

# ХИМИЯ

УДК 504.054

С.А. Кырова\*, А.С. Ситников\*\*, С.В. Бордунов\*\*\*

## АНАЛИЗ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИОРИТЕТНЫМИ ЭКОТОКСИКАНТАМИ В Г. АБАКАНЕ РЕСПУБЛИКИ ХАКАСИЯ

\* Хакасский государственный университет, г. Абакан

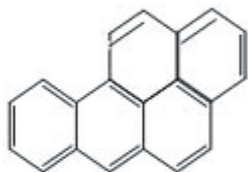
\*\* Томский государственный педагогический университет

\*\*\* Институт химии нефти СО РАН, г. Томск

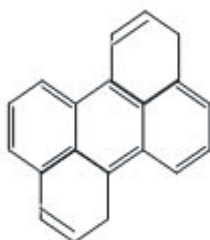
Источниками загрязнения окружающей среды являются промышленные, энергетические, транспортные и аграрные предприятия. Развитие промышленного производства привело к тому, что в природную среду поступает 40–50 тыс. химических веществ, причем каждый год появляется 500–1000 новых соединений [1].

Одним из основных загрязняющих веществ в Республике Хакасия является бенз[а]пирен (БП) – типичный представитель полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), входящих в список приоритетных токсикантов, обладающих канцерогенной, мутагенной, тератогенной и биостимуляторной активностью [2]. Из большого числа соединений Агентством по охране окружающей среды выделены 16 приоритетных ПАУ: нафталин, аценафтилен, аценафтен, флуорен, фенантрен, антрацен, флуорантен, пирен, бенз[а]антрацен, хризен, бенз[а]пирен, и др. [3].

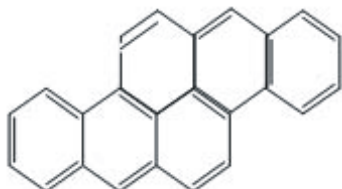
Структурные формулы наиболее канцерогенных ПАУ:



Бенз(а)пирен



Перилен

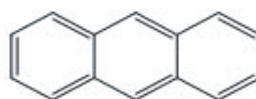


Дибенз(а)пирен

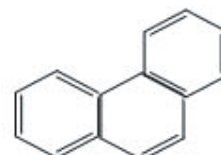
Наиболее типичным представителем ПАУ является бенз[а]пирен. Из незамещенных ПАУ, содержащихся в воздухе, наибольшей канцерогенной активностью обладает бенз[а]пирен и дибенз[а, h]антрацен [4]. БП принят в качестве индикатора присутствия

полициклических ароматических углеводородов в окружающей среде.

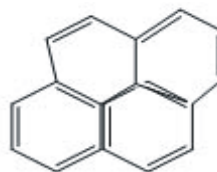
К менее токсичным ПАУ относят антрацен, фенантрен, пирен, флуорантен.



Антрацен



Фенантрен



Пирен

Целью нашей работы является изучение содержания бенз[а]пирена в атмосферном воздухе и почве городов Республики Хакасия.

Наблюдения за состоянием загрязнения атмосферного воздуха в Республике Хакасия в 2001–2002 гг. проводились на стационарных постах в городах Абакане, Черногорске, Саяногорске. Посты наблюдения загрязнения атмосферы (ПНЗ) условно отнесены к категориям: ПНЗ – «автомагистраль»; ПНЗ – «жилье».

Основной вклад в загрязнение атмосферного воздуха вносят следующие предприятия г. Абакана: Абаканская ТЭЦ ОАО «Хакасэнерго», МП «Абаканские тепловые сети», ООО АПК – «МаВР»; г. Черногорска: ОАО «Искож», ОАО «Черногорское энергоуправление», ОАО «СиТекс», Черногорский завод АТИ, МУП «Энергетик»; г. Саяногорска: «Алюминиевый завод» ОКСА, ООО «Тепловик», ОАО «Саянмрамор».

Значительный вклад в загрязнение атмосферного воздуха Республики Хакасии вносит автотранспорт, его доля в общей массе выбросов составляет около 47.7 %.

Содержание бенз[а]пирена в атмосферном воздухе городов республики приведено в табл. 1.

Таблица 1

Город	Средняя за 12 месяцев 2001г. концентрация БП (нг/м <sup>3</sup> )	Наибольшая средне-месячная концентрация БП	Средняя за 12 месяцев 2002г. концентрация БП (нг/м <sup>3</sup> )	Наибольшая средне-месячная концентрация БП
Абакан	3.07	8.0 (февраль)	3.52	7.5 (январь)
Черногорск	3.1	8.5 (январь)	3.85	7.5 (январь)
Саяногорск	1.47	3.8 (февраль)	2.22	3.6 (декабрь)



Рис. 1

Среднегодовая концентрация БП в Абакане и Черногорске составляет 3.1 ПДК<sub>сс</sub>, а максимальная из разовых концентраций (при неблагоприятных погодных условиях февраль) достигает 8.0–8.5 ПДК<sub>сс</sub>. В г. Саяногорске среднегодовая концентрация БП составила 1.47 ПДК<sub>сс</sub>. Исследования показывают тенденцию к росту среднегодовых концентраций БП в Абакане и Саяногорске по сравнению с 2000 г. на 9 – 29 %, а в Черногорске – к снижению на 22 %.

Результаты мониторинга загрязнения атмосферы показывают, что по сравнению с 2002 г. в г. Абакане отмечается рост среднегодовых концентраций бенз(а)-пирена на 14.6 % в г. Саяногорске рост составляет 51%, а в г. Черногорске 24.2 % [5].

Образованию БП в атмосферном воздухе городов республики способствуют:

- 1) выбросы четырех ингредиентов (оксид углерода, оксиды азота, диоксид серы и сероводород);
- 2) горение углистой массы при недостатке кислорода (отопительные котельные);

3) климатические условия, в которых находится Республика Хакасия. Особенностью климата республики являются часто повторяющиеся температурные инверсии, особенно в холодное время года, которые играют важную роль в формировании застойных явлений. Максимальная скорость инверсий в зимний период достигает 3 км и более. Большая повторяемость застоев воздуха, слабые ветра – в среднем 2 м/с, наличие туманов, преобладание незначительных осадков значительно повышают потенциал загрязнения Хакасии.

Другой важной проблемой городов республики является выяснение вклада источников загрязнения (промышленность, транспорт и др.) в общее состояние как атмосферного воздуха, так и других природных сред (рис. 1).

Потенциалу загрязнения атмосферы косвенно соответствует интенсивность загрязнения снежного покрова, фиксирующая суммарную техногенную нагрузку. Снежный покров, аккумулируя значительную часть

атмосферных загрязнителей, является индикатором техногенной нагрузки на окружающую среду.

Анализируя образцы снега, можно определить количество и состав загрязнителей, а также сделать вывод о загрязнении атмосферного воздуха.

В 2002–2003 гг. проведены исследования по Абаканской ТЭЦ ОАО «Хакасэнерго». Абаканская ТЭЦ расположена на западной окраине г. Абакана на левом берегу р. Ташеба. В районе ТЭЦ находятся пахотные земли совхозов.

К востоку расположены заводы АО «Абаканвагонмаш». На левом берегу р. Ташеба расположены предприятия западного промузла г. Абакана. Жилая зона города находится в 4–5 км от промплощадки ТЭЦ. В зону влияния ТЭЦ попадают часть селитебных территорий города, близлежащие окраинные леса и небольшие населенные пункты.

Основными вредными выбросами, образующимися от сжигания угля, являются зола, оксиды серы, азота, углерода, а при сжигании мазута – мазутная зола, оксиды серы, азота, углерода.

Основным источником загрязнения атмосферы является дымовая труба высотой 120 м, через которую производится выбросы от всех работающих котлов и ампирационные установки тракта топливоподачи. Неорганизованными источниками выбросов являются склад угля, автотранспорт.

Был сделан анализ снежного покрова (методом газовой хроматографии) и почвы (хромато-масс-спектрометрия) по БП в районе зоны рассеивания с учетом розы ветров. Результаты исследования показали: содержание БП в снежном покрове составляет в среднем  $4 \cdot 10^{-5}$  мг/дм<sup>3</sup>, что говорит об отсутствии превышения ПДК для воздуха, содержание БП в почве составляет в среднем 0.001 мг/кг, что также не превышает ПДК для почвы. На данном предприятии существует высокая степень очистки газовоздушных выбросов в атмосферу, также предварительное дроб-

Таблица 2

ление угля, что способствует его полному сгоранию. Результаты исследования позволяют говорить о том, что данное предприятие не является основным источником поступления БП в атмосферный воздух г. Абакана. Однако проблема загрязнения атмосферного воздуха ПАУ в городах республики стоит остро. Около 245 тыс. населения республики проживает на территориях с повышенной концентрацией вредных веществ в воздухе, в г. Абакане около 20 тыс. населения.

В 2003–2004 гг. был произведен отбор проб снега и сделан анализ снежного покрова, взятого в различных районах г. Абакана. Места отбора проб были выбраны с учетом предполагаемого источника загрязнения по БП. Анализ проведен методом газовой хроматографии, результаты отражены в табл. 2.

Анализируя результаты исследования, можно говорить о том, что концентрация БП в снежном покрове разных районов города различна. Это подтверждает влияние разных источников загрязнения на атмосферный воздух. Хотя анализ снежного покрова косвенно отражает загрязнение атмосферного воздуха, можно говорить о различном вкладе отдельных источников загрязнения в общее состояние атмосферного воздуха.

Наибольшая концентрация БП отмечена в пробе, взятой в частном секторе г. Абакана. Возможно, это связано с тем, что используемый уголь (бейский и изыхский) характеризуется высокой калорийностью по сравнению с другими видами углей. Массовый выход БП в расчете на 1 МДж выделяемой теплоты у высококалорийных углей выше, чем при сжигании низкокалорийных видов угля. Благоприятным условием для образования БП является сжигание топлива при недостатке кислорода, что и наблюдается в частном секторе. Высота труб жилых домов крайне мала, это способствует оседанию загрязнителей непосредственно около источника выбросов.

Сравнивая результаты проб, взятых на перекрестках магистральных автодорог г. Абакана, видно, что значение результатов отличается почти в 3 раза. Это может быть объяснено разной интенсивностью движения на данных автодорогах, а также временем их эксплуатации.

Загрязнение снежного покрова в жилом районе города объясняется наличием автостоянок и перемещением воздушных масс от промышленных районов города.

Исследование снежного покрова на границе санитарно-защитной зоны котельной г. Абакана показало незначительные загрязнения по БП.

В целом результаты анализа снежного покрова показывают отсутствие превышения ПДК по БП, за исключением пробы снега, взятой в частном секторе. Значение данной пробы соответствует ПДК для атмосферного воздуха.

Место отбора проб	Наименование определяемого компонента	Массовая концентрация, мг/дм <sup>3</sup>
Усть-Абаканский район, лесостепная зона 30 км от г. Абакана	Бенз(а)пирен	0.000030
Западный жилой район г. Абакана (ул. Некрасова, 32), газон	Бенз(а)пирен	0.00012
Магистральная автодорога г. Абакана (перекресток ул. Пушкина и ул. Щорса), 50 м от дороги	Бенз(а)пирен	0.00067
Магистральная автодорога г. Абакана (перекресток ул. Некрасова и ул. Чертыгашева), 50 м от дороги	Бенз(а)пирен	0.00024
Частный сектор г. Абакана (ул. Энгельса, 54)	Бенз(а)пирен	0.0012
Граница санитарно-защитной зоны котельной северного района г. Абакана (ул. Тихая)	Бенз(а)пирен	0.000025

Улучшения состояния атмосферного воздуха в 2002–2004 гг. не наблюдается, а климатические условия, в которых находится Республика Хакасия, способствуют увеличению концентрации вредных веществ в атмосфере.

Влияние загрязненного атмосферного воздуха оказывает негативное воздействие на здоровье населения, удельный вес заболеваний органов дыхания детского населения составляет 40 %, взрослого – 13 %.

В воздухе ПАУ находятся в газообразном состоянии, в виде аэрозолей и адсорбированными на частицах пыли. Распределение ПАУ в системе газ – твердая частица в атмосферном воздухе зависит от давления насыщенных паров ПАУ при определенной тем-

Таблица 3

Место отбора проб	Наименование определяемого компонента	Массовая концентрация, мг/кг
Усть-Абаканский район, лесостепная зона 30 км от г. Абакана	Бенз(а)пирен	< 0.0010
Западный жилой район г. Абакана (ул. Некрасова, 32), газон	Бенз(а)пирен	0.00179
Магистральная автодорога г. Абакана (перекресток ул. Пушкина и ул. Щорса), 50 м от дороги	Бенз(а)пирен	0.00304
Магистральная автодорога г. Абакана (перекресток ул. Некрасова и ул. Чертыгашева), 50 м от дороги	Бенз(а)пирен	0.050
Частный сектор г. Абакана (ул. Энгельса, 54)	Бенз(а)пирен	0.0047
Граница санитарно-защитной зоны котельной северного района г. Абакана (ул. Тихая)	Бенз(а)пирен	0.00093

пературе, количества частиц в воздухе, свойств адсорбирующей частицы и реакционной способности ПАУ.

В 2004 г. проведен анализ почвы на наличие БП методом газовой хроматографии с масс-селективным детектором, в пробах, отобранных по тем же точкам, что и снег, см. табл. 3.

Результаты анализа почвы отличаются от результатов анализа снега. Наибольшее значение БП наблюдается в пробе почвы, взятой у магистральной автодороги (перекресток ул. Некрасова и ул. Чертыгашева), хотя анализ снега показывает большее значение на перекрестке ул. Пушкина и ул. Щорса. Вероятно, это связано с тем что, данная автодорога является новой и введена в эксплуатацию недавно, а загрязнение почвы вызвано строительством и укладкой асфальта данной автодороги.

Результат анализа почвы в частном секторе показал значение, превышающее предполагаемое фоновое значение.

Результат анализа почвы в микрорайоне города близкий по значению к фоновой пробе.

Результат анализа почвы границы санитарно-защитной зоны котельной северного района г. Абакана показывает незначительное загрязнение БП, ниже фоновой пробы.

Среди широкого круга органических загрязнителей окружающей среды полициклические ароматические углеводороды вызывают наибольшую тревогу в связи с их канцерогенной активностью.

В настоящее время получены достаточные доказательства этиологической роли данных соединений в развитии некоторых злокачественных новообразований. Включение ПАУ в перечень приоритетных загрязняющих веществ основано на их распространенности, устойчивости, токсичности и миграционной подвижности. Эта группа канцерогенных веществ часто встречается в окружающей среде, поскольку основные источники ПАУ связаны с производством тепла, энергии, переработкой угля, нефти и выбросами автотранспорта.

### Литература

1. Международный регистр потенциально токсичных химических веществ. Программа ООН по окружающей среде. 1985.
2. Keith L.N., Telliard W.A. // Environ Sci. Technol. 1979. 4. 416.
3. Клар Э. // Полициклические углеводороды. 1971. Т. 1. С. 138–163.
4. Jacob J., Karcher W., Wagstaffe P.J. // Frez. Z. Chem. 1984. 317. 101.
5. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Республики Хакасия в 2002 году». Абакан, 2003.