

УДК 631.48:66.014:638.14.03

*Е. Г. Тюлькова*

**ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕНЕЗА  
НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ РАСТИТЕЛЬНОСТИ  
НА ТЕРРИТОРИИ КРУПНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЦЕНТРОВ  
(НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ГОМЕЛЯ)**

*Рассматриваются особенности накопления тяжелых металлов отдельными представителями семейства злаковых и молочайных, произрастающими на территории двух промышленных зон г. Гомеля, а также за пределами города. Также анализируется накопление тяжелых металлов водной растительностью водоемов г. Гомеля. Выявлено, что злаковые культуры в условиях произрастания под влиянием промышленного производства отличаются несколько более высоким накоплением свинца, кадмия, бария, никеля, молибдена, а молочайные – хрома. Водные растения характеризуются более высоким уровнем накопления тяжелых металлов по сравнению с луговой растительностью.*

*This article considers the features of heavy metal accumulation in individual plants of the true grasses and spurge families in two industrial areas in the city of Gomel and outside the city. The author analyses the heavy metal accumulation in the aquatic vegetation in the city's waterways. It is shown*



*that, in industrial areas, the Gramineae are characterized by higher cadmium, barium, nickel, and molybdenum concentrations and the Euphorbiaceae by those of chromium. Aquatic plants show higher levels of heavy metal accumulation in comparison with meadow vegetation.*

**Ключевые слова:** техногенез, растительность, тяжелые металлы, накопление, промышленные зоны.

**Key words:** human effect, vegetation, heavy metals, accumulation, industrial zones.

## Введение

70

Статистические данные о состоянии окружающей среды в Республике Беларусь свидетельствуют о ее стабильном благополучии.

Однако при относительно безопасной экологической ситуации в целом сохраняются типичные экологические проблемы. Основные из них связаны с загрязнением атмосферного воздуха твердыми частицами в ряде городов, поверхностных и подземных вод, деградацией почв, накоплением отходов производства и потребления [1; 2].

Таким образом, проблема мониторинга уровня накопления химических загрязнителей в объектах окружающей среды является актуальной [3–7].

Сопоставление уровней содержания токсикантов (свинца, кадмия, железа, марганца, цинка, меди, хрома и никеля) в тканях и органах свободноживущих диких птиц с показателями, полученными при экспериментальном скармливании сизым голубям свинца и кадмия, свидетельствует о содержании в растительных кормовых объектах птиц доз от 1 до 20 ПДК свинца и от 10 до 30 ПДК кадмия для пищевых продуктов, а также о достаточно высоком содержании железа, марганца, цинка, меди, хрома и никеля [8; 9]. Это подтверждает необходимость исследования химического состава растительности, не только используемой в пищу человеком, но и свободно произрастающей в окружающей среде и являющейся источником питания для различных живых организмов. Кроме того, это важно для исследования проблемы миграции химических элементов в окружающей среде в современных условиях [10].

В связи с этим цель работы — установить уровни содержания тяжелых металлов в растительности, произрастающей на территории различных промышленных зон г. Гомеля, для последующего использования при оценке степени техногенного загрязнения окружающей природной среды города.

## Материал и методы

Для реализации поставленной цели были собраны и проанализированы растительные объекты, произрастающие на территории города Гомеля, а также за его пределами.

В качестве объектов использовались растения семейства злаковые (пырей ползучий, тимофеевка луговая, кострец безостый), молочайные



(молочай лозный), а также отдельные представители прибрежной водной растительности (стрелолист обыкновенный, рдест плавающий, кубышка желтая).

Сбор и обработка материала осуществлялись в летний период (июнь – июль 2014 г.).

Исследуемые водоемы расположены на территории двух промышленных зон Гомеля: Любенское (западная зона), Шапор (южная зона).

Указанные зоны различаются общими объемами выбросов загрязняющих веществ, из которых одна часть улавливается или обезвреживается перед выбросом в атмосферу, а другая – выбрасывается без очистки [2]. Общий объем выбрасываемых загрязняющих веществ был использован в качестве основополагающего критерия с целью характеристики степени антропогенной нагрузки каждой промышленной зоны.

Так, на территорию западной промышленной зоны приходится около 36 % общего объема выбросов загрязняющих веществ. Данная зона является менее загрязненной по указанному критерию, она оказывает негативное влияние на состояние воздушного бассейна города за счет деятельности ТЭЦ-2, гомельского химического завода, завода пусковых двигателей, завода пластмассовых изделий. При этом максимальный вклад в общий объем выбросов загрязняющих веществ приходится на предприятия электроэнергетики.

Южная промышленная зона характеризуется 64 % общего объема выбросов по г. Гомелю и является более загрязненной по данному показателю по сравнению с западной промышленной зоной.

В южной промышленной зоне максимальная величина удельного веса в общем объеме выбросов загрязняющих веществ приходится на предприятия пищевой отрасли (ОАО «Птицефабрика Рассвет», ОАО «Гомельская птицефабрика», КСУП «Тепличное», РУП «Гомельский ликеро-водочный завод», ОАО «Молочные продукты», ОАО «Гомельский мясокомбинат», ОАО «Гомельский жировой комбинат», филиал «Новобелицкий комбинат хлебопродуктов» ОАО «Гомельхлебпром»). Кроме того, высокий потенциал объемного загрязнения атмосферы формируется выбросами ОАО «Гомельдрев», фанерно-спичечного комбината, гомельского завода химического мела, завода сантехзаготовок, а также предприятия по обработке и изготовлению ювелирных изделий «Кристалл».

В качестве территории, расположенной за пределами г. Гомеля, использовались населенные пункты: Покалюбичи, Ченки, Бобовичи.

Анализ содержания тяжелых металлов в растительных объектах проводился в химико-аналитической лаборатории УО «Гомельский государственный университет им. Франциска Скорины» методом индуктивно сопряженной плазменной масс-спектрометрии и вычислялись как среднее арифметическое результатов трех параллельных определений в пределах отдельной пробы.

Подготовка проб осуществлялась методом мокрой минерализации в присутствии концентрированных соляной и серной кислот.

В рамках проведенных исследований было проанализировано 50 проб растительных образцов.



## Результаты и обсуждение

Результаты исследования особенностей накопления тяжелых металлов в выбранных образцах представляют интерес, поскольку данные растения являются очень распространенными кормовыми источниками для животных и именно на них может приходиться более половины всего травостоя.

Так, пырей ползучий – распространенный и полезный корм для животных. Известно, что поедание пырея служит, как правило, для механической очистки желудка. Кроме того, в его корневищах накапливаются минеральные вещества (макро- и микроэлементы), из которых большую ценность представляют органические производные кремниевой кислоты. В природных запасах кремний, участвующий во всех процессах жизнедеятельности организма, содержится в недоступной для животных форме; поэтому с этой точки зрения данное растение имеет особую важность.

Кострец безостый важен тем, что по продуктивности и долголетию занимает одно из первых мест среди многолетних злаковых трав. К тому же, растение поедается всеми видами животных, используется в виде зеленой массы, сена, сенажа и пригодно для выпаса скота.

Тимофеевка луговая – полезное растение, широко распространенное в полевом травосеянии, используется не только как питательный, сытный корм для многих животных, но и как средство борьбы с затопленными торфяниками.

Представители семейства молочайные известны тем, что у крупного рогатого скота, овец, коз и кроликов отмечены случаи отравления ими. Пропашная система земледелия является надежной мерой борьбы с сорно-полевой растительностью и исключает возможность отравлений животных молочаем на сельскохозяйственных угодьях. Однако в естественных выпасах молочай лозный может занимать 40–70 % всего травостоя и представляет серьезную опасность для животных.

Результаты определения содержания тяжелых металлов в указанных растительных образцах на территории двух промышленных зон г. Гомеля и за его пределами свидетельствуют о том, что накопления химических загрязнителей происходит неравномерно (табл. 1).

Таблица 1

Содержание исследуемых элементов в растительных образцах

Исследуемые образцы	Содержание, мг/кг суховоздушной массы							
	Pb	Cd	Cr	Zn	Cu	Ba	Ni	Mo
<i>Южная промышленная зона</i>								
Пырей ползучий	0,74	0,17	1,10	12,10	19,30	95	1,80	0,80
Тимофеевка луговая	0,65	0,21	0,95	23,65	16,95	115	0,75	1,30
Кострец безостый	0,84	0,14	2,05	11,50	26,40	55	0,30	0,60
Молочай лозный	0,29	0,14	1,15	35,60	16,90	25	1,35	0,15



Исследуемые образцы	Содержание, мг/кг суховоздушной массы							
	Pb	Cd	Cr	Zn	Cu	Ba	Ni	Mo
<i>Западная промышленная зона</i>								
Пырей ползучий	1,28	0,42	2,45	23,65	11,15	30	0,30	1,15
Тимофеевка луговая	0,42	0,08	1,50	28,45	11,05	145	1,25	1,00
Кострец безостый	0,73	0,07	0,55	19,10	13,15	80	0,15	следы
Молочай лозный	1,32	0,31	0,95	31,40	9,30	60	0,85	0,95
<i>Территория за пределами города</i>								
Пырей ползучий	0,64	0,14	1,23	23,27	22,13	76,67	0,78	0,35
Тимофеевка луговая	0,77	0,13	1,08	28,0	15,53	45,0	0,45	0,93
Кострец безостый	0,43	0,18	1,77	19,88	18,98	103,33	0,68	0,43
Молочай лозный	0,80	0,16	1,83	27,68	13,15	51,67	1,24	0,68

Так, на территории южной промышленной зоны лидером по накоплению свинца, хрома и меди является кострец безостый; кадмия, бария и молибдена — тимофеевка луговая; цинка — молочай лозный; никеля — пырей ползучий.

На территории западной промышленной зоны, которая отличается меньшей степенью антропогенной нагрузки, наблюдаются несколько иные закономерности накопления исследуемых тяжелых металлов. Так, свинец и цинк больше накапливается в молочае лозном; кадмий, хром и молибден — в пырее ползучем; медь — в костреце безостом; барий и никель — в тимофеевке луговой.

Что касается территории за пределами г. Гомеля, то здесь повышенным накоплением свинца, хрома и никеля характеризуется молочай лозный; кадмия, бария — кострец безостый; цинка и молибдена — тимофеевка луговая; меди — пырей ползучий.

Таким образом, полученные результаты позволяют отметить, что, независимо от района произрастания, тимофеевка луговая отличается накоплением бария и молибдена; кострец безостый — меди; молочай лозный — свинца и цинка.

Накопление меди кострецом безостым, который поедается всеми видами животных, — небезопасное явление, поскольку медь является высокотоксичным металлом. Опасность молочая лозного, относящегося к группе ядовитых растений, увеличивается его способностью к накоплению свинца и цинка. Цинк менее токсичен по сравнению с медью, а свинец в повышенных концентрациях вызывает поражения кроветворной, нервной, выделительной систем живых организмов, нарушение синтеза белка. На микроуровне токсическое действие свинца выражается в подавлении синтеза гемоглобина и гематина, снижении срока жизни эритроцитов и скорости проведения нервных импульсов.

Факт накопления бария и молибдена тимофеевкой луговой, которая широко распространена в полевом травосеянии и является пита-



тельным кормом для многих животных, имеет отрицательное значение, так как барий обладает достаточно высокой токсичностью, а молибден способен вызвать нарушения обмена веществ.

Сравнительная оценка результатов накопления тяжелых металлов в растительности с учетом семейств свидетельствует о том, что злаковые растения южной промышленной зоны отличаются повышенным накоплением свинца, кадмия, хрома, меди, бария, молибдена; западной — хрома, меди и бария (табл. 2).

Таблица 2

74

Содержание исследуемых элементов в растительных образцах с учетом семейств

Исследуемые представители	Содержание, мг/кг суховоздушной массы							
	Pb	Cd	Cr	Zn	Cu	Ba	Ni	Mo
<i>Территория города</i>								
<i>Южная промышленная зона</i>								
Злаковые	0,74	0,17	1,37	15,75	20,88	88,33	0,95	0,90
Молочайные	0,29	0,14	1,15	35,60	16,90	25,0	1,35	0,15
<i>Западная промышленная зона</i>								
Злаковые	0,81	0,19	1,50	23,73	11,78	85,0	0,57	0,72
Молочайные	1,32	0,31	0,95	31,40	9,30	60,0	0,85	0,95
<i>Территория за пределами города</i>								
Злаковые	0,61	0,15	1,36	23,72	18,88	75,0	0,64	0,57
Молочайные	0,80	0,16	1,83	27,68	13,15	51,67	1,24	0,68

Молочайные представители накапливают цинк и никель в южной промышленной зоне; свинец, кадмий, цинк, никель и молибден — в западной зоне. За пределами городской черты злаковые накапливают в повышенной концентрации только медь и барий.

Таким образом, независимо от степени антропогенной нагрузки, злаковые растения характеризуются способностью к накоплению хрома, меди и бария; молочайные — свинца, кадмия, цинка и никеля.

Влияние повышенного уровня антропогенного воздействия в данных исследованиях проявляется в более высоком содержании меди и никеля в растительных образцах на территории южной промышленной зоны при сравнении показателей накопления с западной зоной и более высокой концентрации свинца, кадмия, цинка, бария и молибдена — при сравнении уровней накопления с территорией, расположенной за пределами города.

Что касается особенностей накопления тяжелых металлов с учетом семейств и степени влияния антропогенной нагрузки, то злаковые культуры в условиях произрастания на территории промышленного производства отличаются несколько более высоким накоплением всех изучаемых элементов, за исключением цинка и меди, а молочайные — хрома.

Кроме наземных растений, интерес представляет исследование накопления тяжелых металлов в водной растительности (табл. 3), служащей пищевым объектом для водных обитателей [12; 13].



Таблица 3

**Содержание тяжелых металлов в прибрежной растительности водоемов**

Исследуемые образцы	Содержание, мг/100 г суховоздушной массы				
	Pb	Cr	Cu	Ba	Ni
<i>Южная промышленная зона</i>					
Стрелолист обыкновенный	1,61	2,42	4,68	41,01	3,45
Рдест плавающий	2,0	0,55	2,71	50,0	3,0
Кубышка желтая	0,73	0,2	208,0	46,0	0,87
<i>Западная промышленная зона</i>					
Рдест плавающий	1,58	1,27	1,35	38,0	1,42

75

Стрелолист обыкновенный – растение, подходящее для оформления прибрежной зоны небольших водоемов и ручьев, полностью либо частично погруженное в воду. Стрелолист хорошо сочетается с другими водными растениями и является пищей для рыб, водоплавающих птиц и других водных животных.

Рдесты плавающие – многолетние водные растения, которые быстро распространяются по поверхности воды, образуя обширные заросли; также растения обогащают воду кислородом. Рдесты являются пищей для водных обитателей; отмирающие части растений падают на дно, образуя плодородный ил.

Кубышка желтая распространена на мелководье, по берегам озер и медленно текущих рек; является кормом для многих водных животных и водоплавающих птиц.

Результаты исследований свидетельствуют о том, что на территории южной промышленной зоны достаточно активно накапливается свинец, хром и никель стрелолистом, тогда как медь более активно концентрируется в кубышке, а барий – в рдесте. По западной промышленной зоне на данном этапе исследований имеется не очень обширный материал, однако здесь уровни накопления несколько более низкие по сравнению с южной промышленной зоной – возможно, сказывается менее значительная антропогенная нагрузка.

В целом водные растения отличаются более высоким уровнем накопления тяжелых металлов по сравнению с луговой растительностью.

### Заключение

Несмотря на относительно стабильную ситуацию, основными экологическими проблемами Республики Беларусь в последние годы являются загрязнение твердыми частицами атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, деградация почв, радиоактивное загрязнение, накопление отходов производства и потребления [1; 11]. Поэтому мониторинг уровня накопления химических загрязнителей в объектах окружающей среды актуален.



Гомель — один из крупнейших промышленных центров Республики Беларусь.

Повышенный уровень антропогенного воздействия на территории двух промышленных зон г. Гомеля, выявленный в данных исследованиях, проявляется в более высоком содержании меди и никеля в растительных образцах на территории южной промышленной зоны при сравнении показателей накопления с западной зоной и более высокой концентрации свинца, кадмия, цинка, бария и молибдена — при сравнении уровней накопления с территорией, расположенной за пределами города. Кроме того, следует отметить, что злаковые культуры в условиях произрастания на территории промышленного производства отличаются несколько более высоким накоплением всех исследуемых элементов, за исключением цинка и меди, молочайные — хрома, а водные растения отличаются более высоким уровнем накопления тяжелых металлов по сравнению с луговой растительностью.

### Список литературы

1. *Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь* [Электронный ресурс] : результаты наблюдений. 2013. URL: <http://www.nsmos.by> (дата обращения: 06.04.2015).
2. *Годовой обзор состояния загрязнения атмосферного воздуха в городе Гомеле за 2014 год*. Гомель, 2014.
3. *Способ оценки техногенного загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами* [Электронный ресурс] : пат. 2485477 / В.Б. Заалишвили, С.А. Бекузарова, О.П. Козаева, А.Л. Комжа; заявитель ЦГИ ВНИЦ РАН и РСО-А; заявл. 14.02.2012; опубл. 20.06.2013. URL: <http://www.freepatent.ru> (дата обращения: 05.03.2015).
4. *Способ оценки экологического состояния окружающей среды* [Электронный ресурс] : пат. 2410670 / А.В. Андреева, Н.В. Алексеева-Попова, А.А. Бузников, И.В. Дроздова; заявитель ГОУВПО «Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»; заявл. 20.04.2009; опубл. 27.01.2011. URL: <http://www.freepatent.ru> (дата обращения: 05.03.2015).
5. *Дабახов М.В., Дабახова Е.В., Титова В.И.* Экоотоксикология и проблемы нормирования : монография. Н. Новгород, 2005.
6. *Позняк С.С.* Научные принципы экологического мониторинга агрофитоценозов в зонах воздействия промышленных центров : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Горки, 2013.
7. *Хмелевский С.С.* Влияние техногенных факторов на загрязнение почв и состояние зеленых насаждений г. Минска : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Минск, 2012.
8. *Способ определения содержания свинца и кадмия в кормовых объектах птиц* : пат. 18220 / Никифоров М.Е., Тюлькова Е.Г.; заявитель ГНПО «Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам»; заявл. 15.09.2011; опубл. 10.02.2014.
9. *Тюлькова Е.Г.* Характер и закономерности накопления тяжелых металлов в органах и тканях птиц : дис. ... канд. биол. наук. Минск, 2011.
10. *Лаврентьева Г.В.* Поведение тяжелых металлов Co, Cu, Zn, Cd и радионуклидов  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{65}\text{Zn}$  в системе твердая фаза почв — почвенный раствор — растение : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Обнинск, 2008.
11. *Анализ состояния луговых ассоциаций Ветковского района Гомельской области и приграничного Злынковского района Брянской области после катастрофы на ЧАЭС / Н. М. Дайнеко [и др.] // Экологический вестник. 2014. № 1. С. 23–30.*





12. Дайнеко Н.М., Тимофеев С.Ф. Оценка состояния прибрежно-водной растительности Гомельского района // Известия Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины. 2013. № 5. С. 63–70.

13. Макаренко Т.В. Загрязнение высших водных растений водоемов и водотоков Гомеля и прилегающих территорий // Известия Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины. 2013. № 5. С. 112–121.

#### **Об авторе**

Елена Григорьевна Тюлькова — канд. биол. наук, доц., Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации, Гомель.

E-mail: tut-3@mail.ru

#### **About the author**

Dr Elena Tyulkova, Associate Professor, Belarussian Trade and Economic University of Consumer Co-operation, Gomel.

E-mail: tut-3@mail.ru