



УДК [524.3–852(470.44)]

Бенз(а)пирен в атмосфере городов Саратовской области

**В. З. Макаров, В. А. Гусев, Ю. В. Волков,
В. А. Затонский, А. М. Неврюев**

Макаров Владимир Зиновьевич, доктор географических наук, заведующий кафедрой физической географии и ландшафтной экологии, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, makarovvz@rambler.ru

Гусев Виктор Александрович, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой геоморфологии и геоэкологии, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, geograf-nauka@yandex.ru

Волков Юрий Владимирович, старший научный сотрудник, доцент кафедры физической географии и ландшафтной экологии, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, volkovuv@info.sgu.ru

Затонский Виктор Александрович, ассистент кафедры физической географии и ландшафтной экологии, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, viktorzatosky@yandex.ru

Неврюев Александр Михайлович, лаборант лаборатории геоинформатики и тематического картографирования, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, nevruev5@yandex.ru

В статье рассмотрены результаты инструментальных наблюдений за концентрацией бенз(а)пирена в приземном слое атмосферного воздуха в городах Саратов и Балаково зимой 2018 г. Выявлены участки городской территории с наибольшими значениями ПДКсс бенз(а)пирена. Ими оказались зоны, прилегающие к оживлённым автомагистралям.

Ключевые слова: бенз(а)пирен, атмосферный воздух, концентрация бенз(а)пирена, транспортная нагрузка на городских улицах, города Саратов и Балаково.

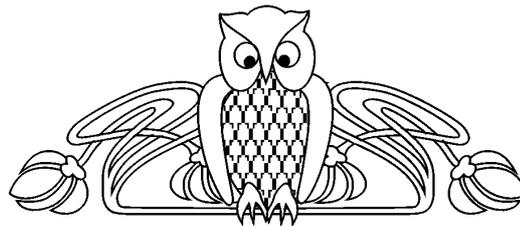
Benzopyrene in the Atmosphere of Saratov Region Cities

**V. Z. Makarov, V. A. Gusev, Yu. V. Volkov,
V. A. Zatonsky, A. M. Nevryuev**

Vladimir Z. Makarov, orcid.org/0000-0003-0505-5257, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya Str., Saratov 410012, Russia, makarovvz@rambler.ru

Viktor A. Gusev, <https://orcid.org/0000-0001-9223-2447>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya Str., Saratov 410012, Russia, geograf-nauka@yandex.ru

Yuri V. Volkov, <https://orcid.org/0000-0002-1855-4955>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya Str., Saratov 410012, Russia, volkovuv@info.sgu.ru



Viktor A. Zatonsky, <https://orcid.org/0000-0003-3216-5347>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya Str., Saratov, 410012 Russia, viktorzatosky@yandex.ru

Alexander M. Nevryuev, <https://orcid.org/0000-0002-7985-8629>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya Str., Saratov, Russia 410012, nevruev5@yandex.ru

The article provides the results of instrumental studies on the content and concentration of benzopyrene in the surface layer of the atmosphere in Saratov and Balakovo, as one of the most powerful and widespread carcinogen with extremely high and dangerous environmental effects. Characteristic sections of urban areas with the highest benzopyrene concentration were identified.

Keywords: instrumental studies, atmospheric air, benzopyrene, ambient air standard, traffic load, cities of Saratov & Balakovo.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-1-12-17>

Постановка проблемы и её актуальность

Среди градозащитных проблем проблема загрязнения атмосферного воздуха крупных промышленных городов занимает особое место. Это обуславливается несколькими причинами. Во-первых, исключительной важностью атмосферного воздуха для всего живого на Земле. Во-вторых, огромной концентрацией промышленности и транспорта, а также огромной подвижностью воздушных масс, с которыми могут перемещаться вредные примеси.

Состояние воздушного бассейна городов Саратова и Балаково, в которых сконцентрированы основные промышленные объекты и транспортные потоки, является одной из наиболее острых проблем Саратовской области [1].

Ежегодно от стационарных источников загрязнения в воздух в этих городах поступает от 70 до 90 тыс. т в год вредных веществ.

Анализ состава загрязняющих веществ в атмосфере российских городов показал, что одним из контролируемых загрязнителей является бенз(а)пирен. По опасности он занимает одно из первых мест, что делает исследование и контроль загрязнения атмосферного воздуха этим загрязнителем необходимым и обязательным [2–4].

Бенз(а)пирен – наиболее известное вещество из группы полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), достаточно широко распространённый канцероген, требующий обязательного контроля в городском воздухе.

ПАУ широко распространены в природе и стабильны во времени. Они обладают канцеро-



генной и мутагенной активностью. Из-за своей токсичности и канцерогенных свойств их относят к приоритетным загрязняющим веществам [5, 6].

Загрязнение атмосферного воздуха бенз(а)пиреном в городах обусловлено выбросами автотранспорта, предприятий теплоэнергетики, многочисленных мелких котельных, а также открытыми пожарами.

Большую роль в миграции и накоплении бенз(а)пирена играет такой его источник, как автомобильный транспорт. С одной стороны, двигаясь на большие расстояния, автомобили способствуют равномерному разносу бензапирена. С другой стороны, осевший бенз(а)пирен в больших количествах скапливается вдоль автомобильных дорог и на объектах рядом с ними (так называемые «вторичные источники»).

Вклад автотранспорта в выбросы углеводородов в атмосферу, в том числе и бенз(а)пирена, составляет более 90% от суммарных выбросов всех углеводородов. [3, 5, 6].

Ситуация усугубляется тем, что дорожные проезды за пределами боковых примыкающих газонов активно используются в качестве парковок автомобилей, часто кратковременных. Как известно, выхлопные газы двигателя автомобиля на холостом ходу, в пробках и при прогреве более обогащены токсичными веществами, особенно ПАУ (в том числе 3,4-бенз(а)пиреном). Поэтому уровень химического загрязнения парковочных участков и в местах постоянных автомобильных пробок довольно высок.

Бенз(а)пирен легко «включается» в круговорот веществ в природе: с атмосферными осадками, всегда содержащими твердые частички, он заносится даже на территории, удаленные от основного источника ПАУ, попадает в водоёмы, откуда при испарении вновь поднимается в воздух. Именно способность бенз(а)пирена мигрировать приводит к тому, что его содержание может быть высоким в местах, где нет мощного источника этого вещества [7].

Бенз(а)пирен относится к веществам первого класса опасности. Первый класс опасности – это вещества с чрезвычайно высоким опасным воздействием на окружающую среду, при этом изменения, вызываемые ими, необратимы.

Таким образом, бенз(а)пирен представляет опасность не только как фоновое загрязнение окружающей среды, но и как вещество, проникающее в организм по пищевой цепочке. Все это составляет необходимость постоянного исследования и анализа атмосферного воздуха городов при загрязнении его бенз(а)пиреном и разработке рекомендаций по их совершенствованию, а также прогнозированию будущего уровня загрязнения бенз(а)пиреном.

Характеристика местоположения постов постоянного контроля над загрязнением городского воздуха в городах Саратов и Балаково

В начале рассмотрим уровень загрязнения бенз(а)пиреном городов Саратова и Балаково

на основании данных, полученных на постах постоянного круглогодичного наблюдения за загрязнением воздуха.

Необходимо отметить, что наблюдения за состоянием атмосферного воздуха на территории Саратовской области проводятся только в двух крупнейших промышленных центрах области: в г. Саратове на десяти стационарных постах и в г. Балаково на трех стационарных постах.

В Саратове до недавнего времени было 6 постоянных постов наблюдения за загрязнением воздуха (ПНЗ). Конечно, это крайне недостаточно для города со сложным, разновысотным и расчлененным рельефом, к тому же имеющим разнообразную функционально перемешанную, «чересполосную» застройку разной плотности, с разным сосредоточением промышленных предприятий и транспортных магистралей. С 2010 г. в Саратове было организовано еще 4 поста (табл. 1).

Это муниципальные ПНЗ-9, ПНЗ-10, ПНЗ-11 и ПНЗ-12. Новые посты расположены в районе Детского парка, 3-й городской клинической больницы, в крупном спальном микрорайоне «Солнечный» и близ аэропорта «Центральный». К сожалению, бенз(а)пирен на указанных постах не определяется.

Как видим, в Саратове из 6 постоянно действующих постов бенз(а)пирен определяется лишь на 3, а в Балаково из 3 постов – лишь на одном.

Кратко охарактеризуем посты города Саратова, где определяется бензапирен. Два первых поста расположены в южной промышленной части города в Заводском районе.

ПНЗ-1 размещён вблизи оживленной автомагистрали – проспекта Энтузиастов, у края заброшенного испытательного аэродрома, прекратившего существование, авиационного завода.

Данный пост – это бывшая метеостанция «Южная». Недалеко через дорогу находится промплощадка крупного действующего предприятия – подшипникового завода, а также довольно старая ТЭЦ-1. Абсолютная высота площадки поста составляет 81 м. Площадка расположена на пролювиальном шлейфе в Центральной субкотловине Приволжской котловины и фиксирует транспортные и отчасти промышленные выбросы предприятий машиностроения и теплоэнергетики. На площадку возможен привнос пыли с оголенных склонов Лысогорского плато и навалов песка с речного порта в посёлке Юриш.

ПНЗ-2 также расположен в Заводском районе, можно сказать в ядре южной промзоны: близ ТЭЦ-2 и нефтеперерабатывающего завода, а также неподалеку от химпредприятия ОАО «Нитрон». Абсолютная высота площадки поста равна 97 м. Она также расположена на пролювиальном шлейфе, но уже в Южной субкотловине Приволжской котловины. Пост фиксирует влияние выбросов крупных предприятий химии, нефтепереработки, теплоэнергетики в условиях котловинного рельефа и плохой проветриваемости.



Таблица 1

Сведения о сети наблюдения за состоянием атмосферного воздуха [8]

Номер поста наблюдения	Адрес поста	Определяемые примеси
г. Саратов		
ПНЗ-1	Заводской район, пр. Энтузиастов, 61	Пыль, диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота, оксид азота, сероводород, гидрохлорид, формальдегид, бенз(а)пирен
ПНЗ-2	Заводской район, ул. Волгодонская, 2	Пыль, оксид углерода, диоксид азота, оксид азота, сероводород, фенол, аммиак, цианид водорода, формальдегид, ароматические углеводороды, бенз(а)пирен
ПНЗ-5	Волжский район, ул. Октябрьская, 45	Пыль, диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота, фенол, формальдегид, бенз(а)пирен , сероводород
ПНЗ-6	Ленинский район, ул. Ломоносова, 21	Пыль, оксид углерода, диоксид азота, фенол, гидрофторид, формальдегид
ПНЗ-7	Ленинский район, ул. 50 лет Октября, 87	Пыль, оксид углерода, диоксид азота, гидрохлорид, аммиак, формальдегид, фенол, тяжелые металлы
ПНЗ-8	Кировский район, ул. Астраханская, 150	Пыль, оксид углерода, диоксид азота, фенол, гидрофторид, формальдегид
ПНЗ-9*	Фрунзенский район, Детский парк	Оксид углерода, диоксид азота, оксид азота, диоксид серы, метан, углеводороды (суммарно)
ПНЗ-10*	Октябрьский район, ул. Политехническая – 5-ая Беговая	Оксид углерода, диоксид азота, оксид азота, диоксид серы, метан, углеводороды (суммарно)
ПНЗ-11*	Ленинский район, ул. Чехова – ул. Антонова	Оксид углерода, диоксид азота, оксид азота, диоксид серы, метан, углеводороды (суммарно)
ПНЗ-12*	Волжский район, район аэропорта	Оксид углерода, диоксид азота, оксид азота, диоксид серы, метан, углеводороды
г. Балаково		
ПНЗ-1	Жилой городок, пересечение улиц Титова и Ленина	Пыль, диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота, оксид азота, сероводород, фенол, формальдегид
ПНЗ-4	Новые микрорайоны, пересечение улиц Трнавской и Проспекта Героев	Пыль, оксид углерода, диоксид азота, фенол, гидрофторид, аммиак, формальдегид, тяжелые металлы
ПНЗ-5	Граница промышленной и жилой зоны, пересечение улиц Вокзальной и Саратовского шоссе	Пыль, оксид углерода, диоксид азота, фенол, сероводород, формальдегид, бенз(а)пирен , гидрофторид

* Наблюдения проводятся эпизодически.

ПНЗ-5 находится в Волжском районе на пересечении улиц Октябрьской и Московской с оживленным движением автотранспорта. Неподалёку расположены промплощадки ПО «Саратов-мебель» и фурнитурного завода. Абсолютная высота поста равна 50 м. Пост расположен на наклонной в сторону Волги и Глебучева оврага поверхности пролювиального шлейфа Северной субкотловины Приволжской котловины. Пост отражает атмотехногенную ситуацию в плотной жилой застройке в исторической части города, создаваемую под воздействием автотранспорта в условиях плохой проветриваемости.

Концентрация бенз(а)пирена по данным прямых наблюдений на стационарных постах и инструментальных замеров в городах Саратов и Балаково

Согласно опубликованным материалам о концентрации бенз(а)пирена, в воздушном бассейне Саратова за последние три года (2015–2017 гг.) среднегодовая концентрация примеси рассматриваемого периода составляла 0,2–0,4 ПДК [8–10].

Наибольшая среднемесячная концентрация примеси (1,3 ПДК) зафиксирована в феврале 2015 г. на ПНЗ-1, размещенного вблизи оживленной автомагистрали – Проспекта Энтузиастов, промплощадки крупного действующего предприятия – подшипникового завода, а также старой ТЭЦ-1. Данный пункт наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха фиксирует транспортные и отчасти промышленные выбросы предприятий машиностроения и теплоэнергетики. В 2017 г. наибольшая среднемесячная концентрация примеси (0,5 ПДК) зафиксирована в феврале на ПНЗ-2 и марте на ПНЗ-5.

В Балаково из 3 организованных стационарных постов наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха бенз(а)пирен определяется только на одном – ПНЗ-5, расположенном на границе промышленной и жилой зоны, пересечение улиц Вокзальной и Саратовского шоссе.

В 2015–2017 гг. среднегодовая концентрация примеси бенз(а)пирена отмечалась на уровне 0,4–0,2 ПДК. Наибольшая среднемесячная концентрация примеси (0,5 ПДК) зафиксирована в феврале на ПНЗ-2 и марте на ПНЗ-5. Максималь-



ная разовая концентрация примеси наблюдалась в январе 2015 г. и составила 1,1 ПДК.

Таковы официальные данные по наличию и содержанию бенз(а)пирена в атмосфере городов Саратова и Балаково, приводимые в «Докладах...» природоохранного комитета.

Между тем инструментальные замеры по содержанию бенз(а)пирена в этих городах, проведённые сотрудниками лаборатории урбоэкологии и регионального анализа географического факультета Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского при финансовой поддержке Российского географического общества (проект № 05/2017-Р «Разработка методологии комплексного геоэкологического мониторинга городской среды для оценки и прогноза опасных и чрезвычайных ситуаций (на примере урбанизированных территорий Саратовского Приволжья)»), в феврале 2018 г. показали значительное превышение ПДК_{сс} по бенз(а)пирену практически на всех исследуемых участках городов как в жилых кварталах, так и в промзонах, на автомагистралях, даже в зелёной зоне. Сотрудниками лаборатории были взяты 9 проб воздуха в разных местах города Саратова и 3 пробы в городе Балаково.

Отбор проб воздуха на бенз(а)пирен производился аспиратором ПУ-3Э. Электрический аспиратор ПУ-3Э предназначен для отбора и измерения проб атмосферного воздуха населенных мест, жилых и общественных помещений и др.

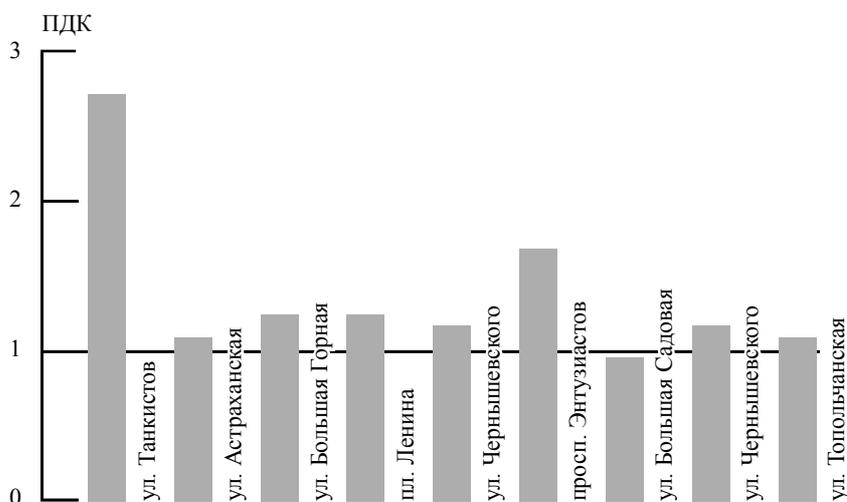
Аспиратор посредством прокачки заданного объема воздуха через поглотительные фильтры типа АФА позволяет при последующем аналитическом контроле выявить содержание пыли и аэрозолей.

В городе Саратове в отобранных пробах воздуха посредством аспиратора была выявлена концентрация бенз(а)пирена, превышающая ПДК_{сс}, практически на всех исследуемых участках (рисунок).

Пространственный анализ полученных данных по содержанию и концентрации бенз(а)пирена в г. Саратове показал, что наибольшая концентрация выявлена в пониженных участках рельефа с очень плотным транспортным потоком: на перекрёстке улиц Танкистов и Навашина в Кировском районе, на котором отмечается интенсивное движение автотранспорта, идущего в сторону аэропорта, на площади около Центрального колхозного рынка на пересечении улиц Астраханская и Большая Горная, на проспекте Энтузиастов в заводском районе, на которых также отмечается интенсивное движение автотранспорта, идущего с улиц Авиостроителей, Орджоникидзе, на площади Ленина в районе 3-й Дачной в Ленинском районе, на улице Чернышевского Фрунзенского района.

Превышение ПДК_{сс} бенз(а)пирена на этих участках варьировало от 2,72 на улице Танкистов до 1,08 на улице Астраханской. Наименьшая концентрация бенз(а)пирена отмечалась на ул. Большая Садовая в заводском районе (превышение ПДК-0,96).

Наличие бенз(а)пирена на улицах г. Саратова и его значительная концентрация обуславливаются плотным потоком автотранспорта, создающим аэрозольную взвесь из выхлопных газов, асфальтовой пыли и резиновых частиц при истирании дорожного полотна автошинами. Так, по данным министерства природных ресурсов и экологии Саратовской области вклад передвижных источников (автотранспорта) в суммарный выброс загрязняющих веществ в атмосферный воздух города составляет 78,1%. Управление ГИБДД ГУ МВД России по Саратовской области констатирует ежегодный рост количества автомобильного транспорта в г. Саратове, достигший 326 781 единицы (по состоянию на 1 января 2018 г.) [10].



Пределы ПДК среднесуточных концентраций бенз(а)пирена в воздушном бассейне г. Саратова по данным инструментальных замеров (февраль 2018 г.)



Плотность транспортного потока, согласно натурным замерам на указанных улицах Саратова, в среднем в час пик достигает 3000 автомобилей и более в час. Ежегодное нарастание транспортной загруженности улиц Саратова всё более увеличивает как загазованность, так и запылённость приземного слоя воздуха вдоль автомагистралей.

Кроме того, автомобильные шины (резина) являются адсорбентом для бенз(а)пирена, а частички резиновой пыли переносят на себе кристаллы бенз(а)пирена. По оценкам исследо-

вателей, в резиновой пыли содержится больше канцерогенных веществ, чем в выхлопных газах двигателей, которые до этого считались традиционными источниками загрязнения окружающей среды [6].

Аналогичная картина с содержанием бенз(а)пирена складывается и в городе Балаково, где превышение ПДК зафиксировано на улицах с плотным транспортным потоком в центре города и в районе пересечения Саратовского шоссе и ул. Вокзальной на границе сельтеббы и промышленной зоны (табл. 2).

Таблица 2

Концентрация бенз(а)пирена в атмосферном воздухе г. Балаково по данным инструментальных замеров на тестовых площадках (февраль 2018 г.)

Место отбора воздушных проб	Количество проходящего автотранспорта в период наблюдений, авт/ч	Концентрация бенз(а)пирена в 1 м ³	Превышение ПДК в N раз*
Пересечение ул. 30 лет Победы и ул. Трнавской	1326	1,12·10 ⁻⁹	1,12
Островная часть в сельтебно-промышленной зоне	780	Не обнаружено	Не обнаружено
Пересечение Саратовского шоссе и ул. Вокзальной	1182	1,08·10 ⁻⁹	1,16

На островной части города, где зафиксировано минимальное количество проходящего транспорта, концентрации бенз(а)пирена не обнаружено.

В то же время прямая зависимость наличия бенз(а)пирена от количества проходящего транспорта отмечалась не всегда. Дело в том, что в отличие от газообразных веществ основная часть ПАУ в нижних слоях атмосферы находится в воздухе одновременно в парогазовой фазе и в виде аэрозольных ассоциатов субмикронного размера. Соотношение между ними зависит от физико-химических свойств индивидуальных соединений, их концентрации, температуры, давления и влажности окружающей среды [11].

Выводы

Бенз(а)пирен как один из самых мощных и при этом широко распространённых канцерогенов в воздушном бассейне городов представляет наиболее опасный компонент загрязнения атмосферы.

Учитывая, что фактор риска от действия бенз(а)пирена на организм человека высок, а осознание этого на психологическом уровне чрезвычайно низко, о бенз(а)пирене должны знать не только автомобилисты и производственники, но и все уровни власти.

Согласно полученным результатам инструментальных замеров, в городах Саратов и Балаково почти во всех местах отбора проб воздуха на бенз(а)пирен обнаружено превышение его концентрации относительно ПДКсс.

Наибольшая концентрация взвешенных веществ выявлена в понижениях рельефа с очень плотным транспортным потоком, что свидетель-

ствует о большой роли автотранспорта в создании аэрозольной взвеси из выхлопных газов, асфальтовой пыли и резиновых частиц при истирании дорожного полотна автошинами.

В настоящее время в Саратове из 10 постов постоянного наблюдения за загрязнением воздуха только 3 фиксируют содержание бенз(а)пирена, а их расположение не всегда учитывает современную ситуацию на автомагистралях и действующие источники промышленных выбросов в атмосферу, как постоянных, так и сезонных. Поэтому, учитывая высокую канцерогенную опасность бенз(а)пирена, необходимо увеличить число станций постоянного наблюдения за его концентрацией в разных средах, прежде всего в городском воздухе, и категорически пресекать возгорания свалок, пожги мусора, листьев деревьев, мазута и пр.

Благодарности и финансирование: *Статья подготовлена при финансовой поддержке Русского географического общества (проект № 05/2017-Р).*

Библиографический список

1. Новаковский Б. А., Макаров В. З., Пролёткин И. В., Чумаченко А. Н. Оценка загрязнения снежного покрова г. Балаково // Экология и промышленность России. 1999. № 2. С. 4–8.
2. Грязные города России [Электронный ресурс]. URL: <https://www.o000o.ru/15-samykh-gryaznykh-gorodov-rossii-pootsenkam-ekologov.html> (дата обращения: 18.02.2018). Загл. с экрана. Яз. рус.
3. Киреев Г. В., Баленков О. Ю., Демина Л. Н. Содержание бенз(а)пирена в различных зонах мегаполиса // Гигиена и санитария. 2008. № 3. С. 6–7.



4. Рашитов Л. З., Галлямов А. Б. Изучение влияния уровня содержания бенз(а)пирена в атмосферном воздухе на показатели онкологической заболеваемости населения Казани // *Фундаментальные исследования*. 2010. № 11. С. 109–111.
5. Травень В. Ф. *Органическая химия* : учеб. пособие для вузов : в 3 т. М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. Т. 2. 517 с.
6. Бензапирен [Электронный ресурс]. URL: <https://primprogoda.ru/news/ecology/benzapiren> (дата обращения: 18.02.2018). Загл. с экрана. Яз. рус.
7. Цимбалюк К. К., Деньга Ю. М., Антонович В. П. Определение полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в объектах окружающей среды (Обзор) // *Методы и объекты химического анализа*. 2013. Т. 8, № 2. С. 50–62.
8. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2015 г. Саратов, 2016. 247 с. [Электронный ресурс]. URL: http://www.minforest.saratov.gov.ru/info/?SECTION_ID=65 (дата обращения: 18.02.2018).
9. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2016 г. Саратов, 2017. 250 с. [Электронный ресурс]. URL: http://www.minforest.saratov.gov.ru/info/?SECTION_ID=65 (дата обращения: 18.02.2018).
10. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2017 г. Саратов, 2018. 201 с. [Электронный ресурс]. URL: http://www.minforest.saratov.gov.ru/info/?SECTION_ID=65 (дата обращения: 18.02.2018).
11. Бензапирен в атмосфере городов [Электронный ресурс]. URL: <http://www.hintfox.com/article/Benzapiren-himiko-ekologicheskaja-problema-sovremennosti.html> (дата обращения: 18.02.2018). Загл. с экрана. Яз. рус.

Образец для цитирования:

Макаров В. З., Гусев В. А., Волков Ю. В., Затонский В. А., Неврюев А. М. Бенз(а)пирен в атмосфере городов Саратовской области // *Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле*. 2019. Т. 19, вып. 1. С. 12–17. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-1-12-17>

Cite this article as:

Makarov V. Z., Gusev V. A., Volkov Yu. V., Zatonsky V. A., Nevryuev A. M. Benzopyrene in the Atmosphere of Saratov Region Cities. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2019, vol. 19, iss. 1, pp. 12–17 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-1-12-17>
