

## Лекция 1

### Введение

Проблема твердых отходов появилась вместе с человеком, но в древности это в основном была проблема мусора, т. е. того, что мы сейчас называем твердыми бытовыми отходами (ТБО). Лишь позднее к ним добавились твердые промышленные отходы (ТПРО). К их числу относят обычно и отходы сельскохозяйственного производства. История этой проблемы тесно связана с историей развития городов. Население древних городов росло в ограниченном крепостными стенами пространстве. Будущие горожане переселялись из деревень вместе с живностью, что увеличивало скученность в городе и загрязненность его территории отходами жизнедеятельности людей и животных. Пандемия чумы в 1346—1350 гг., уничтожившая почти треть населения стран от Исландии до Индии, была вызвана именно этими загрязнениями [1, 2].

Попытки борьбы со скоплением отходов отмечались еще в глубокой древности. Так, на Крите за 3000 лет до н. э. твердые отходы помещались в ямы и послойно укрывались землей. У римлян в Кодексе Юстиниана I (VI в.) впервые записаны меры, ограждающие граждан от скопления отходов. Но в целом римляне ограничивались свалками вокруг городов и деревень. До XIX в. такая практика была основной и в других странах, хотя попытки уменьшения объема отходов делались повсеместно и в законодательном, и в организационном плане. Так, в Лондоне с 1397 г. каждому домовладельцу вменили в обязанность содержание в чистоте тротуара по фасаду своего дома. Указ 1407 г. обязывал лондонцев сохранять накопившийся у них мусор в доме до прихода мусорщика. Попытки частичного использования твердых отходов относятся к концу XVIII в., когда перед помещением отходов на свалку в Эдинбурге (Шотландия) производилась их ручная сортировка и часть повторно использовалась или продавалась. К концу XIX в. относятся и первые наблюдения за составом твердых городских отходов.

Проблема отходов становилась все острее не только из-за изменения состава, но и в связи с ростом их массы на одного человека и с общим увеличением населения городов. Если в 1800 г. в городах с количеством жителей от 5000 до 100 000 человек в мире проживало 3% населения, а с численностью более 100 000 — 1,7%, то в 1900 г. — уже 6 и 2,3%, в 1970 г. 37,3 и 19% соответственно [4].

Все это заставило искать промышленные способы удаления твердых отходов. Рост теплотворной способности отходов вызвал к жизни сжигание. Первое «мусоросжигательное заведение» было построено в предместье Лондона Паддингтоне в 1874 г. [3, 5]. Чуть позднее подобные установки строятся в Гамбурге (Германия) — здесь к 1913 г. действовало уже три печи, в Нью-Йорке и Аллегене (США). В г. Олдгейме (Англия) к заводу была пристроена электростанция. Опыт работы этого комплекса высоко оценил В. Томпсон-Кельвин. Проблеме промышленных отходов посвятил ряд работ Д. Менделеев, но он не разделял энтузиазма по поводу печей для сжигания отходов.

Первые шаги к переработке мусора были сделаны в Нью-Йорке в 1895—1898 гг. по инициативе Дж. Варинга — комиссара отдела очистки улиц. Им были установлены разные по форме и цвету мусорные ящики для составляющих отходов. Это позволило большую часть отходов использовать — была построена специальная восстановительная фабрика. Но первый завод по переработке твердых отходов (с глубокой сортировкой) был введен в действие лишь в 1932 г. в Голландии. Сейчас в мире более 1000 сжигательных заводов и в несколько раз меньше перерабатывающих. В последние годы это соотношение меняется в пользу переработки, да и технологии их сближаются — перед сжиганием производится сортировка, а при переработке применяют пиролиз и т. п. [7—9]. До сих пор основным способом удаления отходов является их депонирование на свалках без всякой обработки (попытки поливать дезинфицирующими средствами в США лишь усугубили вред от свалок) или на специальных полигонах с частичными мерами по защите среды.

Сегодня проблема твердых отходов в полной мере не решена ни в одной стране мира [10], утилизация их остается на повестке дня XXI в. Как говорил В. Вернадский, ни один вид не сможет выжить в созданных им отходах. Отходы необходимо включать в природный цикл, удалять и использовать.

Российская Федерация занимает территорию в 17,1 млн км<sup>2</sup>, которую можно условно разделить на три крупных региона: Европейскую часть (3,48 млн км<sup>2</sup>), Уральский регион (1,87 млн км<sup>2</sup>), Сибирь и Дальний Восток (11,75 млн км<sup>2</sup>). По данным переписи 1989 г., в этих районах проживает соответственно 90, 20 и 37,5 млн человек.

В целом на каждого жителя России приходится около 11,4 га общей площади.

Жизнедеятельность человека сопровождается образованием отходов производства и потребления. В среднем каждый житель потребляет продукцию с 2 га земли, равную 40 т в год. Но на одного жителя в Европейской части приходится лишь 3,85 га, а в Сибири и на Дальнем Востоке — 31,5 га. Обратное пропорционально этим величинам распределена

концентрация отходов.

Ежегодно в Российской Федерации образуется около 7 млрд т всех видов отходов, из которых используется лишь 2 млрд т, или 28,6% [11]. Не намного лучше обстоит дело с отходами на железных дорогах страны. Так, на Северо-Кавказской железной дороге в 2000 г. образовалось около 80 тыс. т твердых отходов, из которых удалось использовать не более 50%. Зачастую при уничтожении одного вида отходов порождается другой. Так, при сжигании мусора на специальных заводах в атмосферу поступают крайне вредные вещества, а при их улавливании образуются не менее вредные компоненты в виде шламов, золы и т. п. На территории страны в отвалах и хранилищах к 2000 г. накоплено не менее 90 млрд тонн твердых отходов, причем более 2 млрд т из них — токсичных. Только под свалки и полигоны твердых бытовых отходов ежегодно официально отводится около 10 тыс. га земель. В Ростовской области, например, на 2000 г. отходами занято более 2000 га земли. Сложившаяся в нашей стране ситуация с твердыми отходами представляет реальную угрозу здоровью населения и отражает одну из сторон экологического кризиса, в котором находится страна. Главными причинами кризиса являются сложившаяся в стране за многие десятилетия нерациональная структура хозяйствования, при которой дефицит энергии и материалов восполнялся наращиванием их производства, с одной стороны, и сформировавшимся в обществе потребительским отношением к природе — с другой. По данным РАН, в стране неэффективно используется, порождая отходы, около 1/6 валового общественного продукта. Доля использованных отходов производства и потребления в 1990 г. составила менее 10% и за последние годы не возросла [12]. Все это заставляет уделять особое внимание вопросам утилизации отходов вообще и твердых в частности. В настоящее время принята и действует федеральная целевая программа «Экология и природные ресурсы России» (2002—2010 гг.), включающая специальную подпрограмму «Отходы» [13].

#### **Литература (к Введению)**

1. *Гарин В. М.* Утилизация твердых отходов: учеб, пособие / В. М. Гарин, А. Г. Хвостиков. РГУПС. Ростов-на-Дону, 2000.
2. *Хефлинг Т.* Тревога в 2000 году: бомбы замедленного действия на нашей планете. М.: Мысль, 1990.
3. Утилизация твердых отходов / под ред. Д. Вилсона. В 2 т. М.: Стройиздат, 1985.
4. *Гарин В. М.* Инженерная экология: лекции / РГУПС. Ростов-на-Дону, 1997.
5. *Коган И. С.* Мусор — проблема физико-химическая // Наука и жизнь. 1978. №7. С. 33-38.
6. *Крельман Э. Б.* Переработка твердых бытовых отходов // Природа. 1993. №9. С. 62-68.
7. *Гарин В. М.* Экология для технических вузов: учеб. / В. М. Гарин, И. А. Кленова, В. И. Колесников; под ред. В. М. Гарина; РГУПС. Ростов-на-Дону, 2003.

### **Лекция 2,3**

#### **Общие сведения о твердых отходах**

Классификации отходов и их состав

Под отходами по Н. Реймерсу [1], в общем случае понимают непригодные для производства данной продукции виды сырья, неупотребимые остатки вещества или энергию. В данном пособии рассматриваются лишь твердые отходы, которые подразделяются на промышленные (ТПрО) и бытовые (ТБО). По классификации закона [2] они составляют отходы производства и потребления — «остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, иных изделий или продуктов, которые образовались в процессе производства или потребления, а также товары (продукция), утратившие свои потребительские свойства...»

Промышленные отходы (или отходы производства) — это остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, образовавшиеся при производстве продукции или выполнении работ и утратившие полностью или частично потребительские свойства (ГОСТ 25.916—83). С некоторой долей условности к ТПрО можно отнести и отходы потребления — изделия и машины, утратившие свои потребительские свойства в результате физического или морального износа. Бытовые (коммунальные) отходы — твердые вещества, не утилизируемые в быту, образующиеся в результате амортизации предметов быта и самой жизни людей. В последнее время к ТБО относят и твердую составляющую коммунально-бытовых сточных вод — их осадок. Часто вместо понятия «отходы» используют термин «отбросы», относя к ним не только непригодные к использованию пищевые продукты, не утилизируемые бытовые и сельскохозяйственные компоненты, но и отходы производства и строительства. Этот термин чаще используется в разговорной речи, в научной литературе — значительно реже. За рубежом в последнее время из двух больших групп — ТПрО и ТБО — выделяют несколько специфических видов [3, 4]. Так, ТБО можно подразделить на домашние, коммерческие, учрежденческие и другие городские отходы (трупы мертвых животных, отходы уборки улиц, осадки сточных вод). Из состава ТПрО, кроме чисто промышленных, обычно выделяют медицинские, сельскохозяйственные, горные (металлургические) и др. Система сбора

твердых отходов в РФ (особенно ТБО) пока не побуждает к раздельному изучению подобных видов, хотя в отношении выделения коммерческих, медицинских, радиоактивных отходов наметился прогресс в наиболее крупных городах..

По составу ТБО накоплены достаточно подробные данные в РФ и за рубежом, причем с известной поправкой по времени и на климатические условия эти данные достаточно близки. Так, если сопоставить данные по ТБО США (без учрежденческих отходов) [3, 4, 5] и ТБО РФ [6, 7, 8] на 1970 и 1980 гг. соответственно, то эти данные во многом близки. Анализ свидетельствует, что они не устарели до сих пор [4, 9].

Сопоставление данных свидетельствует о том, что несмотря на перестройку системы хозяйствования и потребления в связи с экономическими реформами, состав ТБО не претерпел коренных изменений. Следует обратить внимание на рост содержания пластика в ТБО. Предсказанное и оправдавшееся увеличение этой доли в США в четыре раза за 30 лет (к 2000 г.), по-видимому, ждет и РФ к 2010г.:

ожидается рост относительной величины массы пластика до 8—10%. Сама же масса ТБО в РФ в последние годы имеет тенденцию к увеличению (до 0,75—0,9% ежегодно), причем почти половина этой массы приходится на города с населением 1 млн жителей и более. Существенно сложнее обстоит дело с оценкой состава, количества и прогнозными предложениями по ТПрО. Широкие колебания в объеме образования отходов даже для предприятий одного профиля, отсутствие строгого учета, а иногда сокрытие части отходов (не только в нашей стране) не позволяют дать обобщенные оценки. Такие попытки делались в США в середине 1970-х гг. Патерсоном, Клифтоном, Пассаиком и др. [3], но они дали достаточно разноречивые результаты.

Такое сопоставление ТПрО вряд ли целесообразно при решении проблемы обработки и размещения отходов, так как токсичные вещества даже в малых количествах требуют к себе особого внимания. Имеет смысл анализировать отходы конкретных предприятий или хотя бы предприятий отдельной отрасли. Рассмотрим, например, данные для заводов резинотехнических изделий (РТИ), полученные Р. Петигрю и Ф. Рониджером (США) (табл. 1.4). Процентные величины фракций для этих заводов, как легко увидеть, не всегда вписываются в средние значения (см. табл. 1.3). Более детально приходится анализировать отходы заводов электронного оборудования, поскольку в их составе содержится большое количество ценных материалов: до 22,9% меди; 30,1 — алюминия и магния; 16,6 — железа; 30,1% — пластика; небольшие количества серебра, золота, платины, палладия, рения [3, 10].

Анализ состава ТПрО любого предприятия должен предшествовать разработке предложений по утилизации отходов и уменьшению их количества. Именно эта цель преследуется при составлении паспорта отходов

### **Свойства отходов**

При выборе способа утилизации отходов важно знать их химический состав, влажность, теплотворную способность, растворимость компонентов в воде, плотность и другие характеристики. Все они изменяются в достаточно широком диапазоне в зависимости прежде всего от фракционного состава отходов. Наиболее детальные обследования этих свойств выполнены в 1970-х гг. по заданию Агентства охраны окружающей среды США [3]. Для несортированных отходов, фракционный состав которых приведен в табл. 1.1 (и который, как уже отмечалось, близок к современным ТБО РФ), элементный состав характеризуется данными табл. 1.5.

При изменении фракционного состава эти данные могут быть приближенно пересчитаны пропорционально массовым долям.

Например, если рассматриваются твердые отходы, состоящие только из бумаги и картона, следует увеличить процентные доли элементов, записанные в первой строке, в 2,8 раза (100/35,6) и скорректировать сумму до 100%. Однако, элементный состав не дает ответа на вопрос об образовании тех или иных вредных веществ при различных способах утилизации (например, об образовании диоксинов при сжигании). К тому же этот состав неполный: нет расшифровки состава золы, не оценено количество хлора (для бумаги, например). И все же результаты исследований ученых США получили общее признание. В тех случаях, когда отсутствуют данные по составу конкретных отходов, в качестве первого приближения можно использовать данные, приведенные в монографии [3] либо в приложении 1 пособия [4]. Там же приведены данные по влажности компонентов, позволяющие по составу определить общую влажность отходов. Важнейшей характеристикой отходов является плотность ( $\rho$ ). Низкая первоначальная плотность ограничивает возможности транспортировки твердых отходов и во многом определяет стоимость сбора и перевозки. При приближенных оценках можно использовать величины плотности отдельных компонентов для рыхлого состояния (насыпная масса), полученные в США в 1965—1972 гг. [3] как для ТпрО, так и для ТБО. Для ТБО в справочниках [6,7] даются ориентировочные значения плотности от 150 кг/м<sup>3</sup> (театры, кинотеатры), 170 кг/м<sup>3</sup> (гостиницы) до 200—300 кг/м<sup>3</sup> (жилые дома; последняя

величина— с большим количеством пищевых отходов) и даже 500 кг/м<sup>3</sup> (рынки).

Среднегодовые значения для ТБО городов — 190—230 кг/м<sup>3</sup>.

В табл. 1.6 приведена в основном плотность бытовых отходов и лишь в некоторых случаях — промышленных (цемент, гудрон, кожа, текстиль, стружка, резина, пластмасса). Для конкретных производств недостающие данные берутся из паспорта отходов, а при его составлении — по соответствующим контрольным документам или результатам измерений. Для ТБО важно также знать теплоемкость и теплотворную способность компонентов. Эти параметры рассматриваются ниже (гл. 10).

### **Накопление отходов**

Количество твердых отходов существенно зависит от их вида, условий производства и уровня жизни, климатических факторов, способов сбора и т. д. Поэтому конкретные расчетные, близкие к практике нормативы накопления могут быть установлены только опытным путем. Это особенно касается ТПрО — лишь создание системы мониторинга предприятий всех форм собственности может дать объективную картину их накопления. Несколько проще с ТБО. Примерные нормативы накопления этих отходов разработаны во многих странах и корректируются с учетом установленных темпов роста. Эти нормы приводятся в величинах массы (или объема) на одного человека в сутки или год. В российских источниках [6, 7] эти нормы относятся к конкретным единицам жилого фонда и отдельно стоящим объектам торгового или культурно-бытового назначения. Приведены оценочные нормативы для наиболее распространенных объектов ЖКХ. Эти нормативы ориентируются на статистические данные 1983—1990 гг., когда ежегодный прирост количества отходов по массе составлял 0,3—0,5% (в последнее время рост в 2 раза выше). Не менее важно то, что плотность отходов падает примерно с таким же темпом, т. е. объемная норма накопления ТБО увеличивается в год приблизительно на 2%. Фактические нормы определяются для каждого города в результате обследования участков с охватом от 2 до 0,5% населения с замерами по всем сезонам года в течение недели без перерыва. Такие измерения, проведенные, например, в Москве и Ростове-на-Дону в 2003 г., показали, что в этих городах на одного жителя в среднем приходится существенно различное количество ТБО: 1,1 кг/сут. и 0,7 кг/сут. соответственно. Еще более различаются данные по городам с одинаковым числом жителей в разных странах. Подробнее этот вопрос (по ТБО) рассмотрен в гл. 10.

Особый интерес представляет накопление ТБО в пассажирских поездах дальнего следования. Специальные исследования, проведенные большой группой проводников (как штатных, так и практикантов) на маршрутах север — юг в 1999—2003 гг., показали, что норматив накопления ТБО зависит от многих факторов, среди которых наиболее важные: а) направление движения (северное или южное); б) характер вагона, т. е. количество пассажиров и частота их замены (при частой смене — 2—3 раза за маршрут — вагон называют «трамваем»); в) тип вагона; г) социальный статус и возраст пассажиров; д) время года. Анализ показал, что средняя плотность отходов в пассажирских поездах близка к нормам для гостиниц (см. табл. 1.7) и составляет 190—250 кг/м<sup>3</sup>, но накопление отходов существенно ниже: для северного направления летом — около 0,29 кг/сут-чел.; южного летом (и северного зимой) — 0,2 кг/сут-чел. И лишь для вагона-«трамвая» нормативы близки к гостиничным. Изменяется и состав отходов в зависимости от направления — на южном больше доля пластика и стекла (до 14 и 25% соответственно), на северном летом много пищевых отходов (до 65%). В целом накопление ТБО в обычном вагоне не столь общее количество промышленных отходов для РФ даже приближенно оценить затруднительно. Обычный подход (на душу населения) здесь может быть применен лишь для суммарных оценок — для всей страны. Можно, например, для приближенных оценок взять величины суточных ТПрО развитых стран на конец 1960-х — начало 1970-х гг.: около 1,5 кг/сут-чел. [3]. Для России в год по этим удельным показателям получается около 75 млн т ТПрО. Поданным государственных докладов в 1995 и 1996 гг., промышленностью образовано 75 и 84 млн т токсичных ТПрО (из них около 0,4 млн т I класса и около 2 млн т II класса). Их использование по отчетности самих заводов характеризуется следующими процентными данными (в скобках — 1996 г.): использовано в собственном производстве 41 (61); обезврежено 8 (2), передано другим предприятиям для захоронения или использования 15 (12), в том числе на санкционированные свалки и полигоны ТБО — лишь около 1,5. В 1998—1999 гг. после выполнения специальной программы «Отходы» удалось существенно уточнить приведенные выше данные по накоплению ТПрО за счет более полного анализа работы предприятий. Так, в 1998—1999 гг. было охвачено статистической отчетностью по твердым отходам около 10 000 предприятий.

### **Литература к главе 1**

1. Реймерс Н. Ф. Природопользование: словарь-справочник. М.: Мысль, 1990.
2. Федеральный закон от 24.06.1998 г. № 89-ФЗ «Об отходах производства

и потребления».

3. Утилизация твердых отходов / под ред. Д. Вилсона. В 2 т. М.: Строй-издат, 1985.
4. *Гарин В. М.* Утилизация твердых отходов: учеб, пособие / В. М. Гарин, А. Г. Хвостиков; РГУПС. Ростов-на-Дону, 2000.
5. *Гарин В. М.* Экология для технических вузов / В. М. Гарин, И. А. Кленова, В. И. Колесников; под ред. В. М. Гарина; РГУПС: Учебник. Ростов-на-Дону, 2000.
6. Санитарная очистка и уборка населенных мест: справочник / А. Н. Мирный, Д. Н. Беньямовский и др.; под ред. А. Н. Мирного. М.: Строй-издат, 1985.
7. Санитарная очистка и уборка населенных мест: справочник/А. Н. Мирный, Н. Ф. Абрамов и др.; под ред. А. Н. Мирного. М.: Стройиздат, 1990.
8. Рекомендации по определению норм накопления ТБО для городов РСФСР / ОНТИ АКХ. М., 1982.
9. *Гарин В. М.* Накопление и утилизация твердых бытовых отходов: учеб, пособие / В. М. Гарин, И. А. Кленова; РГУПС. Ростов-на-Дону, 2000.
10. *Гарин В. М.* Оценка выбросов в атмосферу при производстве электронной аппаратуры: учеб, пособие / РГУПС. Ростов-на-Дону, 1995\_\_