

## Охрана окружающей среды

УДК 543.862.2:631.4

**Авраменко Н.А., Диордица В.А.,** *мл. науч. сотр.,*  
**Левенец В.В.,** *докт. физ.-мат. наук,* **Омельник А.П.,** *науч. сотр.,*  
**Усиков Н.П., Щур А.А.,** *канд. физ.-мат. наук*

**Институт физики твердого тела, материаловедения и технологий  
Национального научного центра «Харьковский физико-технический  
институт», Харьков**

*ул. Академическая, 1, 61108 Харьков, Украина, e-mail: levenets@kipt.kharkov.ua*

### Изучение содержания 3,4-бензпирена в почвенном покрове жилых территорий, подверженных техногенному загрязнению

Приведены результаты десятилетнего наблюдения за поступлением вещества 1-го класса опасности 3,4-бензпирена в почву жилого поселка, прилегающего к территории предприятия. Определен характер распределения этого загрязнителя по глубине. Рассмотрена степень его разрушения с течением времени. На основании полученных данных рекомендовано проведение мониторинга этого загрязнителя в почве регионов с разветвленной сетью энергетических предприятий. Приведены преимущества использования усовершенствованного аналитического спектрально-люминесцентного комплекса «Арома-34» с использованием метода квазилинейчатых спектров на основе эффекта Шпольского в решении задач экологического мониторинга полициклических ароматических углеводородов. *Библ. 17, рис. 2, табл. 1.*

**Ключевые слова:** мониторинг 3,4-бензпирена, спектрально-люминесцентный комплекс, метод квазилинейчатых спектров.

В системе мониторинга атмосферного воздуха промышленных городов контролируются диоксид азота, формальдегид, диоксид серы, оксид углерода, пыль, тяжелые металлы, 3,4-бензпирен. Из всех загрязняющих веществ 3,4-бензпирен отличается наибольшей токсичностью, являясь сильным канцерогеном. Это вещество вызывает рак кожи и дыхательным путем у людей, профессионально связанных с этим соединением, а также неблагоприятно воздействует на население, проживающее в промышленных регионах с широкой сетью энергетических предприятий.

Граничной количественной характеристикой токсичности являются среднесуточные значения предела допустимых концентраций (ПДК), ко-

торые в атмосферном воздухе населенных мест определяются для 3,4-бензпирена величиной  $0,001 \cdot 10^{-6}$  г/м<sup>3</sup>. Для сравнения приведем значения ПДК других приоритетных загрязнителей, г/м<sup>3</sup>: диоксид серы —  $50 \cdot 10^{-6}$ ; оксид углерода —  $50 \cdot 10^{-6}$ ; диоксид азота —  $40 \cdot 10^{-6}$ ; тяжелые металлы (кадмий, ртуть, свинец) —  $0,3 \cdot 10^{-6}$ .

Для Украины мощными источниками поступления 3,4-бензпирена в окружающую среду являются заводы по выплавке алюминия, предприятия черной металлургии, ТЭС, железнодорожный и автотранспорт. Технологии получения современных конструкционных материалов, включающие высокотемпературные процессы, также загрязняют территорию в районе

производства. Такие технологии внедрены на некоторых предприятиях Украины и стран СНГ. В частности, методы получения углерод-углеродных конструкционных материалов (УУКМ), использующие термоградиентные газофазные технологии, более 50 лет назад были разработаны в Национальном научном центре «Харьковский физико-технический институт» (ННЦ ХФТИ).

Применение технологий пиролитического уплотнения пористых материалов при использовании нагрева природного газа приводит к образованию в отходящих газах повышенного содержания тяжелых углеводородов, которые выбрасываются в атмосферу [1, 2]. С 1980-х гг. в ННЦ ХФТИ осуществляется регулярный контроль выбросов в атмосферу от этого технологического процесса. Раз в квартал производится отбор проб воздуха в нескольких контрольных точках непосредственно в местах выхода отработанного газа после прохождения системы очистных сооружений, в воздухе рабочей зоны и в чистом атмосферном воздухе. Результаты многолетнего мониторинга свидетельствуют о том, что концентрация 3,4-бензпирена в атмосфере над предприятием не вызывает опасений [3]. Однако перемещение воздушных масс в результате воздействия метеорологических факторов способствует распространению загрязняющих веществ, в том числе 3,4-бензпирена, с территории предприятия в район близлежащего жилого поселка и на большие расстояния в радиусе действия предприятия.

В атмосфере 3,4-бензпирен адсорбируется на частицах сажи и пыли, размеры которых колеблются в пределах 0,01–0,30 мкм. Под действием ультрафиолетового излучения часть 3,4-бензпирена просто разрушается или, взаимодействуя с озоном, распадается до полиядерных хинонов. Оставшееся количество этого вещества может вступать в новые химические реакции с диоксидом азота, образуя нитробензпирены, также характеризующиеся высокой мутагенной активностью. В процессе перемещения с воздушными массами под действием силы тяжести происходит оседание воздушных частиц на поверхность почвы, которая становится основным резервуаром дальнейшего накопления этого токсичного вещества [4–6].

В нашем случае образуются загрязнения, попадающие в почву жилого поселка, в результате оседания частиц с адсорбированным на них 3,4-бензпиреном от установок ННЦ ХФТИ, использующих высокотемпературные технологии, и выбросов выхлопных газов большого количества автотранспортных средств, наличие кото-

рых объясняется оживленными транспортными потоками внутри поселка и вокруг него (окружная дорога и трасса Харьков – Москва). 3,4-бензпирен адсорбируется на частицах почвы, закрепляясь гумусом, количество которого влияет на степень удерживания этого загрязнителя. За счет этого содержание 3,4-бензпирена, как и для тяжелых металлов, выше в черноземных типах почв, чем в песчаных, и он может сохраняться в почве длительное время, подвергаясь медленному разрушению почвенными микроорганизмами. Некоторые авторы приводят оценку скорости естественного разрушения 3,4-бензпирена в почве, которая составляет  $0,36 \cdot 10^{-3}$  г/сут, однако при его концентрациях в почве свыше  $50 \cdot 10^{-3}$  г/кг скорость биodeградации замедляется [7]. В настоящее время разрабатываются способы и препараты для очищения почвы от 3,4-бензпирена с использованием штаммов микроорганизмов *Pseudomonas* [8].

Ввиду высокой опасности 3,4-бензпирена (канцероген 1-го класса опасности) и других полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), относящихся к веществам 2-го и 3-го класса опасности, изучение их содержания в объектах окружающей среды (атмосферный воздух, почвы, донные отложения, снежный покров, питьевая вода и сточная вода различных предприятий, ткани живых организмов) и в пищевых продуктах проводится специалистами многих лабораторий на протяжении длительного периода времени. С этой целью до середины 1970-х гг. широко использовался метод низкотемпературной люминесценции (НТЛ) на основе эффекта Шпольского [9, 10]. К 1990-м гг. самыми распространенными методами анализа этих загрязнителей стали разные варианты хроматографии (ГЖХ и ВЭЖХ) [11, 12].

Каждый из методов имеет свои преимущества и недостатки. В зависимости от объекта и задачи исследований для мониторинга ПАУ применяются и спектроскопические, и хроматографические методы анализа [13–16]. Поскольку загрязнение почв техногенных территорий характеризуется высокой пространственной неоднородностью, возникает необходимость дополнительных исследований процессов, связанных с накоплением и трансформацией 3,4-бензпирена в разных типах почв с течением времени. Для территории Украины подобная информация отсутствует.

Цель настоящей работы – изучение накопления и поведения в почвенном покрове органического загрязнителя 1-го класса опасности 3,4-бензпирена техногенного происхождения. Для этого были рассмотрены количественные

характеристики поступления 3,4-бензпирена на территорию жилого поселка в результате деятельности предприятия и выбросов автотранспорта на протяжении десятилетнего периода, определен характер распределения 3,4-бензпирена по глубине в местах максимального загрязнения, исследована степень разрушения 3,4-бензпирена с течением времени.

### Эксперимент

На протяжении 2001–2010 гг. нами проводился контроль содержания 3,4-бензпирена в почве жилого поселка Пятихатки (черноземы городского типа, содержание гумуса 2,7 %), прилегающего к территории ННЦ ХФТИ (рис.1). Точки отбора проб в пределах жилого поселка для решения поставленной задачи были выбраны из расчета наиболее вероятно максимального содержания 3,4-бензпирена вследствие работы автотранспорта и сжигания разных видов топлива: автозаправочная станция (т.20), гаражи (т.21), территория вдоль проезжей части дороги внутри жилого поселка (т.22, т.24), окружная дорога (т.13), опытное производство ННЦ ХФТИ (т.12, т.16), территория вокруг института (т.8, т.17), проходная института (т.18) с интенсивным движением служебного автотранспорта, бывшая территория строительной площадки (т.27), огороды за жилыми зданиями поселка (т.1). Остальные точки, отмеченные на карте, являются объектами исследования по программе комплексного экологического мониторинга ННЦ ХФТИ. Для точек (т.13, т.18, т.21), расположенных вблизи транспортных магистралей, определяли содержание 3,4-бензпирена в образцах, отобранных до максимальной глубины 0,5 м с шагом 0,1 м. Изучение степени разрушения 3,4-бензпирена в почве без внешнего воздействия проводилось на образцах почвы после длительной (7 лет) консервации в хранилище лаборатории и на образцах, отобранных с глубины 0,5 м на территории института, где 20 лет назад проводились строительные работы.

Все образцы почвы отбирались в солнечную безветренную погоду и сразу доставлялись в лабораторию. Почва высушивалась в термостате при 50–60 °С до сухого состояния, вручную измельчалась, и по методу конверта выбирался средний образец. Подготовка растворов для анализа включала промывку отобранных навесок почвы органическим растворителем (н-гексан) до полного экстрагирования 3,4-бензпирена. Разделение растворителя и экстрагированных веществ проводили методом предварительного концентрирования полученного раствора перегонкой с помощью стеклянного

обратного холодильника и последующего выпаривания раствора в стеклянных термостойких пробирках на водяной бане в вытяжном шкафу. Полученный сухой остаток растворяли в 4 мл растворителя (н-гексан). Измерение содержания 3,4-бензпирена в полученных растворах проводилось методом НТЛ (использовался жидкий азот при –196 °С) с регистрацией квазилинейчатых спектров люминесценции в диапазоне длин волн 390–470 нм.

Для проведения опытов была использована установка «Арома-34» [17]. Отличие этого спектрально-измерительного комплекса от типовых установок заключается в наличии двух монохроматоров, один из которых является эффективным узкополосным фильтром, что приводит к значительному уменьшению фона. Для получения максимальной интенсивности линии возбуждения входная и выходная щели первого монохроматора полностью открыты (2,2 мм). Входная щель второго монохроматора составляет 1 мм, размер его выходной щели для наилучшей детализации спектра составляет 0,04 мм. Шаг сканирования выбирался 0,1 нм. Общее время сканирования спектра 3–7 мин.

Поскольку при решении экологических задач содержание 3,4-бензпирена в исследуемых объектах изменяется в широком диапазоне (от предела обнаружения данным методом до высоких концентраций), было разработано программное обеспечение, позволяющее оперативно изменять параметры установки. Предел обнаружения на данной установке составляет приблизительно  $10^{-10}$  г/мл. Для количественного анализа использовался набор стандартных растворов в диапазоне концентраций от  $0,125 \cdot 10^{-9}$  до  $0,25 \cdot 10^{-6}$  г/мл, созданный на основе твердого стандарта 3,4-бензпирена (№ E71-04, Quality Assurance Materials Bank). Расчет концентраций осуществлялся с использованием програм-



Рис.1. Карта изучаемой территории с нанесенными точками отбора проб (№№ 1–30).

мы AROMA, созданной для проведения измерений объектов окружающей среды. Погрешность анализа составляет 12 % в диапазоне измеренных концентраций.

### Результаты и обсуждение

В соответствии с решением задач экологического мониторинга для вещества 1-го класса опасности 3,4-бензпирена была проведена серия многолетних измерений его содержания в почве жилого поселка, расположенного в кольце автомагистралей местного (большая концентрация автотранспортных средств на небольшой площади поселка) и государственного (Белгородское шоссе на трассе Харьков – Москва) значения, и находящегося в зоне действия предприятия, использующего высокотемпературные технологии производства изделий. Для выбранных точек получен массив данных, часть которых представлена в таблице.

Полученные результаты сравнивались с фоновыми уровнями на территории Украины для почв того же типа из Карпатского заказника (0,0002–0,0224 мг/кг) и заповедника Аскания-Нова (0,020–0,025 мг/кг) [10], с данными других авторов для Харькова (0,001–0,043 мг/кг) и значениями ПДК 3,4-бензпирена для почвы (0,02 мг/кг). Для оценки степени загрязнения почв 3,4-бензпиреном (1-й класс опасности) согласно методическим указаниям МУ 2.1.7.730-99 «Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест» предложена следующая шкала: слабая – 1–2 ПДК, сильная – 2–5 ПДК, очень сильная – более 5 ПДК.

Проведенный мониторинг 3,4-бензпирена в районе предприятия позволяет говорить о том, что в почве всей рассматриваемой территории идет постоянное повышение его содержания, вызванное накоплением и суммированием поступающих потоков загрязнителя от всех возможных источников. В почвах, отобранных в точках, непосредственно прилегающих к автомагистралям (т.13, т.18, т.20, т.22), его содержание приближается к допустимым нормам (ПДК = 0,02 мг/кг) и на особо интенсивных

участках доходит до 2,0–3,5 ПДК. При рассмотрении профиля концентраций не выявлено четкой зависимости глубина – концентрация, а на больших глубинах зафиксировано содержание 3,4-бензпирена, превышающее нормативное (0,051–0,066 мг/кг).

На основании полученных данных было установлено, что вблизи предприятия, использующего высокотемпературные технологии, степень загрязнения 3,4-бензпиреном большей части исследованных почв можно считать слабой, а в местах, прилегающих к транспортным магистралям (т.13, т.18), – очень сильной. В точках и слабого, и сильного накопления идет нарастание содержания 3,4-бензпирена с течением времени (например, результаты 2010 г. превышают значения 2007 г. в 2–9 раз). О нарастании содержания 3,4-бензпирена свидетельствуют профили его распределения до глубины 0,5 м для образцов 2007 г. (рис.2) в почвах территорий с максимальным поступлением загрязнителя. Полученные данные также подтвер-

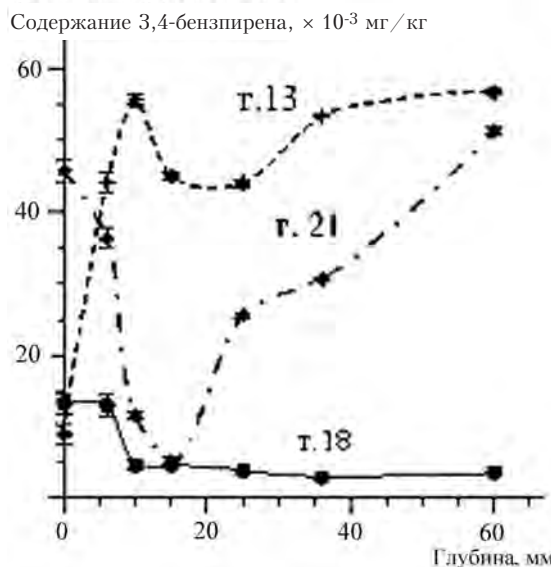


Рис.2. Распределение содержания 3,4-бензпирена по глубине в трех точках: т.13 – окружная дорога; т.21 – гаражи; т.18 – вход в ННЦ ХФТИ.

### Содержание 3,4-бензпирена в почве жилого поселка ННЦ ХФТИ ( $\times 10^{-3}$ мг/кг)

Точки	2003 г.	2007 г.	2010 г.	Точки	2003 г.	2007 г.	2010 г.
т.1	0,69	1,67	2,38	т.18	5,34	7,93	65,9
т.8	0,81	2,73	9,25	т.20	20,32	33,03	21,3
т.12	1,28	1,57	7,87	т.21	1,98	19,56	5,26
т.13	61,92	43,47	75,25	т.22	5,97	13,16	15,8
т.16	0,59	0,97	8,78	т.24	0,99	4,44	10,5
т.17	0,49	3,03	6,24	т.27	4,21	22,53	3,5

ждают необходимость отбора проб не с самой поверхности почвы, а в слое 0,05–0,10 м, который характеризует накопление загрязнений в исследуемой точке, а не порцию загрязнителя, проступившего в данный момент. Так, содержание 3,4-бензпирена на поверхности в точке т.21 (гаражи) значительно больше (0,046 мг/кг), чем в показателем слое (0,0196 мг/кг), а на поверхности в точке т.13 (окружная дорога) значительно меньше (0,009 мг/кг) реальных значений (0,043 мг/кг).

На рис.2 видно, что со временем по глубине происходит стабилизация содержания 3,4-бензпирена в почве. В местах человеческой деятельности, где постоянно происходят процессы перемещения почвенных пластов, содержание 3,4-бензпирена может с течением времени уменьшаться (т.20, т.27). Результаты измерения содержания этого загрязнителя в образцах почвы при отсутствии внешних воздействий в естественных условиях и в лабораторном эксперименте подтверждают его высокую устойчивость к разложению.

Использованная для измерений содержания 3,4-бензпирена в почве в широком диапазоне концентраций (0,7–75,3 мкг/кг) установка «Арома-34», обладающая улучшенными характеристиками для соотношения сигнал : фон при измерениях низкотемпературной люминесценции, продемонстрировала широкие возможности для мониторинговых исследований этого загрязнителя в объектах окружающей среды.

### Выводы

Многолетние наблюдения в системе Гидрометцентра Украины за качеством атмосферного воздуха в районе действия предприятий топливного цикла и городских автомагистралей как основных источников 3,4-бензпирена показывают, что его количество превышает значения допустимой санитарной нормы. Например, для Харькова измерения 2009 г., полученные на четырех пунктах наблюдения, расположенных в зоне активного движения автотранспорта (ул. Героев Сталинграда, 23 Августа, Белгородское шоссе), показали превышение его содержания относительно ПДК в 2,7–3,8 раз. Регулярные измерения содержания этого загрязнителя в почве на территории Украины не проводятся.

3,4-бензпирен в составе других полициклических ароматических углеводородов ПАУ естественного происхождения является составной частью всех типов почв. Однако, увеличившееся поступление в окружающую среду неканцерогенных и особенно канцерогенных ПАУ тех-

ногенного происхождения (3,4-бензпирен, 9,10-диметил-1,2-бензантрацен (ДМБА), 3,4-бензфлуорантен и др.) приводит к необходимости детального изучения их содержания в поверхностных горизонтах почв различных территорий, а также проведению исследований распределения по генетическому профилю этих загрязнителей вследствие высокой опасности для живых организмов и недостаточной изученности поведения в природных средах. Приведенные в работе результаты свидетельствуют о необходимости мониторинга содержания 3,4-бензпирена не только в атмосферном воздухе, но и в почве для регионов энергетического комплекса.

### Список литературы

1. Гурин В.А., Зеленский В.Ф. Газофазные методы получения углеродных и углерод-углеродных материалов // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение. — 1998. — № 4. — С. 83–85.
2. Гурин И.В., Гуйда В.В., Капленко О.Г., Колосенко В.В. Исследование особенностей термоградиентного газофазного уплотнения пироуглеродом пористых сред с использованием сжиженных углеводородных газов // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение. — 2004. — № 3. — С. 152–155.
3. Гурин В.А., Мазилев А.В., Колосенко В.В., Левенец В.В., Богонос Н.А., Мазилев А.А. Нерадиационное канцерогенное влияние технологических процессов ННЦ ХФТИ на окружающую среду // Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов : Сб. науч. тр. по материалам XI Междунар. науч.-практ. конф., Бердянск, 9–13 июля 2003 г. — Харьков, 2003. — С. 501–506.
4. Пиковский Ю.И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде. — М. : Изд-во Моск. ун-та, 1993. — 208 с.
5. Белых Л.И., Малых Ю.М., Пензина Э.Э., Смагунова А.Н. Источники загрязнения атмосферы полициклическими ароматическими углеводородами в промышленном Прибайкалье // Оптика атмосферы и океана. — 2002. — Т. 15, № 10. — С. 944–948.
6. Горобцова О.Н. Экологическая оценка уровня загрязнения почв и растительности 3,4-бензпиреном в зоне влияния Новочеркасской ГРЭС : Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Ростов-на-Дону, 2007. — 26 с.
7. Байерман К. Определение следовых количеств органических веществ. — М. : Мир, 1987. — 463 с.
8. Малаховская-Ютш А., Покиньюброда Т., Карпенко Е. Разложение 3,4-бензпирена почвенными микроорганизмами в присутствии гликолипидов, продуцируемых штаммом *Pseudomonas sp.* PSS 17 // Биотехнология. — 2007. — № 3. — С. 69–73.

9. Ровинский Ф.Я., Теплицкая Т.А., Алексеева Т.А. Фоновый мониторинг полициклических ароматических углеводородов. — Л. : Гидрометеиздат, 1988. — 157 с.
10. Алексеева Т.А., Теплицкая Т.А. Спектрофлуориметрические методы анализа ароматических углеводородов в природных и техногенных средах. — Л. : Гидрометеиздат, 1981. — 216 с.
11. Булычева З.Ю., Киселева Т.Г., Руденко Б.А., Хесина А.Я., Кривошеева Л.В., Топунов Л.В. Оценка воспроизводимости и сходимости результатов газохроматографического и люминесцентного определения полициклических аренов // Журн. аналит. химии. — 1993. — Т. 48, № 3. — С. 487–494.
12. Габов Д.Н., Безносиков В.А., Кондратенко Б.М., Бушнев Д.А. Идентификация полициклических ароматических углеводородов в почвах // Почвоведение. — 2004. — № 11. — С. 1305–1312.
13. Назаркина С.Г., Буланова А.В., Пурыгин П.П., Ларионов О.Г. Хроматографическое определение 3,4-бензпирена в снежном покрове // Завод. лаб. Диагностика материалов. — 2000. — Т. 66, № 8. — С. 12–14.
14. Рубцова Н.А., Троянская А.Ф., Мосеева Д.П. Полициклические ароматические углеводороды в донных отложениях Северной Двины и Двинского залива // Эколог. химия. — 1997. — № 6. — С. 151–157.
15. Горшков А.Г. Определение полициклических ароматических углеводородов в хвое сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) — биомониторинг загрязнения атмосферы // Журн. аналит. химии. — 2008. — № 8. — С. 880–886.
16. Геннадиев А.Н., Пиковский Ю.И. Карты устойчивости почв к загрязнению нефтепродуктами и полициклическими ароматическими углеводородами: Метод и опыт составления // Почвоведение. — 2007. — № 1. — С. 80–92.
17. Авраменко Н.А., Диордица В.А., Омельник А.П., Левенец В.В., Усиков Н.П. Люминесценция в экологических задачах определения полициклических ароматических углеводородов // Вестн. нац. техн. ун-та «ХПИ». Серия: Химия, хим. технология и экология. — 2008. — № 10. — С. 151–159.

Поступила в редакцию 15.03.13

**Авраменко М.А., Диордица В.А., мол.наук.співр.,  
Левенець В.В., докт. фіз.-мат. наук, Омельник О.П., наук.співр.,  
Усіков М.П., Щур А.О., канд. фіз.-мат.**

**Інститут фізики твердого тіла, матеріалознавства та технологій  
Національного наукового центру «Харківський фізико-технічний  
інститут», Харків**

вул. Академічна, 1, 61108 Харків, Україна, e-mail: [levenets@kipt.kharkov.ua](mailto:levenets@kipt.kharkov.ua)

## **Вивчення вмісту 3,4-бензпірену у ґрунтовому покриві житлових територій, що зазнали техногенного забруднення**

Наведено результати десятирічного спостереження за надходженням речовини 1-го класу небезпеки 3,4-бензпірену до ґрунту житлового селища, що прилягає до території підприємства. Визначено характер розподілу цього забруднювача за глибиною. Розглянуто ступінь його руйнування з плином часу. На підставі отриманих даних рекомендовано проведення моніторингу цього забруднювача у ґрунті регіонів з розгалуженою мережею енергетичних підприємств. Наведено переваги використання вдосконаленого аналітичного спектрально-люмінесцентного комплексу «Арома-34» з використанням методу квазілінійчастих спектрів на основі ефекту Шпольського у вирішенні задач екологічного моніторингу поліциклических ароматичних вуглеводнів. *Бібл. 17, рис. 2, табл. 1.*

**Ключевые слова:** моніторинг 3,4-бензпірену, спектрально-люмінесцентний комплекс, метод квазілінійчастих спектрів.

**Avramenko N.A, Diorditsa V.A, Junior Researcher,**  
**Levenets V.V, Doctor of Physical and Mathematical Science,**  
**Omelnik A.P, Research Associate, Usikov N.P,**  
**Shchur A.A., Candidate of Physical and Mathematical Science**  
**Institute of Solid State Physics, Materials Science and Technology of the**  
**National Science Center «Kharkov Institute of Physics and Technology»,**  
**Kharkov**  
 1, Academicheskaya St., 61108 Kharkov, Ukraine, e-mail: levenets@kipt.kharkov.ua

## Studying the Content of 3,4-Benzopyrene in the Soil Cover of Living Areas Exposed to Technogenic Pollution

On the example of NSC KIPT the results of the ten-year monitoring of the 3,4-benzopyrene (1st-class hazard) pollution in the soil of a residential township, adjacent to the territory of the enterprise, are given, as well as, the distribution of this pollutant in the depth is determined and the degree of its destruction in time is considered. Basing on the findings it is recommended to carry out the monitoring of this pollutant in the soil of regions possessing an extensive network of power plants. The study shows the benefits of using the improved analytical spectral-luminescent complex «Aroma-34» with applying the quasi-line spectra based on the Shpolsky effect in the problems of environmental monitoring of polycyclic aromatic hydrocarbons. *Bibl. 17, Fig. 2, Table 1.*

**Key words:** monitoring of 3,4-benzopyrene, spectral-luminescent complex, method of the quasi-line spectra.

### References

- Gurin V.A., Zelenskij V.F. (1998). The Gas-phase Methods for Carbon and Carbon-carbon Materials. *Voprosy Atomnoj Nauki i Tehniki. Serija: Fizika radiacionnyh povrezhdenij i radiacionnoe materialovedenie [Problems of atomic science and technology. Serial:Physics of Radiation damage and Radiation materials]*, (4), pp.83–85. (Rus).
- Gurin I.V., Gujda V.V., Kaplenko O.G., Kolosenko V.V. (2004). Research of Features of the Thermal-gradient Gas-phase Densification of the Porous Preforms by the Pyrocarbon Using Liquefied Hydrocarbon Gases. *Voprosy Atomnoj Nauki i Tehniki Serija: Fizika radiacionnyh povrezhdenij i radiacionnoe materialovedenie Problems of atomic science and technology. Serial:Physics of Radiation damage and Radiation materials]*, (3), pp. 152–155. (Rus).
- Gurin V.A., Mazilov A.V., Kolosenko V.V., Levenec V.V., Bogonos N.A., Mazilov A.A. (2003). Nonradiative Carcinogenic Effect of Technological Processes on NNC KIPT Environment. *Ekologija i zdorov'e cheloveka. Ohrana vodnogo i vozdushnogo bassejnov : Sbornik nauchnyh trudov po materialam XI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii [Ecology and Health of Man. Guard of water and air pools : Collection of scientific labours on materials of the XI International science and practice conference]*, Berdyansk, Ukraine, 9–13 July, 2003. — Kharkov, pp. 501–506. (Rus).
- Pikovskij Ju.I. (1993). Natural and Antropogen Streams of Hydrocarbon in Environment. Moscow : Izdatelstvo Moskovskogo Gosudarstvennogo universiteta, 208 p. (Rus).
- Belyh L.I., Malyh Ju.M., Penzina Je.Je., Smagunova A.N. (2002). Sources of Air Pollution by Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Industrial Baikal. *Optika atmosfery i okeana [Atmospheric and Oceanic Optics]*, 15 (10), pp. 944–948. (Rus).
- Gorobcova O.N. (2007). Environmental Assessment of the Level of Contamination of Soils and Vegetation by 3,4-benzopyrene in the Zone of Influence of the Novocherkassk Hydro Power Plant. *Avtoreferat dissertacii kandidata biologicheskikh nauk. Rostovna-Donu*, 26 p. (Rus).
- Bajerman K. (1987). Organic Trace Anaysis. Moscow : Mir, 463 p. (Rus).
- Malahovskaja-Jutsh A., Pokin'broda T., Karpenko E. (2007). Decomposition of 3,4-benzopyrene by Soil Microorganisms in the Presence of a Glycolipid Produced by the Strain Pseudomonas sp. PSS17. *Biotehnologija [Biotechnology]*, (3), pp. 69–73. (Rus).
- Rovinskij F.Ja., Teplickaja T.A., Alekseeva T.A. (1988). Baseline Monitoring of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. Leningrad : Gidrometeoizdat, 224 p. (Rus).
- Alekseeva T.A., Teplickaja T.A. (1981). Spectrofluorimetric Methods for Analysis of Aromatic Hydrocarbons in Natural and Antropogen Environments. Leningrad : Gidrometeoizdat, 216 p. (Rus).
- Bulycheva Z.Ju, Kiseleva T.G., Rudenko B.A., Hesina A.Ja., Krivosheeva L.V., Topunov V.N. (1993). Evaluation of Reproducibility and Convergence Results Gas chromatography and Fluorescence Determination of Polycyclic Arenes. *Zhurnal*

- analiticheskoj himii [Journal of Analytical Chemistry]*, (3), pp. 487–494. (Rus).
12. Gabov D.N., Beznosikov V.A., Kondratenok B.M., Bushnev D.A. (2004). Identification of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Soil. *Pochvovedenie [Eurasian Soil Science]*, (11), pp.1305–1312. (Rus).
  13. Nazarkina S.G., Bulanov A.V., Purygin P.P., Larionov O.G. (2000). Chromatographic Determination of 3,4-benzopyrene in the Snow Cover. *Zavodskaja laboratorija. Diagnostika materialov [Industrial laboratory. Diagnostics of materials]*, (8), pp.12–14. (Rus).
  14. Rubcova N.A., Trojanskaja A.F., Moseeva D.P. (1997). Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Sediments of the Northern Dvina and Dvina Bay. *Ekologicheskaja himija [Ecological chemistry]*, (6), pp. 151–157. (Rus).
  15. Gorshkov A.G. (2008). Determination of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Pine Needles Ordinary (*Pinus silvestris L.*) is Biomonitor of Air Pollution. *Zhurnal analiticheskoj himii [Journal of Analytical Chemistry]*, (8), pp. 880–886. (Rus).
  16. Gennadiev A.N., Pikovskij Ju.I. (2007). Maps Soil Resistance to Oil Pollution and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: the Method and Experience Compilation. *Pochvovedenie [Eurasian Soil Science]*, (1), pp. 80–92. (Rus).
  17. Avramenko N.A., Diordica V.A., Omel'nik A.P., Levenec V.V., Usikov N.P. (2008). Luminescence in the Environmental Problems of Determining Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. *Vestnik Nacional'nogo Tehnicheskogo Universiteta «Har'kovskij politehnicheskij institut». Serija : Himija, himicheskaja tehnologija i ekologija [Bulletin of the National Technical University «Kharkov Polytechnic Institute». Series: Chemistry, Chemical Engineering and Ecology]*, (10), pp. 151–159. (Rus).

Received March 15, 2013

УДК 543.52:541.18.045

**Руденко Л.И.<sup>1</sup>**, канд. техн. наук, **Хан В.Е.-И.<sup>2</sup>**, канд. техн. наук,  
**Пархоменко В.И.<sup>1</sup>**, мл. науч. сотр., **Кашковский В.И.<sup>1</sup>**, канд. хим. наук,  
**Джужа О.В.<sup>1</sup>**, канд. техн. наук, **Аксеновская О.А.<sup>1</sup>**, мл. науч. сотр.,  
**Ивонин М.В.<sup>3</sup>**, **Шукайло Б.Н.<sup>3</sup>**, **Рябченко П.Л.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> **Институт биоорганической химии и нефтехимии НАН Украины, Киев**  
ул. Мурманская, 1, 02660 Киев-90, МСП-660, Украина, e-mail: users@bpci.kiev.ua

<sup>2</sup> **Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, Чернобыль**  
ул. Кирова, 36-А, 07270 Чернобыль, Киевская обл., e-mail: ipbaes@ipbaes.org.ua

<sup>3</sup> **Научно-исследовательский и проектный институт «Водоочистные технологии», Северодонецк**  
ул. Гоголя, 16, 93404 Северодонецк, Луганская обл., e-mail: info@ivt.u

## Очистка жидких радиоактивных отходов от органических соединений с использованием титаново-железных коагулянтов

Установлены оптимальные параметры очистки модельного раствора пылеподавляющего состава и жидких радиоактивных отходов от органических соединений и радионуклидов с использованием титаново-железных коагулянтов. Предложена оптимальная технология очистки жидких радиоактивных отходов от органических веществ, обладающая преимуществами по сравнению со способом, основанном на применении известкового молока, хлорида железа (III) и полиакриламида. При значительно меньших затратах по сравнению с последним способом достигается значительно больший эффект очистки от органических веществ, включая полимерные продукты: силасинакрилатное связующее, поверхностно-активное вещество ОП-7, масла, продукты распада и другие трудноудаляемые соединения. Достоинством предлагаемого способа является существенное снижение активности трансурановых элементов и концентрации урана. *Библ. 8, табл. 5.*

**Ключевые слова:** очистка жидких радиоактивных отходов, органические вещества, трансурановые элементы, титаново-железный коагулянт.