

Янин Е.П. Асфальтовые заводы как источник поступления тяжелых металлов в окружающую среду // Экологическая экспертиза, 2005, № 2, с. 14-20.

Строительство и эксплуатация объектов, используемых для ремонта и обслуживания автомобильных дорог, приводят к химическому загрязнению природных ландшафтов. Определенными источниками воздействия являются заводы по производству дорожного асфальта и асфальтобетона (АБЗ), обычно расположенные недалеко от шоссе и часто функционирующие относительно непродолжительное время.

Российские АБЗ оборудованы как отечественными (Г-1, Д-325, Д-597, ДС-117, ДС-508, Д-508-2а, Д-645-2 и др.), так и зарубежными асфальтосмесительными установками (типа «Тельтомат» и др.). Как правило, зарубежные фирмы комплектуют асфальтосмесители пылеулавливающими установками различных конструкций, чаще всего состоящих из двух ступеней. Первая ступень обычно основана на инерционном принципе улавливания и включает групповые циклоны или мультициклоны с последующей установкой дымососов. Вторая ступень представлена мокрыми циклонами, барботажно-вихревыми уловителями, трубами Вентури, гравийными или тканевыми фильтрами [5]. Двухступенчатые установки пылеулавливания отвечают предъявляемым требованиям только при условии достаточной тяги, поскольку их аэродинамическое сопротивление довольно велико. Эти характеристики относятся главным образом к стационарным и относительно крупным АБЗ; передвижные и временные АБЗ могут быть оснащены менее качественным очистным оборудованием. В отечественных асфальтосмесителях в качестве первой ступени часто применяют дымосос-пылеуловитель (типа ДП-10) с выносным циклоном рециркуляции, что обеспечивает степень пылеочистки до 85-92% [11].

По оценкам [1, 4, 9], около 20% парка асфальто-смесительных установок на российских АБЗ имеют возраст более 20 лет и не отвечают требованиям экологических нормативов; на многих предприятиях отмечается низкая эффективность работы систем пылеулавливания. В окрестностях таких заводов атмосферный воздух загрязняется дымом горячего битума, неорганической пылью (аэрозолями), оксидами серы, азота, углерода, фенолом, летучими углеводородами, в том числе канцерогенными полициклическими ароматическими углеводородами (ПАУ) [2, 3, 13, 18]. В частности, диапазон выбросов бенз(а)пирена асфальтосмесительными установками варьируется от 1,06 до 361,27 мкг/с; поставка оксида азота достигает 4 кг в месяц, диоксида азота - 3,5 кг. Исследования свидетельствуют об интенсивном загрязнении воздуха основных рабочих зон асфальтосмесительных установок, битумных, филерных и кам-

недробильных участков стационарных асфальтобетонных заводов пылью (до $59,1 \text{ мг/м}^3$), фенолом (до $9,8 \text{ мг/м}^3$), диоксидом азота, оксидом углерода, диоксидом серы, бензолом (до 2 мг/м^3), иногда метилбензолом и диметилбензолом [8]. Как правило, в условиях безветрия или при малых скоростях ветра интенсивность загрязнения атмосферного воздуха в окрестностях заводов возрастает. В выбросах асфальтовых и асфальтобетонных заводов также присутствуют редкоземельные элементы и тяжелые металлы [1]. В выбросах установок по обезвоживанию и разогреву битума содержатся пыль, некоторые металлы, оксиды азота. В начале 1970-х гг. норма эмиссии пыли АБЗ в Австрии и ФРГ составляла 150 мг/м^3 , в ряде штатов США - 290 мг/м^3 [5]. Затраты на очистные сооружения достигали 20% общего объема капиталовложений. В ФРГ осаждение пыли на территории АБЗ в среднем за год не должно превышать $0,35 \text{ г/м}^2$ в сутки, за месяц - $0,65 \text{ г/м}^2$ в сутки [14].

Основным источником пылегазовыбросов на АБЗ являются барабаны для приготовления асфальтобетонной смеси, в которые подаются минеральные составляющие и где происходит их смешение со связующим компонентом - битумом. Обычно процесс осуществляется при температуре около 300°C , создаваемой за счет сжигания мазутного топлива в горелочных устройствах [6]. Выбросы аэрозолей и эмиссия газообразных веществ происходят при хранении наполнителя и его обработке, с дорог на территории завода, с мест хранения асфальта. Специфичен фракционный состав образующейся и поступающей в атмосферу производственной пыли, в которой преобладают частицы размером 10-50 мкм (до 45%) и 100-250 мкм (до 20%) [6]. По данным [3], в выбросах из сушильных барабанов преобладают относительно крупные частицы аэрозолей, размер более 50% из которых превышает 20 мкм и зависит от используемого наполнителя. В большинстве случаев, газообразных выбросов оксидов серы и азота гораздо меньше, нежели выбросов аэрозолей твердых частиц.

В ходе строительства проезжей части дорог и автотрасс, при перевозке и хранении асфальта происходит загрязнение поверхностных и грунтовых вод различными веществами [18]. В середине 1970-х гг. в США была даже проведена целая серия специальных семинаров, организованных Агентством по охране окружающей среды и посвященных экологическим аспектам производства и использования асфальта [19]. Анализ применяемых в то время технологий показал, что в процессе производства асфальта необходимо принять меры по уменьшению пылевых и газовых выбросов в атмосферу на 99%. Для достижения этого рекомендовалось использовать: для первичной очистки (улавливание частиц диаметром более 20 мкм) баллоны большого диаметра, для вторичной очистки - мощные газоочистители, специальные пылевые или электростатические фильтры. Предлагались также меры по рециркуляции отходов производства, в том числе, использование отходов асфальта в качестве вяжущего веществ-

ва при производстве асфальтовой смеси, а также применение отходов нефтепродуктов в качестве топлива. При производстве дорожно-строительных и дорожно-ремонтных работ рекомендуют также заменять разжиженные битумы битумными эмульсиями, так как растворитель, испаряясь, загрязняет атмосферу выше допустимых норм [16]. При горении асфальта в воздух поступают твердые частицы, SO_2 , NO_x . В США асфальт, получаемый из нефти, рассматривается как потенциальный источник загрязнения почвы и грунтовых вод тяжелыми металлами [20]. Есть сообщения, что при должном оборудовании АБЗ очистными установками какие-либо негативные воздействия их выбросов на окружающую среду, в первую очередь на растения, отсутствуют, что подтверждается специальными экспериментами [17]. Сделан даже вывод об инертности битумов и асфальта для среды обитания, в том числе об отсутствии канцерогенной опасности используемых в производстве асфальта битумов.

Приводимый ниже материал свидетельствует о загрязнении окружающей среды в районе АБЗ некоторыми тяжелыми металлами и микроэлементами, что в существенной степени обусловлено спецификой технологического процесса и особенностями состава сырья и материалов (нефтебитумов, минеральных и песчано-гравийных смесей, мазута, дизельного топлива и др.). В данном случае объект исследования (небольшой асфальтобетонный завод) располагался в Московской области вблизи шоссе федерального значения. Его основной продукцией является асфальтобетон, который готовится из песчано-гравийной смеси, минерального порошка и битума, взятых в определенных соотношениях в нагретом состоянии. Асфальтобетон используется в основном для ремонта дорог. На полную мощность завод работал в теплое время года, примерно с апреля по сентябрь, в одну смену. К моменту изучения он функционировал около 10 лет. Загрязнение прилегающих территорий в основном обуславливалось организованными и неорганизованными выбросами пыли и парогазовыделений, потерями продукции при хранении и транспортировке, поверхностным стоком и эоловым переносом с промышленной площадки.

В районе АБЗ изучался микроэлементный состав верхнего (0-10 см) слоя почв, растительности (кора березы) и донных отложений небольшого водоема, расположенного близ предприятия и являющегося местным базисом эрозии. Пробы почв и растительности отбирались по равномерной сетке в пределах участка размером 2,5 x 2,5 км, в центре которого располагался завод (примерно 7-8 проб почв и 3-4 пробы коры березы на 1 км²); донные отложения - по окружности водоема на удалении 1 м от уреза. Отбор проб, их подготовка к анализам и необходимая статистическая обработка результатов осуществлялись в соответствии с рекомендациями [10]. Почвы (46 проб), донные отложения (15 проб) и зола растений (21 проба) исследовались эмиссионным спектральным методом на широкий круг химических элементов;

рту в почвах и донных отложениях определялась атомной абсорбцией. Средние концентрации и фоновые параметры распределения элементов в изученных компонентах приведены в табл. 1.

Таблица 1. Химические элементы в изученных компонентах, мг/кг

| Элемент | Почва | | Донные отложения | | Кора березы (зола) | |
|---------|---------|------|------------------|-------------|--------------------|---------|
| | Выборка | Фон | Выборка | Местный фон | Выборка | Фон |
| Be | 2,5 | 1,5 | 1,4 | 1 | - | - |
| B | 54 | 38 | 73 | 49 | 715 | 400 |
| F | 250 | 210 | 255 | 200 | - | - |
| P | 1780 | 800 | 1200 | 700 | - | - |
| Sc | 8 | 7* | 9,9 | 2,6 | - | - |
| Ti | 4340 | 6000 | 4000 | 3000 | 3000 | 1000 |
| V | 73 | 64 | 171 | 75 | 175 | 61 |
| Cr | 55 | 46 | 121 | 52 | 60 | 250 |
| Mn | 860 | 590 | 950 | 635 | 8450 | 7500 |
| Co | 6,3 | 7,2 | 8,7 | 4,9 | 20 | 15 |
| Ni | 41 | 20 | 44 | 19 | 180 | 50 |
| Cu | 48 | 27 | 53 | 30 | 325 | 200 |
| Zn | 127 | 50 | 314 | 123 | 1800 | 900 |
| Ga | 16 | 20* | 28 | 9,4 | 18 | 10** |
| Ge | - | - | - | - | 1,3 | 1** |
| As | 5 | 3 | 4 | 6 | - | - |
| Sr | 28 | 28 | 36 | 31 | 486 | 300 |
| Y | 24 | 18 | 34 | 18 | 22 | 15** |
| Zr | 545 | 423 | 464 | 290 | 130 | 50** |
| Nb | 22 | 10* | 19 | 10 | - | - |
| Mo | 1,1 | 1 | 2,4 | 0,83 | 8,5 | 20 |
| Ag | 0,13 | 0,10 | 0,03 | 0,02 | 0,8 | 1 |
| Sn | 4,2 | 5,2 | 4,4 | 4,7 | 21 | 5 |
| Ba | 126 | 330 | 74 | 93 | 3700 | 100-900 |
| Yb | 2,2 | 2 | 3,2 | 2,4 | 2 | 1,6** |
| Hg | 0,016 | 0,01 | 0,016 | 0,01 | - | - |
| Pb | 44 | 25 | 36 | 29 | 690 | 10 |
| Bi | 1 | 0,2* | 0,1 | 0,25 | 0,2 | 1** |

Примечание. Почвы: фон в дерново-подзолистых почвах Московской области [2], * - среднее содержание в почвах мира [15]; кора березы: - в качестве условного фона использовано среднее содержание в золе растений по Д.П. Малюге [12], ** - местный фон.

Сравнение средних уровней содержания химических элементов, концентрирующихся в компонентах окружающей среды в районе завода, с их эталонными (фоновыми или кларковыми) значениями, позволило составить ряды накапливающихся элементов (табл. 2). В отдельных пробах уровни содержания приведенных в табл. 2 элементов превышали средние значения в 2-3 раза. Максимальные концентрации Bi, Be и As тяготели к территории завода. Анализ особенностей пространственного распределения Cu, Zn, Ni, Hg (верхний слой почв) и Sn, Ni, Zn и V (кора березы) показал вытянутость зон аномальных содержаний их в северо-

западном и юго-восточном направлениях, что соотносится с розой ветров, характерной для данного района. Для других элементов подобная зависимость отмечается менее четко. В целом площадь геохимических аномалий (т. е., в сущности, зон техногенного загрязнения) невелика и составляет в среднем около 0,8-1,4 км² для наиболее интенсивно концентрирующихся в почвах и растениях химических элементов. Повышенные уровни свинца в коре березы во многом, очевидно, связаны с воздействием автотранспортных выхлопов. В донных отложениях водоема, в который поступает поверхностный сток с территории завода, накапливается широкий комплекс химических элементов.

Таблица 2. Геохимические ассоциации в различных компонентах окружающей среды в районе асфальтового завода

| Компонент | Геохимическая ассоциация (K_C) | Z_C |
|--|--|-------|
| Почвы | Bi(5)-Zn(2,5)-P(2,2)-Ni(2,1)-Cu,Pb(1,8)-Be,As(1,7)-Hg(1,5)-Mn,B(1,5) | 14 |
| Донные отложения | Sc(3,8)-Mo,Ga(2,9)-Zn(2,6)-Cr(2,4)-V,Ni(2,3)-Y,Nb,As(1,9)-Co,Cu(1,8)-Pb,P(1,7)-Zr,Hg(1,6)-B,Mn,Ag(1,5) | 22 |
| Кора березы | Pb(16)-Sn(4,2)-Ni(3,6)-Ba,Ti(3)-V(2,9)-Zr(2,6)-Zn(2)-B(1,9)-Ga(1,8)-Cu,Sr(1,6) | 33 |
| Элементы, встречающиеся в аномальных количествах не менее чем в двух компонентах | Zn-P-Ni-Cu-Pb-As-Hg-Mn-B-V-Ga | |
| Элементы, встречающиеся в аномальных количествах во всех компонентах | Zn-Ni-Cu-Pb-B | |

Примечание. K_C - коэффициент концентрации относительно фоновое (кларковое) содержания; Z_C - суммарный показатель загрязнения [10].

Показательно, что достаточно широкая ассоциация элементов накапливается в аномальных количествах не менее чем в двух изученных компонентах окружающей среды, а для Zn, Ni, Cu, Pb и B аномалии проявлены во всех компонентах, что позволяет говорить об определенной типоморфности этих поллютантов для данного типа производства. В общем случае, как правило, в изученных объектах концентрируются химические элементы, отличающиеся относительно повышенными содержаниями в нефтях и нефтепродуктах (Zn, Ni, Cu, As, Ag, V, Mo, Hg и др.) [12]; накопление P, Sc, Ga и некоторых других элементов может быть связано с их присутствием в минеральной и песчано-гравийной смеси. Определенные различия в качественном составе геохимических ассоциаций и в интенсивности концентрирования одних и тех элементов в различных компонентах ландшафта, связаны со спецификой их поставки источниками загрязнения и последующего поведения в окружающей среде.

Расчет коэффициентов биологического поглощения показал, что полученные ряды биопоглощения элементов согласуются с известными данными [7]. Исключение составляют свинец и барий (по А.И. Перельману, элементы среднего биопоглощения), которые переходят в

группу элементов сильного поглощения, а также хром и ванадий (элементы слабого биозахвата), которые проявляют свойства элементов среднего захвата (табл. 3).

Таблица 3. Ряды биологического поглощения химических элементов.

| Коэффициенты биологического поглощения | | |
|---|--|--|
| $n \times 10$ | n | $0, n$ |
| Элементы сильного биологического поглощения: Ba-Sr-Pb-B-Zn | Элементы среднего биологического поглощения: Mn-Mo-Ag-Sn-Cu-Ni-Co-Cr-Ga-V | Элементы среднего биологического захвата: Ti-Y-Zr-Yb-Bi |

Расчеты средних значений суммарного показателя загрязнения (Z_C) свидетельствуют о том, что для почв характерен в основном допустимый уровень техногенного воздействия, но приближающийся к уровню загрязнения средней интенсивности [10]. Для донных отложений водоема закономерно отмечен более высокий, нежели для почв, общий уровень загрязнения (средней интенсивности [10]).

Таким образом, в зонах влияния временно действующих асфальтобетонных заводов фиксируется, наряду с загрязнением ландшафтов пылью и парогазовыделениями нефтебитумов, относительно повышенное поступление в среду обитания некоторых химических элементов (Zn, Cu, Hg, Mo, Cr, Bi, Pb). Наблюдается также увеличение биодоступности некоторых из них (Pb, Ba, Cr, V). Эти факты следует учитывать как при размещении подобных предприятий, так и при рекультивации территорий после их закрытия.

Литература

1. Байновский В.В., Медведев М.А., Шлыков В.Н. и др. Проблемы экологической паспортизации асфальтобетонных заводов // Проблемы экологии человека в Сибири: Тез. докл. к регион. конф. - Новокузнецк, 1990, с. 76-77.
2. Диденко В.Г. К учету малоконцентрированных компонентов при оценке экологической эффективности санитарной очистки выбросов // Медицинские аспекты охраны окружающей среды. - Тарту: ТГУ, 1988, с. 80-84.
3. Защита атмосферы от промышленных загрязнений: Справ. изд.: Пер. с англ. Т. 2. - М.: Металлургия, 1988. - 712 с.
4. Круподерова Е.С. Анализ эффективности работы систем пылеулавливания на асфальтобетонных заводах, 2001, 11 с. Рук. деп. В ВИНТИ 29.05.20001, № 1377-B2001.
5. Орнатский Н.П. Охрана окружающей среды при строительстве и эксплуатации автомобильных дорог. - М.: ВИНТИ, 1980. - 103 с.

6. *Новинский Е.В., Сидоров Е.Н., Попова З.П. и др.* Улучшение условий труда обслуживающего персонала на асфальтобетонных заводах путем модернизации технологического оборудования // *Медицинские аспекты охраны окружающей среды*. - Тарту: ТГУ, 1988, с. 204-209.
7. *Перельман А.И.* Геохимия ландшафтов. - М.: Высш. шк., 1975. - 342 с.
8. *Поваров А.В., Силла Р.В.* Гигиеническая оценка воздушной среды основных рабочих зон стационарных асфальтобетонных заводов // *Медицина труда и промышленная экология*, 1994, № 2, с. 41-43.
9. *Порадек С.В.* Экологические проблемы асфальтобетонных заводов // *Автомоб. дороги*, 1998, № 2, с. 25-32.
10. *Саев Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др.* Геохимия окружающей среды. - М.: Недра, 1990. - 335 с.
11. *Соломатин В.И., Порадек С.В., Карпухович Д.Т. и др.* Эффективная конструкция пылеулавливающего оборудования на АБЗ // *Автомоб. дороги*, 1975, № 9, с. 27.
12. *Справочник по геохимии*. - М.: Недра, 1990. - 480 с.
13. *Чесноков Л.И.* До питання про захист повітряного басену від пилових викидів асфальтобетонних заводів // *Автомоб. дороги і дор. буд-во*, 1986, № 38, с. 69-71.
14. *Baum F.* Beurteilung von Asphaltmischanlagen in Genehmigungsverfahren // *Stat. Mischwerk.*, 1975, № 2, s.39-43.
15. *Bowen H.J.M.* Environmental Chemistry of the Elements. - London etc.: Academic Press, 1979. - 317 p.
16. *Epps J.A., Gallaway B.M., Terrel P.L.* Pollutin: sources and solutions in bituminous construction // *Highway Res. Board spec. Rept.*, 1973, № 138, p. 142-149.
17. *Knösel D.* Umweltbelastung durch den Betrieb von Asphaltmischanlagen? // *Stat. Mischwerk*, 1981, № 5, s. 41-44, 47-48.
18. *Krass K.* Asphalt - der Umweltfreundliche Baustoff // *Asphaltstrasse*, 1988, 22, № 3, s. 12-18.
19. *Taylor M.R.* Asphalt industry group, APCA and EPA conduct Environmental Solution Seminars // *J. Air Pollut. Contr. Assoc.*, 1978, 28, № 10, p. 1072-1074.
20. *Wagner J. P., Mendez C.L., Gidden R.P.* Paving asphalts: environmental and flammability considerations // *Polym-Plast. Technol. and Eng.*, 1995, 34, № 2, p. 177-212.