

## **Экологические аспекты технологии упаковывания битумов**

**Рассмотрены  
источники загрязнения  
окружающей среды  
при упаковывании,  
перевозке  
и потреблении  
твердых битумов.**

**Значительная часть  
экологических проблем  
решается при переходе  
на полиэтиленовую  
пленочную тару.**

**Практически отсутствует  
контроль  
за загрязнением  
воздуха бенз- $\alpha$ -пиреном,  
который содержится  
в парах, выделяющихся  
при заливке горячего  
битума в тару.**

**Приведены расчеты  
для сопоставления  
количества этих паров  
при охлаждении  
битума в бумажной таре  
и на ленте конвейера  
перед упаковыванием  
в пленку.**

**Загрязнение  
воздушной среды  
увеличивается более  
чем на порядок  
из-за увеличения  
поверхности,  
приходящейся  
на единицу  
массы битума,  
охлаждаемого  
на конвейере.**

**С**уществующие технологии упаковывания и транспортирования твердых битумов несовершенны с точки зрения экологии, так как приводят к загрязнению окружающей среды вредными парами и твердыми отходами.

Большую часть твердых битумов упаковывают в бумажные мешки. При заливке битума они зачастую разрываются и битум вытекает, загрязняя территорию. Болванки битума перед закладкой в плавильные котлы освобождают от бумаги и дробят на мелкие куски. Вместе с не утилизируемой бумажной тарой выбрасываются прилипший к ней битум и образовавшаяся при дроблении крошка.

При перевозке в летнее время болванки битума слипаются, образуя монолит, который для выгрузки дробят вручную, что сопровождается потерями битума. Общие потери при упаковывании, перевозке и подготовке к потреблению достигают 15% [1]. Кроме того, безвозвратно теряется около 8 кг бумаги на 1 т битума. Компенсируя эти потери, битумное производство вносит свой немалый вклад в загрязнение окружающей среды вредными парами и твердыми отходами.

Бумажная тара легко загорается, вследствие чего при перевозке битума по железной дороге происходят пожары, что также приводит к загрязнению воздушной среды. На экспорт и в отдаленные районы битумы поставляют в металлических бочках. Возврат бочек экономически не оправдан, так как связан с большим числом перегрузок на пути следования, сезонностью работы транспорта, дефицитом и высокой стоимостью рабочей силы.

Утилизация их на месте крайне затруднена. Поэтому огромное количество бочек выбрасывают, что приводит к загрязнению окружающей среды: остаток в них несливаемого битума составляет 4–6%.

Битумные установки нефтеперерабатывающих заводов дают наиболее вредные (после установок коксования) выбросы в атмосферу [2]. Бумажные мешки после заливки в них битума с температурой 160–180°C оставляют на площадках в течение 3–5 сут. до затвердевания битума. Эти площадки на битумных установках занимают большую территорию. Выделение с такой территории вредных паров при охлаждении залитого в мешки горячего битума приводит к интенсивному загрязнению воздушной среды.

По данным [3], выделяющиеся из горячих битумов пары содержат парафино-нафтенные и полициклические ароматические углеводороды, а также гетероциклические соединения, среди которых наиболее канцерогенен 3,4-бензпирен (бенз- $\alpha$ -пирен).

В [4] отмечена абсолютная неприемлемость методики отбора и анализа паров, выделяющихся при сливе битума, так как используемые индикаторные трубки газоанализатора УГ-2 предназначены для определения углеводородов во фракциях, не тяжелее керосиновых. Не исключена конденсация тяжелых углеводородов в линии, соединяющей адсорбент и индикатор.

В США предельно допустимую концентрацию паров битумов предложено установить равной 0,2 мг/м<sup>3</sup>, так как, по данным Национального управления по безопасности и охране здоровья, контакт с битумом может привести к раковым заболеваниям [5].

В нормативной литературе отсутствуют специализированные методики расчета выбросов бенз- $\alpha$ -пирена на битумных производствах. Проведенные ВНИИУС обследования показали, что концентрация бенз- $\alpha$ -пирена в парах, выделяющихся при заливке горячего битума в бумажные мешки, бочки, бункера и битумовозы, колеблется от 0,2 до 125 мг/м<sup>3</sup>.

В связи с отсутствием экспресс-метода определения бенз- $\alpha$ -пирена нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ) не имеют данных о размерах выбросов этого соединения. Существующие методики его определения требуют уникальных приборов, высокой квалификации персонала при отборе проб и выполнении анализа. Время анализа составляет 4–5 сут.

В связи с этим валовые выбросы  $P$  (мкг/год) бенз- $\alpha$ -пирена рекомендовано рассчитывать по уравнению:

$$P = P_b C C_{\text{от}}$$

где  $P_b$  — количество сливаемого битума, т/год;  $C$  — количество выделяемых битумных паров, м<sup>3</sup>/т (для строительных битумов, сливаемых при 160–180°C, оно равно 0,81 м<sup>3</sup>/т; для дорожных битумов, сливаемых при 150–160°C, — 0,62 м<sup>3</sup>/т);  $C_{\text{от}} = 12$  мкг/м<sup>3</sup> — концентрация бенз- $\alpha$ -пирена в парах.

В этом уравнении не учитываются различные условия заливки битума на заводах. Так, на некоторых установках посты заливки располагаются в закрытых помещениях, а не на открытых площадках с большой скоростью движения воздуха. Марка битума также не учитывается.

Для определения концентрации бенз- $\alpha$ -пирена в парах, выделяющихся при сливе горячего битума, в зависимости от температуры предложен график (см. рисунок).

Поиск более рациональных способов охлаждения и упаковывания битумов ведется во многих странах десятки лет, однако проблема до сих пор не решена. Наиболее перспективно для упаковывания битумов использовать полимерную, особенно полиэтиленовую, пленку.

Особая привлекательность способа упаковывания в полиэтилен объясняется тем, что при потреблении битум можно закладывать в котел вместе с тарой: добавка полиэтилена улучшает качество битумных мастик. При этом исключаются загрязнение окружающей среды отходами тары и потери битума.

Многие страны уже отказались от использования бумажной тары. Фирма «Sandvik» (Германия) по лицензии фирмы «Nupas» (Швеция) разработала и выпускает автоматизированную установку для упаковывания битума в полиэтиленовую пленку после предварительного его охлаждения на конвейере до затвердевания [6, 7]. Такая установка работает на Саратовском НПЗ [8]. Другие заводы также планируют ее приобрести.

Не умаляя достоинств этих технологий и установки, необходимо

обратить внимание на возможность увеличения загрязнения воздушной среды в ряде случаев. В частности, при охлаждении горячего битума в тонком слое (на конвейере, барабане и др.) или при диспергировании поверхность свободного испарения и выделение вредных паров значительно больше, чем при заливке его в бумажные мешки.

Количество вредных паров, выделяющихся при охлаждении битума, зависит от его температуры и пропорционально площади открытой поверхности. При охлаждении битума на ленте конвейера перед упаковыванием в полиэтиленовую пленку поверхность, приходящаяся на единицу массы битума, значительно больше, чем при упаковывании в бумажную тару. Сопоставление этих величин и соответствующих им выбросов приведено в табл. 1.

Расчеты выполнены для бумажного мешка диаметром 600 мм, вместимостью 200 кг и конвейера с лентой длиной 42 м и шириной 1,2 м и слоем битума толщиной 9 мм [7]. Средняя плотность битума на конвейере принята равной 1000 кг/м<sup>3</sup>.

Количество паров, выделяющихся с единицы поверхности битума, заимствовано из работы [3] и для обеих технологий принято одинаковым. Однако на конвейере такое же выделение паров из битума, как и из бумажных мешков, происходит лишь на начальном участке, пока охлаждение водой снизу не начнет влиять на температуру верхней пленки битума.

Температуру в слое битума, охлаждаемого на конвейере, лента которого снизу орошается водой, можно рассчитать из следующих соображений. В тонкой пленке битума непо-

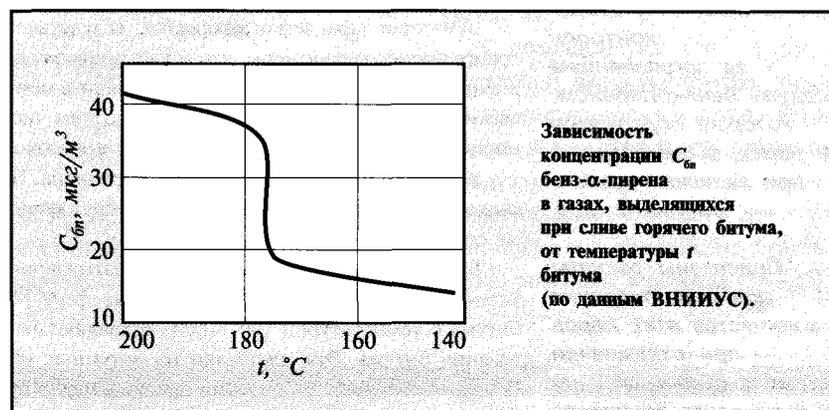


Таблица 1

Поверхность испарения, м <sup>2</sup>	Масса битума, кг	Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /кг	Количество паров			
			с единицы поверхности, мг/см <sup>2</sup>		на единицу массы битума, мг/кг	
			при 100°C	при 180°C	при 100°C	при 180°C
<b>ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ</b>						
<i>в бумажных мешках</i>						
0,283	200	0,0014	0,02	0,48 (0,7)	0,28	6,72 (9,8)
<i>на ленте конвейера</i>						
50,4	453,6	0,1111	0,02	0,48 (0,7)	22,22	533,28 (777,7)
Примечание. В скобках — данные Ново-Уфимского НПЗ для битума БН 90/10, остальные — для битума БН 70/30.						

Таблица 2

Охлаждающая среда	Коэффициент теплоотдачи $\alpha$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	Критерий		$Bi_x \sqrt{Fo_x}$	$\frac{1}{2\sqrt{Fo_x}}$	Относительная температура $\theta = \frac{t_0 - t}{t_0 - t_c}$	Температура, °С		
		$Bi_x = \alpha x / \lambda$	$Fo_x = \alpha t / x^2$				начальная битума $t_0$	охлаждающей среды $t_c$	битума на расстоянии $y$ от поверхности
$x = 0,12 \text{ мм}; \tau = 120 \text{ с}$									
Вода	100	0,1	500	2,24	0,022	0,76	180	20	58
Воздух	10	0,01	500	0,224	0,022	0,03	180	20	175,2
$x = 1,2 \text{ мм}; \tau = 120 \text{ с}$									
Вода	100	1	5	2,24	0,22	0,56	180	4	81,4
Воздух	10	0,1	5	0,224	0,22	0,13	180	20	160
$x = 4 \text{ мм}; \tau = 120 \text{ с}$									
Вода	100	3,33	0,45	2,23	0,74	0,19	180	20	150
Вода	1000	33,3	0,45	22,3	0,74	0,28	180	20	135

средственно у поверхности тепло передается теплопроводностью, даже если битум наносится или наливается на поверхность охлаждающего устройства в горячем виде. Если толщина пленки мала по сравнению с общей толщиной слоя, то распределение температур можно рассчитать, как для полуограниченного тела, т.е., размещая начало координат на поверхности теплоотвода.

Полагаем, что термическое сопротивление  $\delta/\lambda$  металлической ленты конвейера можно не учитывать, так как оно пренебрежимо мало благодаря высокой теплопроводности  $\lambda$  металла и небольшой толщине  $\delta$  ленты. Условия охлаждения на верхней и нижней поверхностях слоя битума различны, так как коэффициент теплоотдачи к воде существенно больше, чем к воздуху.

Были рассчитаны критерии Био  $Bi$  и Фурье  $Fo$  для ряда значений  $x$  толщины пленки и времени  $\tau$  охлаждения при допущении постоянства тепловых коэффициентов (теп-

лопроводности  $\lambda$  и температуропроводности  $a$  битума, теплоотдачи к воде и воздуху).

Относительная температура  $\theta$  в битуме на расстоянии  $y$  от поверхности — снизу и сверху определена по графикам, приведенным в монографии А. В. Лыкова [9, с. 185]. Теплопроводность битума принята  $\lambda = 0,12 \text{ Вт/(м·К)}$ , температуропроводность  $a = 6 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2/\text{с}$  [10, с. 48].

Результаты расчетов приведены в табл. 2. Как видно, за 2 мин температура битума в пленке толщиной 0,12 мм со стороны воздуха практически не изменяется, т.е. теплоотвод является односторонним. За это же время в середине слоя битума на ленте конвейера [6, 7] температура остается довольно высокой — 150°С, а в верхней части слоя толщиной 5 мм составляет 150—175°С.

Увеличение интенсивности внешнего теплоотвода за счет повышения коэффициента теплоотдачи  $\alpha$  до 1000 Вт/(м<sup>2</sup>·К) мало влияет на распределение температур в слое охлаждаемого битума, так как при  $Bi_x \sqrt{Fo_x} > 20$

процесс можно считать автомодельным по этой величине.

Данные табл. 1 и 2 показывают, что в течение 2 мин (из 5 мин охлаждения битума на ленте конвейера [6, 7]) происходит выделение вредных паров при температуре около 180°С. При этом поверхность испарения составляет около 40% от общей площади поверхности битума на конвейере, т.е. 20,16 м<sup>2</sup>.

С учетом этой поправки количество паров, выделяющихся из битума на конвейере, составит около 311 мг/кг, т.е. 0,4·777,7 (где 0,4 — доля общей поверхности битума на конвейере; 777,7 — выделения со всей поверхности, мг/кг). Это примерно в 30 раз больше количества паров, выделяющихся из битума в мешках.

Таким образом, внедрение технологии и автоматизированного оборудования фирмы «Sandvik» для упаковки битума может привести к ухудшению экологической ситуации, т.е. к значительно большему загрязнению воздушной среды.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Бронштейн И. С. и др. — Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья, 1985, № 6, с. 48.
2. Шицкова А. П. и др. Охрана окружающей среды в нефтеперерабатывающей промышленности. М., Химия, 1980. — 176 с.
3. Биктимирова Т. Г. и др. — Нефтепереработка и нефтехимия, 1999, № 6, с. 62.
4. Грудников И. Б. Производство нефтяных битумов. М., Химия, 1983. — 192 с.
5. Chemical Market Reporter, 1991, N 18, p. 5.
6. International Petroleum Times, 1980, v. 84, N 2114, p. 17.
7. Рекламный проспект фирмы «Sandvik Process Systems».
8. Материалы межотраслевого совещания «Проблемы производства и применения нефтяных битумов и композитов на битумной основе», 28—29 марта 2000 г. Саратов. Ассоциация нефтепереработчиков и нефтехимиков России, 2000. — 159 с.
9. Лыков А. В. Теория теплопроводности. М., Высшая школа, 1967. — 599 с.
10. Справочник химика. Л., Химия, 1967, т. 6. — 1012 с.

Полоцкий государственный университет (Республика Беларусь)