

средством телевидения и радио), невозможно обеспечить благоприятную экологическую среду, чистоту в нашем общем доме и сохранение уникального биоразнообразия.

Литература

1. Берсенев Ю. И. Сохранение уникальных природных комплексов и объектов Приморского края // Природа. – 2006. – №5. – С.23–38.
2. Документация администрации Приморского края: приказы и постановления об особо охраняемых территориях за период 2006–2011 гг.



УДК 574.24: 581.19

Г.С. Бутенко, Д.Е. Полонская

СОДЕРЖАНИЕ 3,4-БЕНЗ(а)ПИРЕНА В ПОЧВАХ ТЕХНОГЕННО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

В работе определены концентрации 3,4-бенз(а)пирена в почвах в зависимости от источника выбросов этого углеводорода и длительности воздействия на окружающую среду.

В зоне влияния промышленных выбросов КраЗ, Красноярской ТЭЦ-3, СаАЗа установлена аккумуляция 3,4-бенз(а)пирена в почвах. Приведена оценка степени загрязнения 3,4-бенз(а)пиреном почв сельскохозяйственных угодий Красноярского края и Республики Хакасия по категориям опасности. Обоснована необходимость лабораторного контроля растительной продукции, произведенной на этих землях, попадающих под категорию умеренно опасных, и контроля со стороны надзорных органов за продукцией, выращенной на землях, категорий опасных и высоко опасных.

Ключевые слова: почва, содержание, 3,4-бенз(а)пирен, промышленные выбросы, категории опасности.

G.S. Butenko, D.E. Polonskaya

3,4-BENZ(a)PYRENE AVAILABILITY IN THE TECHNOGENICALLY POLLUTED TERRITORY SOILS

3,4-benz(a)pyrene concentrations in soils depending on the emission sources of this hydrocarbon and influence duration on environment are determined in the article. 3,4-benz(a)pyrene cumulation in soils is determined in the zone of the industrial emission influence of KrAP, Krasnoyarsk HPP-3, SaAP. Estimation of the agricultural land soil contamination degree by 3,4-benz(a)pyrene in Krasnoyarsk region and the Republic of Khakassia on the danger factors is given. The laboratory inspection necessity for the vegetable products, which are produced on these lands, that are under the moderately-dangerous factor, and inspection on the part of the regulatory authorities over the products, which are cultivated on the lands with dangerous and highly dangerous factors is substantiated.

Key words: soil, availability, 3,4-benz(a)pyrene, industrial emissions, danger factor.

Бенз(а)пирен, являющийся соединением из группы полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), относится к супертоксикантам. Установлено, что многие представители этого класса органических веществ являются канцерогенами и (или) мутагенами [9]. Так, из 16 соединений этой группы, подлежащих определению по рекомендации Агентства по охране окружающей среды США (EPA US) в пробах окружающей среды, наиболее распространенным является нафталин, а наиболее токсичным 3,4-бенз(а)пирен. Последний обладает ярко выраженными канцерогенными, мутагенными и тератогенными свойствами, входит в число наиболее опасных загрязнителей атмосферного воздуха всех крупных городов. При этом вклад металлургической промышленности в распространение данного вещества достигает 40%, а до 26% приходится на бытовое отопление, 16% – на химическую промышленность, кроме того, поллютант содержится в выхлопах автомобилей, табачном дыме, продуктах сгорания и т.д. В процессе охлаждения горячих газов, содержащиеся в них ПАУ, конденсируются и оседают на поверхность почвы в зоне выбросов на расстоянии нескольких километров. При этом большая их часть уносится на дальние расстояния в виде аэрозолей. Пре-

красным адсорбентом для ПАУ являются сажевые частицы, на 1 см² сажевой поверхности которой могут разместиться более одной тысячи молекул ПАУ.

Известно, что интенсивное развитие промышленности в мире привело к накоплению в природных биоценозах значительных количеств токсичных веществ этого класса, что, в свою очередь, обусловило развитие исследований в области охраны окружающей среды. Сведений о процессах накопления 3,4-бенз(а)пирена в объектах окружающей среды, т.е. в структурных единицах агроэкосистем, в условиях Красноярского региона практически нет.

В свете сказанного актуальным является исследование формирования уровней содержания 3,4-бенз(а)пирена в антропогенно загрязненных почвах под влиянием различных источников и особенностей конкретных метеоусловий.

Цель исследований – оценка степени загрязнения 3,4-бенз(а)пиреном почв сельскохозяйственных угодий Красноярского края и Республики Хакасия, расположенных в зонах влияния крупных промышленных предприятий.

Объект и методы исследования. Объект исследования – почвы сельскохозяйственных территорий, находящиеся в зоне воздействия выбросов трех индустриальных гигантов: КрАЗа, Красноярской ТЭЦ-3, СаАЗа.

Почвенные образцы отбирались на землях сельскохозяйственного назначения, как в тепличных хозяйствах, так и на открытых участках, используемых для выращивания овощных культур, а также пастбищах, сенокосах. Отбор образцов проводился согласно ГОСТ 17.4.3.01-83[4], ГОСТ 17.4.4.02-84[5]. Содержание 3,4-бенз(а)пирена определяли в соответствии МУ 4.1.1274-03, на высокоэффективном жидкостном хроматографе российского производства «Стайер» [6].

Результаты исследования и их обсуждение. Роза ветров (рис. 1) в Красноярске расположена таким образом, что 70% времени преобладают ветры юго-западного и западного направления.

Районы г. Красноярска, расположенные с наветренной стороны, считаются самыми чистыми. Это – Ветлужанка, Северо-Западный, Академгородок. Наиболее загрязнены территории правобережной части города – ул. Свердловская, Черемушки, пос. Шинников. От пыли Красноярска страдают не только горожане, но и жители близлежащих районов. Ветер, как правило, выносит городскую пыль к Кузнецовскому плато, в сторону с. Атаманово и г. Железногорска. Горы, примыкающие с восточной стороны, образуют здесь естественный барьер, поэтому вся пыль оседает в основном в этом районе. Ореол распространения пылевого облака от краевого центра достигает 10,856 км², тогда как сам Красноярск занимает только 300 км² [2].

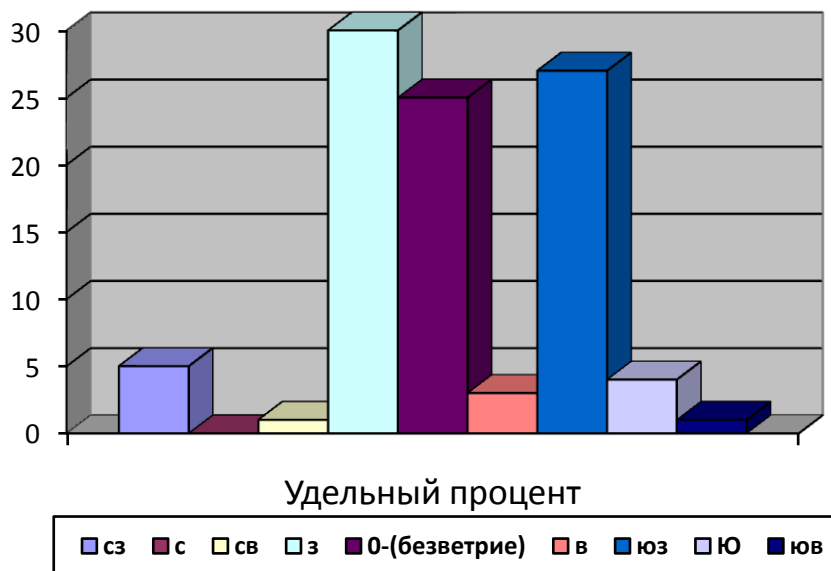


Рис.1. Роза ветров по г. Красноярску по данным 2009–2010 гг. [11]

Установлено повышенное содержание 3,4-бенз(а)пирена в почвах сельскохозяйственного назначения на расстоянии 1–20 км от источника загрязнения – (г. Красноярск) по розе ветров. Во всех образцах почвы этой зоны концентрация 3,4-бенз(а)пирена превышала ПДК [1]. Наиболее высокие концентрации этого со-

единения в почвах обнаружены в 5-километровой зоне (0,25–1,0 мг/кг, или 1,5–50 ПДК) факельных выбросов по розе ветров. Со смещением от источников загрязнения в противоположную розе ветров сторону концентрации поллютанта снижаются до 0,02–0,05 мг/кг. Однако в 3–5 км от г. Красноярска (д. Кубеково) концентрации 3,4-бенз(а)пирена в почвах остаются в пределах 2–3,5 ПДК. Как показано нами ранее, в почвах тепличных хозяйств (д. Песчанка) концентрация привысила значение ПДК в 10–50 раз [1].

В почвах огородов частного сектора г. Красноярска (районы Николаевки, Песчанки) содержание поллютанта составляет 0,0045–0,418 мг/кг. По-видимому, это связано не столько с источником загрязнения – печным отоплением, сколько с плохим перемешиванием воздуха (число безветренных дней в г. Красноярске составляет 70–100 дней в году). В такие дни над городом повисает серая туча, водяные пары впитывают в себя пылевые частицы вместе с находящимися на них поллютантами. Последние могут с дождевыми осадками попадать в почву, далее в растения [11]. Иными словами, имеет место ситуация, когда загрязнение воздуха, воды и почвы может приводить к попаданию канцерогенных полициклических углеводородов в растительные продукты.

В почвах обследованных нами территорий площадью 316 га, прилегающих к Саянскому АЗ, который был введен в действие значительно позже Красноярского АЗ, установлен процесс накопления (кумуляции) 3,4-бенз(а)пирена. Здесь концентрации изучаемого углеводорода в среднем составляют 0,0274 мг/кг, варьируя от 0,004 (фоновое значение – с. Субботино) до 0,043 мг/кг.

Оценка уровня химического загрязнения почв как индикатора неблагоприятного воздействия на здоровье населения проводится по показателям, разработанным при сопряженных геохимических и геоигиенических исследованиях окружающей среды городов с действующими источниками загрязнения. Такими показателями являются: коэффициент концентрации химического вещества (K_c). K_c определяется отношением фактического содержания определяемого вещества в почве (C_i) в мг/кг почвы к региональному фоновому (C_{f_i}):

$$K_c = C_i / C_{f_i}$$

Для оценки уровня степени химического загрязнения почв использовались следующие критерии гигиенической оценки: предельно допустимая концентрация (ПДК), или ориентировочно допустимая концентрация (ОДК) химических веществ в почве. При этом опасность загрязнения тем выше, чем:

- 1) фактическое содержание компонентов загрязнения почвы превышает величину ПДК (выражается коэффициентом $K_o = C/PДК$, т.е. опасность загрязнения тем выше, чем больше K_o превышает единицу);
- 2) чем выше класс опасности контролируемого вещества, его персистентность, больше его растворимость в воде, подвижность в почве, а также глубина загрязненного слоя;
- 3) чем меньше буферная способность почвы, которая зависит от механического состава, содержания органического вещества, кислотности почвы. При этом, чем меньше содержание гумуса, значение pH почвы и легче механический состав, тем опаснее ее загрязнение химическими веществами.

При загрязнении почв одним веществом органического происхождения его опасность определяется исходя из его ПДК (табл. 1,2) [8,12,13]. Значение ПДК 3,4-бенз(а)пирена для почвы составляет 0,02 мг/л [13].

Таблица 1

Предельно допустимые концентрации (ПДК) 3,4-бенз(а)пирена в почве и допустимые уровни их содержания по показателям вредности (выдержка) [13]

Наименование вещества	Форма содержания	ПДК вещества мг/кг почвы с учетом фона	Уровни показателей вредности (K1 – K4) и максимальный из них – (K_{max}), мг/кг			Класс опасности	
			Транслокационный (K1)	Миграционный			Общесанитарный (K4)
				Водный (K2)	Воздушный (K3)		
Бенз(а)пирен	Валовая	0,02	0,2	0,5	-	0,02	1

Анализ распределения геохимических показателей, полученных в результате изучения почв по регулярной сети, дает пространственную структуру загрязнения территорий и позволяет выделить зоны риска для здоровья населения [8].

Таблица 2

Критическая оценка степени загрязнения почвы органическими веществами [8]

Класс опасности вещества	Категория загрязнения почвы при разных значениях ПДК		
	> 5 ПДК	от 2 до 5 ПДК	от 1 до 2 ПДК
1	Очень сильная	Очень сильная	Слабая
2	Очень сильная	Сильная	Слабая
3	Сильная	Средняя	Слабая

В свою очередь, оценка почв сельскохозяйственного использования проводится в соответствии с принципиальной схемой, приведенной в таблице 3

Таблица 3

Принципиальная схема оценки почв сельскохозяйственного использования, загрязненных химическими веществами [12]

Категория загрязнения	Характеристика загрязненности	Возможное использование	Предлагаемые мероприятия
Допустимая	Содержание веществ в почве превышает фоновое, но ниже ПДК	Использование без ограничений под любые культуры	Снижение уровня воздействия источников загрязнения. Осуществление мероприятий по снижению доступности токсикантов для растений (известкование, внесение органических удобрений и т.п.)
Умеренно опасная	Содержание химических веществ превышает их ПДК при лимитирующем обще-санитарном, водном и воздушном миграционных показателях, но ниже допустимого уровня по транслокационному показателю	Использование под любые культуры при условии контроля качества с.-х. продукции	Мероприятия, аналогичные категории 1. При наличии веществ с лимитирующим водным или воздушным миграционным показателем проводится контроль содержания этих веществ в зоне дыхания сельскохозяйственных рабочих и в воде местных источников
Высокоопасная	Содержание веществ превышает их ПДК при лимитирующем транслокационном показателе вредности	Использование под технические культуры. Использование под сельскохозяйственные культуры ограничено с учетом растений концентраторов	1. Кроме мероприятий, указанных для категории 1, обязательный контроль содержания токсикантов в растениях – продуктах питания и кормах. 2. При необходимости выращивания растений – продуктов питания рекомендуется их перемешивание с продуктами питания, выращенными на чистой почве. 3. Ограничение использования зеленой массы на корм скоту с учетом растений – концентраторов
Чрезвычайно опасная	Содержание веществ в почве выше их ПДК по всем показателям вредности	Использовать под технические культуры или исключить из с.-х. использования. Лесозащитные полосы	Мероприятия по снижению уровня загрязнения и связыванию токсикантов в почве. Контроль содержания токсикантов в зоне дыхания с.-х. рабочих и в воде местных водных источников

По результатам проведенных исследований и в соответствии с нормативными документами, вышеуказанной схемой были произведены следующие расчеты.

Коэффициент концентрации химического вещества составил 50 К..с;

$(K_c) = 0,0206/0,0005 = 50$, где $C_i = 0,025$, $C_f_i = 0,0005$;

$K_o = C/ПДК$, в нашем случае составило от

$K_o = 0,0206/0,02 = 1,03$, до $K_o = 1,0455/0,02 = 52,3$, то есть в пределах 1,03–52,3 К..о.

Это позволило установить следующее. Содержание 3,4 бенз(а)пирена повышено не только в почвах пригородной зоны г. Красноярска, а также в почвах частного сектора г. Красноярска и на полях сельскохозяйственных предприятий, расположенных в зоне Саянского алюминиевого завода. Физико-химические свойства этого поллютанта (гидрофобность, высокая сорбционная способность и стабильность), способствующие его аккумуляции в природных экосистемах, а также токсичное, мутагенное, тератогенное и канцерогенное воздействие на живые организмы, послужило причиной выделения 3,4 бенз(а)пирена в категорию приоритетных загрязняющих веществ.

В соответствии с МУ 2.1.7.730-99 [10] почвы огородов частного сектора, расположенных в районах Николаевка, Песчанка г. Красноярска, попадают под категорию опасных и высокоопасных по содержанию рассматриваемого поллютанта. Они регламентированы для выращивания только технических культур. Следовательно, овощи и зеленные культуры, полученные на этих почвах, опасны для здоровья.

Таким образом, установлено влияние близости крупных промышленных предприятий-загрязнителей – алюминиевых заводов и ТЭЦ, метеоусловий на степень загрязнения почв 3,4-бенз(а)пиреном. Впервые дана оценка степени загрязнения этим веществом почв сельскохозяйственных угодий на территории Красноярского края и Республики Хакасия по категориям опасности. Обоснована необходимость: 1) лабораторного контроля растительной продукции, произведенной на этих землях, попадающих под категорию умеренно-опасных; 2) контроль со стороны надзорных органов продукции, выращенной на землях, с категорией опасных и высоко опасных.

Литература

1. Бутенко Г.С. Полициклические ароматические углеводороды в почвах сельскохозяйственного назначения пригородной зоны г. Красноярска // Проблемы современной аграрной науки: мат-лы науч.-практ. конф. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2011. – С. 20.
2. Экологическое состояние земельных ресурсов Сибири // Проблемы экологии Сибири. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2001. – С.17–31.
3. Горбачев В.Н., Бабинцева Р.М. Проблемы экологии Сибири. – Красноярск, 2001. – С. 8–17.
4. ГОСТ 17.4.3.01-83. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. ГОСТ 17.4.3.01-83. (ст. СЭВ 3847-82) / Государственный комитет СССР по стандартам. – М., 1983.
5. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. Государственный комитет СССР по стандартам. – М., 1984.
6. МУК 4.1.1274-03. Измерение массовой доли бенз(а)пирена в пробах почв, грунтов, донных отложений и твердых отходов методом ВЭЖХ с использованием флуориметрического детектора / Государственный комитет СССР по стандартам. – М., 2003.
7. Канцерогенные вещества: справ. / Международное агентство по изучению рака. – М., 1987. – 333 с.
8. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами N 4266-87. Утв.: МЗ СССР 13.03.87.
9. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территорий городов химическими элементами. – М.: ИМГРЭ, 1982.
10. МУ 2.1.7.730-99. Методические указания МУ 2.1.7.730-99. "Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест" (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 7 февраля 1999 г.).
11. Лалетина Е. И. Мир новостей. – Красноярск, 2004. – 18 с.
12. Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) химических веществ в почве № 6229-91. Утв.МЗ СССР 19.11.91.). – М., 1992.
13. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2041-06.