

УДК 556.535.8:628.463

УПРАВЛЕНИЕ ПОТОКАМИ ПЛАВАЮЩЕГО МУСОРА В ЗАРЕГУЛИРОВАННЫХ РЕЧНЫХ СИСТЕМАХ

*Ю.С. Васильев¹, В.И. Масликов¹, А.Н. Чусов¹,
Т.Р. Еремина², А.А. Ершова², М.Б. Шилин²*

¹ Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

² Российский государственный гидрометеорологический университет,
shilin@rshu.ru

Показана важность и актуальность проблемы управления мусорными потоками в зарегулированных водотоках. Оценены объемы, состав и время разложения плавающего мусора. Дается обзор способов борьбы с мусором и спецтехники для его сбора и удаления из водохранилищ. Обсуждается возможная роль гидроэлектростанций в управлении потоками плавающего мусора. Предлагается алгоритм управления мусорными потоками в зарегулированных речных системах с использованием потенциала гидроэлектростанций.

Ключевые слова: мусор, зарегулированные речные системы, управление мусорными потоками.

MANAGEMENT OF FLOWS OF FLOATING LITTER IN REGULATED RIVER SYSTEMS

*Yu.S. Vasiljev¹, V.I. Maslikov¹, A.N. Chusov¹,
T.R. Eremina², A.A. Ershova², M.B. Shilin²*

¹ Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

² Russian State Hydrometeorological University

The importance and urgency of the problem of litter flows' management in regulated watercourses is shown. The volumes, composition and time of decomposition of floating litter are estimated. An overview of the way to deal with litter and special equipment for its collection and disposal from reservoirs is given. The possible role of hydroelectric power stations in managing the flow of floating litter is discussed. An algorithm for managing litter flows in regulated river systems using the potential of hydroelectric power stations is proposed.

Keywords: litter, regulated river systems, management of floating litter.

Введение

В Российской Федерации отходы потребления составляют около 85 % всех полимерных отходов в стране. Перерабатывающая мусор промышленность до сих пор находится в стадии развития: только 5 % всего мусора в России перерабатывается, 10 % транспортируется на свалки, соответствующие современным экологическим стандартам, а 85 % отправляется на свалки с низким уровнем экологической безопасности [3].

Большое количество отходов антропогенной деятельности различными путями поступает в водотоки (реки, каналы), образуя так называемый плавающий мусор (ПМ) [1, 2]. При попадании в водоток ПМ может транспортироваться на десятки километров вниз по течению от места сброса, образуя скопления у естественных и / или искусственных преград, прежде всего в верхних бьефах водохранилищ гидроэлектростанций (ГЭС) непосредственно в зоне, примыкающей к плотине (рис. 1).

ПМ практически всегда присутствует в водохранилищах, начиная с момента их наполнения. Нередко объем плавающего мусора возрастает настолько, что он становится препятствием для эксплуатации ГЭС [1, 2]. На большинстве ГЭС мероприятия по очистке бьефов от ПМ рассматриваются как первоочередные и крайне необходимые [<http://danube-cooperation.com/danubius/2011/02/09/problem-of-floating-debris-in-the-danube-and-tamis-rivers-area-of-pancevo/>].

В недавнем прошлом мусор в основном состоял из древесины и торфов затопленных лесов и болот. В настоящее время ПМ близок по составу и морфологии к твердым бытовым отходам (ТБО). Он состоит в основном из полиэтиленовых пакетов и посуды, пластиковых упаковок, автомобильных шин и их фрагментов, алюминиевых отходов, мертвых веток и стволов деревьев и органических отходов.

За последнее время проблема ПМ обострилась, так как резко возрос объем скапливающихся в водохранилищах плавающих бытовых отходов, в основном выносимых речным стоком во время паводков и половодья. Эти отходы вызывают



Рис. 1. Скопление плавающего мусора перед плотиной Гунибской ГЭС на реке Каракойсу (Россия, Дагестан) [<http://surfingbird.ru/surf/dAW14B049#.WSa9-UdSCUk>].

ухудшение качества водной среды, придают неприглядный вид водным объектам и затрудняют эксплуатацию ГЭС. Большая часть отходов, представленная легкими плавающими фракциями (в основном от изделий из пластика), скапливается в поверхностном слое воды толщиной 0,5—0,7 м [<http://danube-cooperation.com/danubius/2011/02/09/problem-of-floating-debris-in-the-danube-and-tamis-rivers-area-of-rancevo/>]. Тяжелые фракции («топляк») скапливаются в более глубоких слоях и оседают на дне. В результате практически вся толща воды перед плотиной оказывается засоренной.

Традиционные способы удаления плавающего бытового мусора, имеющего своеобразный морфологический и фракционный состав, оказались недостаточно эффективными. К началу XXI века возникла необходимость разработки дорогостоящих специальных мероприятий по очистке водохранилищ путем создания новых типов боновых ограждений, устройств очистки сороудерживающих решеток, плавучих мусоросборщиков и т.п. [1, 2]. Проводимые на водохранилищах мероприятия лишь частично решают проблему ПМ, так как предназначены только для обеспечения бесперебойной работы оборудования ГЭС. С помощью сороудерживающих решеток извлекается относительно небольшой объем отходов. При этом дальнейшую утилизацию извлеченных из воды отходов оплачивает ГЭС, что увеличивает себестоимость выработки электроэнергии. Основной объем ПМ, скапливающегося у плотин, сбрасывается в нижний бьеф через водосливы и далее выносится в устья рек и морские акватории, что ухудшает экологическую ситуацию в прибрежно-морских экосистемах.

С начала работы Комплекса защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений (КЗС) в Невской губе, фактически представляющей собой зарегулированный водоем, источником поступления ПМ является сеть водотоков Санкт-Петербурга и пригородов, состоящая из более чем 220 рек, каналов и ручьев различной протяженности, а также водохранилищ. С целью устранения угрозы накопления ПМ с восточной стороны КЗС в Санкт-Петербурге в течение года непрерывно ведутся работы по уборке и очистке акваторий. В зимний период сбор мусора с поверхности льда осуществляется вручную или же — в случае слабого ледяного покрова — с использованием вездехода-амфибии. В летний период уборка ПМ на несудоходных реках и обсыхаемых участках акватории осуществляется вручную. На акватории судоходных водотоков уборка ПМ производится с применением катеров и понтонов.

Обслуживаемая площадь уборки в зимний период составляет около 3365 тыс. м², в летний период — около 3330 тыс. м². На полигоны ТБО ежегодно вывозится более 1 тыс. м³ ПМ. За пределами городской черты ПМ накапливается в зарегулированных водотоках Ленинградской области, прежде всего в акватории р. Ижоры и Ижорского водохранилища (Колпинский район). В районе плотины Ижорского завода перемещающаяся мусорная масса принимает вид «островов» общей площадью до 6 тыс. м². «Острова» буксируются на мелководье, складировются на специально отведенных участках береговой зоны и вывозятся на утилизацию на полигоны ТБО [4].

В настоящее время замусоренность зарегулированных водотоков во всем мире является острой экологической проблемой, требующей поиска способов ее решения. Учитывая, что все большее число крупных, средних и малых рек регулируется водохранилищами ГЭС [1, 2, 4], целесообразно возложить на них дополнительную функцию защиты бьефов от ПМ. Для этого в зависимости от конкретных условий эксплуатации ГЭС необходимо разработать эффективные мероприятия по контролю мусорных потоков и удалению ПМ из водной среды. Целью настоящей работы являются анализ подходов к борьбе с ПМ с использованием потенциала водохранилищ и разработка алгоритма управления мусорными потоками в зарегулированных водотоках.

Негативные последствия загрязнения водотоков плавающим мусором

Загрязнение ПМ водной среды включено ЮНЕСКО в список наиболее острых экологических проблем современности [<http://danube-cooperation.com/danubius/2011/02/09/problem-of-floating-debris-in-the-danube-and-tamis-rivers-area-of-rancevo/>]. В густонаселенных странах (Китай, Индия) эта проблема достигла катастрофических масштабов (рис. 2) [<http://theecology.ru/interesting/samye-grjaznye-strany-mira>; <http://lifeglobe.net/blogs/details?id=890>].

Основными источниками поступления ПМ в водотоки являются:

- свалки;
- придорожные территории, места стоянок, обзорные площадки вблизи рек и каналов;



Рис. 2. Река Сабармати (штат Ахмедабад, Индия): загрязнение мусором рек Индии достигло катастрофических масштабов [<http://daypic.ru/ekology/198127#more-198127>].

- рекреационные зоны;
- непрофессиональное поведение частных лиц и организаций, ответственных за сбор, транспортировку и размещение твердых бытовых отходов.

Многие проблемы возникают как следствие загрязнения ПМ водной среды, и в частности:

- загрязнение экосистемы водотока,
- засорение сороудерживающих решеток ГЭС,
- создание препятствий для водного транспорта,
- создание неблагоприятных условий для водных видов спорта.

В результате загрязнения водной среды ПМ качество питьевой воды существенно снижается, что резко повышает риск заболеваний населения. Как свидетельствуют отчеты экспертов ООН, которые публикуются ежегодно в преддверии Всемирного дня воды (22 марта), число людей, ежегодно болеющих и умирающих только потому, что употребляют загрязненную воду, практически равно числу жертв различного вида насилия. От заболеваний, вызванных употреблением загрязненной воды, в во всем мире погибает в год не менее 1,8 млн детей младше пяти лет [<http://www.un.org/ru/sections/issues-depth/water/index.html>].

Помимо ухудшения качества воды, скопления ПМ снижают рекреационную привлекательность водоемов и водотоков (рис. 3).

Препятствуя проникновению солнечного излучения в толщу воды, ПМ ингибирует фотосинтез планктона и донных водорослей, что нарушает процессы образования первичной продукции и вызывает деформацию пищевых цепей в водной экосистеме [http://promo-kart.ru/plavajushhij-musor-problema_i_reshenie]. Токсичные и вредные вещества, поступающие в водную среду из ПМ, накапливаются в тканях гидробионтов и циркулируют по пищевым сетям, попадая в конце концов в организмы консументов верхних уровней трофической пирамиды, в том числе человека. К особо опасным токсикантам, присутствующим в ПМ в значительных концентрациях, относятся полихлорированные бифенилы, ДДТ (дихлордифенилтрихлорэтан) и полиароматические углеводороды [6].

Компоненты ПМ различаются по времени разложения. Данные по конкретным видам отходов представлены в табл. 1.



Рис. 3. Загрязнение мусором прибрежной зоны Ольшанского водохранилища на реке Теремля (Украина) [<http://rian.com.ua/society/20170410/1023079044.html>].

Таблица 1

Время разложения различных видов отходов	
Вид мусора	Срок разложения
Пищевые отходы	От 10 дней до 1 месяца
Газетная бумага	От 1 месяца до 1 года
Картонные коробки	До 1 года
Бумага	2 года
Доски деревянные	До 10 лет
Железная арматура	До 10 лет
Железные банки	До 10 лет
Старая обувь	До 10 лет
Жестяные банки	До 90 лет
Автомобильные аккумуляторы	До 100 лет
Фольга	До 100 лет
Обломки кирпича, бетона	До 100 лет
Электрические батарейки	До 100 лет
Резиновые покрышки	Более 100 лет
Пластиковые бутылки	Более 100 лет
Полиэтиленовая пленка	200 лет
Алюминиевые банки	500 лет
Стекло	Более 1000 лет

Для человека, а также водных и околотоводных животных особую опасность представляет пластик, не включающийся в природные циклы (табл. 2).

Таблица 2

Основные виды и источники пластикового загрязнения

Сокращенное наименование	Полное наименование	Источники поступления
PET (PETF) = ПЭТ (ПЭТФ)	Полиэтилентерефталат	Бутылки, большая часть пищевой тары
PEHD (HDPE) = ПЭНД	Высокоплотный полиэтилен	Жесткая тара для пищевых продуктов
PVC = ПВХ	Поливинилхлорид	Мебель, элементы декора, окна, трубы канализационные
LDPE (PELD) = ПЭВД	Низкоплотный полиэтилен	Пакеты, мешки для мусора, пищевая пленка, гибкие емкости
PP = ПП	Полипропилен	Игрушки, пищевые упаковки, автозапчасти
PS = ПС	Полистирол	Теплоизоляция, одноразовая посуда, игрушки, канцтовары
OTHER = ПРОЧЕЕ	Обычно твердый прозрачный поликарбонат	Компакт-диски, защитные очки, линзы, светопроводящие элементы

Примерный период разложения пластиковых отходов насчитывает, по разным оценкам, от 100 до 500 лет. При этом пластик до конца никогда не разлагается и не растворяется, а под воздействием агрессивных факторов внешней среды

(УФ-излучение, соленая морская вода и т.д.) механически разрушается на более мелкие частицы («микропластик» — частицы размером менее 5 мм) [5].

Накопление частиц микропластика в окружающей среде и в гидробионтах в настоящее время вызывает особую озабоченность у исследователей-экологов. Эти частицы настолько малы, что могут не только оставаться в пищевом тракте животных, но и проникать сквозь клеточные стенки, становясь частью тела, и таким образом циркулировать по пищевым цепям в течение длительного времени. Более того, установлено [7], что частицы пластика, «разлагаясь», приобретают очень пористую структуру и действуют как «губка», впитывая все токсичные вещества из водной среды и становясь своеобразным аккумулятором токсинов. Благодаря этому пластиковое загрязнение способно вызывать отравление у гидробионтов, в том числе у тех, которые включены в цепочку питания человека. Попадая в организм человека, связанные с пластиковым загрязнением токсины вызывают патологические изменения в печени и почках, снижают защитные функции иммунной системы и могут стать триггерами онкологических заболеваний. Некоторые накапливающиеся в пластике токсины имеют структуру, сходную со структурой гормона эстрадиола, и вызывают гормональные сбои у отравившихся животных и человека.

Водоплавающие птицы запутываются в пакетах и других изделиях, что приводит к их гибели. Изделия из пластика и их фрагменты принимаются птицами и рыбами за кормовые объекты. Рыбоядные птицы не только глотают их, но и приносят их птенцам в качестве корма. Такие фрагменты не проходят через желудочно-кишечный тракт и накапливаются в организме, вызывая закупорку кишечника. Часто в желудке накапливается столько пластмассы, что в нем не остается места для корма, и птица погибает от голода [<http://projects.platfor.ma/vybrosit-v-bede/>].

Влияние плавающего мусора на работу ГЭС

На всей территории России в настоящее время эксплуатируются 99 крупных и сотни малых ГЭС. Численность населения, сосредоточенного в береговой зоне созданных водохранилищ, составляет миллионы человек. В процессе своей жизнедеятельности эти люди производят огромное количество мусора. Отходы попадают в воду в результате несанкционированного сброса или с территории прибрежных рекреационных зон.

ПМ может вызвать помехи в работе ГЭС вплоть до полной остановки турбин. Это влечет за собой значительные финансовые потери на ремонт и очистку, которые перекладываются на рядового потребителя посредством увеличения стоимости электроэнергии. В Китае данная проблема стоит наиболее остро. Крупнейшая в мире электростанция «Три ущелья» — действующая и достраиваемая ГЭС на реке Янцзы — является в то же время и крупнейшей в мире свалкой мусора (рис. 4). Вверх по течению реки проживает более 150 млн человек. Во многих местах вдоль р. Янцзы жители сбрасывают мусор и бытовые отходы прямо в реку из-за отсутствия организованных мусоросборочных площадок. К плотине ГЭС «Три ущелья» ежегодно приплывает 150—200 тыс. м³ мусора. Толщина мусорной

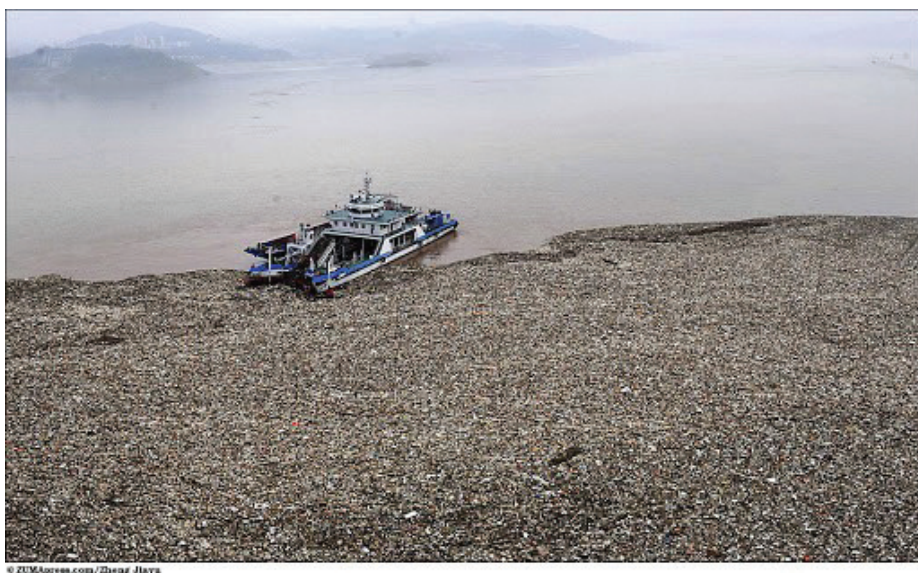


Рис. 4. Уборка мусора перед плотиной ГЭС «Три ущелья» в Китае
[<http://tainyvselennoi.ru/blog/43742424710/35-neveroyatnyih-foto-kraynih-stepeney-zagryazneniya-v-Kitaye>].

свалки перед плотиной достигает 60 см, общая площадь — более 50 тыс. м². Компания, обслуживающая ГЭС, вынуждена тратить более 1 млн евро в год на сбор и утилизацию отходов [8].

Способы борьбы с плавающим мусором

На многих ГЭС перед водозаборами установлены сороудерживающие механизмы, основная задача которых — защитить оборудование, удерживая плавающие обломки и ПМ от попадания в турбину. Система сороудерживающих механизмов состоит из непосредственно самой решетки и компонентов ее очистки и мониторинга.

Сороудерживающие решетки. Основная функция сороудерживающих решеток заключается в защите оборудования, такого как калитки и турбины, от фрагментов ПМ, которые слишком велики для прохождения через водопроводящие каналы ГЭС без нанесения вреда. Решетка для сбора мусора является одним из самых важных устройств контроля засорения и управления им. Как правило, сороудерживающая решетка состоит из стационарных рядов параллельных балок из углеродистой стали, расположенных на входе в плотину.

Мусорные грабли. Основная задача данного компонента — удаление ПМ, который накапливается на сороудерживающих решетках. Очищая забитые стойки, мусорные грабли уменьшают разницу давления. Размер конструкции граблей изменяется в зависимости от размеров частиц мусора. Грабли также различаются

по уровню автоматизации: некоторые станции используют ручные мусорные грабли, а другие — механические системы.

Мусорный конвейер. Функция мусорного конвейера заключается в удалении мусора, счищенного с мусорных стоек. Мусорные конвейеры сокращают расходы, устраняя необходимость ручного труда для удаления мусора.

Система мониторинга. Функция системы мониторинга заключается в измерении разности давления (гидростатического перепада) на мусорной решетке. Результаты измерений можно использовать для составления графика очистки мусора.

Используемое в настоящее время оборудование для сороудерживающих решеток можно классифицировать исходя из размеров ГЭС. На средних ГЭС с длиной очистки до 20 м обычно используются два типа механизмов: классический очиститель решеток из металлической сетки или (в последнее время) очиститель решеток с гидравлической стрелой. Для больших ГЭС используется очиститель решеток из металлической сетки. Примеры очистителей решеток представлены на рис. 5 и 6.

В течение почти 100 лет использования сороудерживающих решеток большие успехи были достигнуты в их распространении. Многие проблемы были решены



Рис. 5. Очиститель решеток из металлической сетки
[[http://www.sgcraneshoists.com / trash-cleaning-machines.html](http://www.sgcraneshoists.com/trash-cleaning-machines.html)].



Рис. 6. Очиститель решеток с гидравлической стрелой
[<https://www.kuenz.com/en/hydro/trash-rack-cleaning/>].

с помощью интегрируемых контейнеров, используемых в качестве буферных емкостей для хранения буксируемого мусора, и применения конвейеров, которые направляют мусор в сушильную корзину для последующей очистки.

Скапливание ПМ на относительно небольшом участке перед плотиной ГЭС упрощает процесс его сбора с поверхности воды различной спецтехникой. Масса выловленного мусора на различных ГЭС может варьировать от десятков до сотен тонн в год. Таким образом, ГЭС являются «мусорными фильтрами» рек, выполняя важную природоохранную функцию.

Спецтехника для сбора плавающего мусора

Для сбора ПМ с поверхности воды основным средством являются суда-мусоросборщики (рис. 7 и 8). Технологический процесс сбора мусора судами-мусоросборщиками состоит из следующих операций:

- захват мелкого мусора с поверхности воды с помощью специального устройства,
- перемещение мусора в накопительный контейнер,
- подъем на судно и размещение на палубе крупногабаритного мусора,
- измельчение мусора,
- прессование мусора,
- сдача переработанного материала на берег.

Устанавливаемые на судах мусоросборные устройства представляют собой ловушки для мелкого мусора и один или несколько гидроманипуляторов, используемых для подъема из воды крупных фракций (бревна, баллоны и т.п.). Ловушка располагается в носовой части судна и имеет форму сетчатого совка, один конец которого заглублен в воду. При движении судна ловушка захватывает плавающие предметы, накапливает их и передает в накопительное устройство.



Рис. 7. Судно-мусоросборщик «TrashCat» модель «MS16-12000B»
[[http://www.mudcatdredge.com / trashcat-model-ms16-12000b/](http://www.mudcatdredge.com/trashcat-model-ms16-12000b/)].



Рис. 8. Судно-мусоросборщик MC-1 [<http://www.riverfleet.ru/fleet/8027/>].

Для перемещения в горизонтальной плоскости тяжелых (500 кг и более) фрагментов ПМ используются пластинчатые или ленточные конвейеры [<http://leksi.org/3-96192.html>].

Устройства для накопления ПМ представляют собой емкости, которые могут быть как съемными, так и встроенными. Они размещаются на открытой палубе или в помещениях, имеющих эффективную вентиляцию и изолированных от жилых и служебных помещений. Устройства должны иметь крышки, обеспечивающие

плотное закрытие отверстий для приема мусора. Отгрузку мусора из заполненного грузового отсека мусоросборщика осуществляют на баржи или специально оборудованные приемные устройства на берегу. Судно стыкуется с их разгрузочной лентой, и мусор поступает в кузов грузовика, в котором вывозится на свалку, где утилизируется [<http://lektsii.org/3-96192.html>].

Для рационального использования объема накопительных емкостей суда-мусоросборщика могут быть оборудованы устройствами для обработки мусора. К ним относятся дробилки, предназначенные для получения измельченной фракции собранного ПМ.

Если применение спецсудов нерентабельно или невозможно, используются различные экскаваторы. В зависимости от особенностей рельефа возможно использование обычного экскаватора (с береговой линии или с дамбы) или экскаватора-амфибии совместно с плавающей платформой, чтобы собирать мусор на удаленных от берега участках реки. Для небольших акваторий возможно использование плавающего мини-экскаватора, который представляет собой понтон, состоящий из трех секций, с установленным на него мини-экскаватором и кузов. Главное преимущество использования экскаваторов состоит в том, что они могут собирать мусор не только с поверхности водоема, но и со дна (рис. 9 и 10).

Боновые заграждения представляют собой плавучие заграждения, которые служат для ограничения распространения ПМ по поверхности воды (рис. 11).

Боны производятся из специального высокопрочного материала — поливинилхлорида (ПВХ), что делает их устойчивым к воздействию кислот, щелочей, нефти и нефтепродуктов, солнечных лучей, микроорганизмов, перепадам температур и физическому воздействию [http://www.tzik.ru/articles/bonovie_zagragdeniya.html]. Материал ПВХ, используемый для изготовления бонов, обладает высокой



Рис. 9. Плавающий мини-экскаватор [<http://www.brod.pro>].



Рис. 10. Экскаватор-амфибия Finnboom Pontoons XXL
[<https://www.mascus.ru/stroitel'naya-tehnika/ekskavatory-amfibii/finnboom-pontoons-xxl/lxiwjtlu.html>].



Рис. 11. Плоские боновые заграждения
[http://www.tzik.ru/articles/bonovie_zagragdeniya.html].

износостойкостью (служит многие годы), гибкостью (позволяет выдерживать волновые нагрузки без повреждения и придает высокую плавучесть на водной глади). Все швы выполняются при помощи сварки, поэтому боны обладают высокой герметичностью. Боны из ПВХ материала очень практичны, поскольку их легко чистить и мыть. При использовании на ГЭС боновые заграждения устанавливаются на входе потока в водохранилище и отводятся к берегу, откуда мусор вывозится на грузовом транспорте.

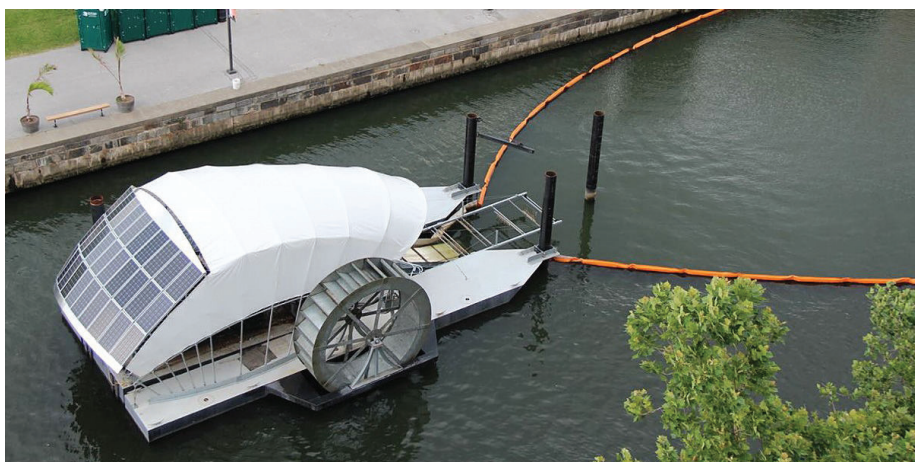


Рис. 12. Водяная мельница «Trash Wheel» [https://hightech.fm/2017/04/19/rubbish_wheel].

Возможно формирование из бонов «ворот», благодаря силе течения доставляющих ПМ на мусоронакопительную платформу [<http://inhabitat.com/19-year-old-student-develops-ocean-cleanup-array-that-could-remove-7250000-tons-of-plastic-from-the-worlds-oceans/plastic-boons/>]. Еще одним устройством для сбора мусора с помощью боновых заграждений является разработанная Джоном Келлетом «плавающая мельница» с солнечными панелями «Trash Wheel» (рис. 12). За 1,5 года работы «Trash Wheel» собирает 350 т ПМ [https://hightech.fm/2017/04/19/rubbish_wheel]. Солнечные панели и течение реки используются для вращения колеса «Trash Wheel», которое активирует конвейерную ленту. Сборка ПМ осуществляется за счет плавающих барьеров, которые направляют мусор на конвейерную ленту. Конвейерная лента отправляет мусор в мусорный контейнер. После того как мусорный контейнер заполнен, он буксируется к транзитной станции. Постоянное вращение водяного колеса насыщает воду кислородом, способствует привлечению стай рыб, улучшает условия обитания и качество воды.

Алгоритм управления мусорными потоками в зарегулированных водотоках

Для управления мусорными потоками в зарегулированных водотоках предложен алгоритм, в соответствии с которым могут быть выделены следующие этапы организации процесса управления.

1. Определение конструктивных особенностей ГЭС:
 - длина/высота дамбы;
 - наличие сороудерживающих механизмов;
 - наличие дополнительных сооружений, таких как шлюзы или судоподъемники.
2. Определение гидрологического режима водотока.

3. Определение количественного и качественного состава мусора, поступающего в водоток.

4. Выбор основных способов сбора мусора из водотока в соответствии с результатами, полученными на первых трех этапах. Например, в межень целесообразно проводить очистку водотока по всей глубине экскаваторами-амфибиями, в паводок — сбор мусора непосредственно у дамбы ГЭС и т.д.

5. Определение способа утилизации собранного мусора в соответствии с особенностями расположения ГЭС:

- удаленность от полигонов ТБО,
- удаленность от мусороперерабатывающих предприятий,
- транспортная доступность.

В зависимости от особенностей расположения ГЭС возможны следующие способы утилизации собранного ПМ:

- организация вывоза мусора до полигона ТБО или мусороперерабатывающего предприятия;
- строительство мусороперерабатывающего предприятия или организация нового полигона ТБО в непосредственной близости от ГЭС.

Предложенный выше алгоритм необходимо использовать для составления документа (акта), регулирующего деятельность ГЭС по управлению мусорными потоками.

Необходимость составления данного документа обусловлена фактическим отсутствием в настоящее время документа, регламентирующего деятельность ГЭС в вопросах регулирования мусорных потоков.

Заключение

Управление мусорными потоками — трудоемкий и дорогостоящий процесс. На зарегулированных водотоках со значительным объемом мусорных потоков целесообразно строительство мусороперерабатывающих предприятий непосредственно вблизи ГЭС. Таким образом можно существенно снизить затраты на транспортировку собранного мусора, а также обеспечить дешевой электроэнергией мусороперерабатывающее предприятие.

Для решения проблемы мусорных потоков необходим комплексный подход, который устранил бы не только последствия, но и причины попадания мусора в водотоки. Важными компонентами комплексного подхода должна стать система экологического воспитания и пропаганды экологической культуры.

В рекреационных зонах необходимо устанавливать мусорные баки, организовывать постоянный вывоз мусора из них; вести контроль чистоты прибрежных территорий; ввести штрафы за выброс мусора в неустановленных местах; организовывать акции по сбору мусора в зонах отдыха.

На ГЭС необходимо вести учет всех поступающих к плотине компонентов ПМ. Учет следует проводить в стандартизированной форме: распределение количества ПМ по месяцам, его морфологический состав в процентном соотношении и т.д.

На местном и федеральном уровне необходимо разработать соответствующее законодательство в отношении поступающего к плотине ПМ, регламентирующее его сбор и последующую утилизацию, с учетом того что ГЭС, как было сказано ранее, являются своеобразными фильтрами, не позволяющими отходам попасть в воды Мирового океана.

Одновременно необходимо совершенствовать технологии и вести новые разработки в области сбора и переработки ПМ.

Список литературы

1. Васильев Ю.С., Добрынин С.Н., И Масликов В.И. Тихонова Т.С., Кудряшева И.Г. Экспертно-информационная система «Экологическая безопасность ГЭС» // Гидротехническое строительство. 2000. № 3. С. 35—41.
2. Васильев Ю.С., Елистратов В.В., Масликов В.И. О повышении «экологической чистоты ГЭС» // Безопасность энергетических сооружений. Научно-технический и производственный сборник. 2000. Вып. 6. С. 37—44.
3. Петов Н.А. Оценка образования полимерных отходов в России и пути его переработки // Полимерные материалы. 2008. № 14. С. 4—7.
4. Федоров М.П., Чусов А.Н.Е., Шилин М.Б., Голубев Д.А. Прикладная экология акваномов. СПб: изд-во Политехнического ун-та, 2012. 254 с.
5. GESAMP Report «Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part two of a global assessment» / P.J. Kershaw and C.M. Rochman eds.) / IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection // Rep. Stud. GESAMP. 2016. No. 93. 220 p.
6. Moore C.J. Synthetic polymers in the marine environment: a rapidly increasing, long-term threat // Environ. Res. 2008. V. 108. P. 131—139.
7. Wright, S.L., Thompson, R.C., Galloway, T.S. 2013. The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review // Environ. Pollut. 178. P. 483—492.
8. Xinhua. In the Hubei Province Three Gorges anti-pollution project three years invest the approximately 2,350,000,000 Yuan. April 19, 2007.