева В. М., Парадина Л. Ф., Сакирко М. В., Томберг И. В., Зайцева Е. П., Мальник В. В., Лухнёв А. Г., Попова Е. Л., Попова О. В., Потапская Н. В., Вишняков В. С., Волкова Е. А., Зверева Ю. М. Биогеохимия прибрежной зоны бухты Большие Коты (Южный Байкал) // Изв. Иркут. ун-та. Сер. Биология. Экология. — 2012. — Т. 5, № 3. — С. 75–87.

Поступила в редакцию 24 марта 2015 г.