

А.И. Котеленец¹, В.В. Зенькевич², А.М. Войтович¹, Н.В. Дудчик¹,
Е.С. Дружинина¹, Н.И. Марусич¹, Л.А. Кремко¹, Т.Н. Гомолко¹

ГИГИЕНИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ОПАСНОСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

ГУ «Республиканский научно-практический центр гигиены»¹,
УП «Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении»²

Наибольший вклад в показатель суммарного загрязнения тяжелыми металлами Zс вносит загрязнение почв городов Республики Беларусь кадмием, среднее содержание которого в почвах большинства городов превышает гигиенические нормативы, при этом наибольшие превышения наблюдаются в г. Новополоцке (в 3,6 раза). Среднее содержание термофильных бактерий КОЕ/г в почве г. Новополоцка в 3,6 раз больше чем в г. Лепеле, что может свидетельствовать о наличии зависимости между уровнем химического и бактериального загрязнения почвы. Показатели микробоценоза почв, фитотоксичности, суммарной мутагенной активности дают возможность прогнозировать наличие загрязнителей в почве в концентрациях, представляющих потенциальную опасность для населения, а расширенный комплекс критериев, учитывающий 16 токсикологических, гигиенических и экологических показателей позволяет аргументированно делить загрязнители на 4 класса опасности для почвы.

Все возрастающее воздействие факторов антропогенного происхождения на среду обитания диктует необходимость поиска механизмов и критериев оценки их возможного негативного влияния, а также определения допустимости имеющегося загрязнения атмосферы, гидросферы, почвы, пищевых продуктов и т. д. [1].

Почва, как составляющий компонент окружающей среды, является наименее изученной с гигиенических позиций, так как ее влияние на здоровье человека в большей части опосредованно, однако токсиканты из таких первоначально загрязняемых сред как атмосферный воздух и вода открытых водоемов фиксируются именно в почве. В то же время почвенная биота выполняет главную функцию по самоочищению окружающей среды, что требует изучения и гигиенического мониторинга почв.

Для решения названной проблемы необходимы как гигиеническое нормирование загрязнителей в почве, так и оценка опасности её загрязнения, чтобы техногенное воздействие на почвенную экосистему не превышало пределов ее буферной емкости, возможностей самоочищения путем естественного биокруговорота [2, 3, 4].

Поэтому актуальным является разработка методических подходов для интегральной оценки

Таблица 1. Загрязнение почв Республики Беларусь кадмием

Объект	К-во проб	Среднее значение, мг/кг	Минимальное значение, мг/кг	Максимальное значение, мг/кг
Брест	87	1.10	0.47	1.80
Дрогичин	20	0.67	0.34	1.10
Лунинец	23	0.87	0.42	1.20
Барановичи	29	0.77	0.52	1.00
Кобрин	23	0.68	0.48	0.81
Пинск	42	1.20	0.60	2.10
Витебск	22	0.73	0.57	1.0
Орша	25	0.35	0.13	0.62
Новополоцк	38	1.80	0.57	3.00
Лепель	20	0.61	0.29	0.98
Полоцк	36	0.94	0.67	1.10
Гомель	40	1.1	0.45	1.80
Б.-Кошелево	10	0.71	0.51	1.00
Добруш	23	0.83	0.49	1.00
Чечерск	12	0.88	0.68	1.00
Речица	23	0.68	0.51	0.84
Светлогорск	39	1.10	0.60	1.30
Калинковичи	23	0.74	0.41	1.00
Ельск	17	0.93	0.68	1.10
Гродно	53	0.83	0.50	1.10
Волковыск	25	0.95	0.69	1.20
Новогрудок	31	0.97	0.69	1.40
Сморгонь	16	0.46	0.30	0.57
Слоним	21	0.84	0.54	1.20
Лида	44	0.90	0.57	1.20
Минск	44	1.0	0.32	2.60
Солигорск	20	0.95	0.60	1.30
Слуцк	20	0.88	0.58	1.00
Воложин	20	0.70	0.49	0.92
Молодечно	16	1.0	0.78	1.20
Борисов	15	0.80	0.48	1.20
Жодино	25	0.22	0.11	0.47
Могилев	41	1.10	0.80	1.80
Быхов	36	0.88	0.68	1.00
Кричев	30	0.88	0.62	1.00
Бобруйск	59	1.20	0.83	1.90
Осиповичи	20	0.92	0.70	1.30

Таблица 2. Суммарный показатель загрязнения (Zc) почв Республики Беларусь тяжелыми металлами

Объект	К-во Проб	Kc Cd	Kc Pb	Kc Zn	Kc Cu	Kc Ni	Zc
Брест	87	11.0	1.69	0.46	1.1	0.51	10.76
Дрогичин	20	6.7	1.73	0.68	0.67	0.36	6.14
Лунинец	23	8.7	1.13	0.67	0.67	0.38	7.55
Барановичи	29	7.7	1.24	0.87	0.75	0.39	6.95
Кобрин	23	6.8	0.65	0.39	0.59	0.36	4.79
Пинск	42	12.0	1.22	0.59	1.02	0.54	11.37
Витебск	22	7.3	1.01	0.73	0.61	0.32	5.97
Новополоцк	38	18.0	1.32	0.57	2.12	0.44	18.45
Полоцк	36	9.4	0.87	0.77	0.56	0.34	7.94
Лепель	20	6.1	1.46	0.45	0.74	0.46	5.21
Гомель	40	11.0	1.36	0.27	1.11	0.28	10.02
Б.-Кошелево	10	7.1	1.22	1.6	0.36	0.25	6.53
Добруш	23	8.3	0.84	0.76	0.61	0.39	6.9
Чечерск	12	8.8	0.8	0.66	0.51	0.32	7.09
Речица	23	6.8	0.68	0.45	0.49	0.31	4.73
Светлогорск	39	11.0	0.95	0.76	0.6	0.3	9.61
Калинковичи	23	7.4	0.85	0.86	0.54	0.33	5.98
Ельск	17	9.3	0.83	0.47	0.52	0.33	7.45
Гродно	53	8.3	0.96	1.03	0.78	0.41	7.48
Волковыск	25	9.5	1.62	1.65	0.51	0.19	9.47
Новогрудок	31	9.7	0.99	0.54	0.68	0.38	8.29
Сморгонь	16	4.6	0.89	0.63	0.64	0.38	3.14
Слоним	21	8.4	0.71	0.57	0.49	0.32	6.49
Лида	44	9.0	0.86	0.58	0.62	0.35	7.41
Минск	44	10.0	1.55	0.83	0.96	0.29	9.63
Солигорск	20	9.5	1.0	0.89	0.68	0.31	8.38
Слуцк	20	8.8	0.72	0.63	0.56	0.38	7.1
Воложин	20	7.0	1.22	0.98	0.61	0.35	6.16
Молодечно	16	10.0	1.0	0.49	0.6	0.36	8.45
Борисов	15	8.0	2.92	0.65	0.89	0.26	8.72
Жодино	25	2.2	1.2	0.66	0.95	0.32	1.33
Могилев	41	11.0	0.97	0.76	0.78	0.3	9.81
Быхов	36	8.8	0.78	0.63	0.45	0.31	6.97
Кричев	30	8.8	1.04	1.09	0.72	0.4	8.05
Бобруйск	59	12.0	1.17	1.81	0.79	0.28	12.05
Осиповичи	20	9.2	1.5	0.85	0.74	0.4	8.69
Среднее значение Zc		8.83	1.13	0.75	0.72	0.35	7,8

опасности загрязнения почв населенных пунктов и определения класса опасности веществ для почвы с учетом всех гигиенических критериев вредности.

Материал и методы

С целью разработки вышеуказанных методических подходов осуществлен ретроспективный анализ химического загрязнения почвы 36 городов республики тяжелыми металлами

лами – кадмием, свинцом, цинком, медью, никелем, рассчитан суммарный показатель загрязнения Zc [5].

Отбор проб почвы в г. Новополоцке и г. Лепеле (модельные населенные пункты) проводили в соответствии с нормативными требованиями [6,7].

Химическое загрязнение почв «модельных» населенных пунктов тяжелыми металлами (кадмий, свинец, цинк, медь, никель) изучали спектрометрическим методом, ПАУ – хроматографическим методом. Определение фитотоксичности почв «модельных» населенных пунктов, мутагенной активности в тесте Эймса без метаболической активации и с метаболической активацией, а также в микроядерном тесте на клетках мантийной жидкости прудовика обыкновенного, параметров токсикометрии на одноклеточных организмах проводили в соответствии с инструкциями [8,9].

Микробиологическое загрязнение почв исследовали в натурном эксперименте (численность условно патогенных микроорганизмов) общепринятыми микробиологическими методами. В лабораторном эксперименте изучали воздействие почв «модельных» населенных пунктов на 4-х почвенных представителях «микробсоценоза», чувствительных к химическим веществам (Azotobacter sp. БИМ-74, Arthrobacter ureafaciens БИМ В-6, Rhodococcus rhodochrous БИМ В-95, Streptomyces griseoviridis БКР В-2224).

Результаты и обсуждение

Приоритетными химическими загрязнителями почв являются тяжелые металлы, источниками поступления которых в окружающую среду в Республике Беларусь являются выплавка руд цветных металлов, гальваническое производство, автотранспорт, сжигание твердого и жидкого топлива, переработка металлолома и сжигание отходов, внесение минеральных удобрений. Ретроспективный анализ химического загрязнения почв городов республики показал, что среди тяжелых металлов наибольшую опасность для почв Беларуси представляет кадмий. Средние значения содержания кадмия (Табл.1) в почвах практически всех городов Республики Беларусь превышают ориентировочную допустимую концентрацию (далее – ОДК) для песчаных и супесчаных почв (0,5 мг/кг почвы) и предельно допустимую концентрацию (далее – ПДК) для торфяных почв (0,5 мг/кг), при этом наибольшие превышения наблюдаются в Новопо-

Таблица 4. Средние значения загрязнения почв г. Новополоцк и г. Лепель кадмием, цинком, медью (валовый состав).

Населенный пункт	Количество проб	Кадмий, мг/кг	Цинк, мг/кг	Медь, мг/кг
Новополоцк	38	1,8	20,0	27,6
Лепель	20	0,61	15,8	9,6
Ориентировочная допустимая концентрация		0,5	55	33

Таблица 3. Данные о загрязнении почв г.г. Новополоцк и Лепель полиароматическими углеводородами.

Населенные пункты	Количество проб почвы с превышением ПДК*	
	Фенантрен, мг/кг	Бенз(а)пирен
Новополоцк:		
ул. Молодежная 58,	0,024	0,058
ул. Молодежная 163	0,011	0,012
ул. Молодежная 177,	0,027	0,015
ул. Слободская 9	0,032	0,002
пробная площадка № 5	0,013	0,006
Полоцкого университета,	0,016	0,013
ул. Калинина на границе СЗЗ «Полимир»,	0,012	0,012
ул. Дружбы, 2	0,009	0,006
у. Дружбы, 10	0,008	0,013
ул. Молодежная 203/1	0,009	0,006
уч. Корп. ПГУ	0,008	0,006
ул. Блохина, 15	0,008	0,014
ул. Техническая, 89	0,009	0,013
ул. Слободская, 14	0,009	0,011
возле трамв. Депо территория горбольницы	0,009	0,001
с.т. «Кветка», уч. 112	0,007	0,005
с.т. «Кветка», уч. 113	0,008	0,004
с.т. «Кветка», уч. 27	0,008	0,001
возле СШ №4	0,009	0,011
ул. Молодежная, возле мебельн. магазина	0,009	0,012
ул. Молодежная, возле маг. «Оптика»	0,009	0,012
Среднее значение	0,012	0,011
Лепель:		
ул. Партизанская, 1,	0,030	Н.о.
ул. Партизанская 13,	0,006	Н.о.
ул. Садовая, 1,	0,023	Н.о.
ул. Чуйкова, 126	0,007	0,016
ул. Денисовская, 33	Н.о.	0,068
Автовокзал	0,009	н.о.
Ул. Чуйкова, 171	0,008	н.о.
Борисовский тракт, 87	н.о.	н.о.
Ул. Чуйкова, 34	н.о.	н.о.
Ул. Чуйкова, 115	н.о.	н.о.
Среднее значение	0,008	0,008.

*-ПДК фенантрена – 0,01 мг/кг (песчаная почва), ПДК бенз(а)пирена – 0,02 мг/кг

**-ингредиент не обнаружен при чувствительности применяемого метода.

лолке (в 3,6 раза).

Средние значения содержания свинца, меди, цинка, никеля в почвах практически всех городов Республики Беларусь не превышают ПДК.

Средний суммарный показатель загрязнения почв городов Республики Беларусь Z_c – 7,8, (табл. 2), Z_c загрязнения свинцом составил 1,13, цинком – 0,75, медью – 0,72, никелем – 0,35, что не превышает нормативный показатель – 16,0 (допустимая категория загрязнения). В Новополоцке Z_c составляет 18,45, что соответствует умеренно опасному уровню загрязнения почвы и согласно литературных данных [10] может сопровождаться увеличением общей заболеваемости населения.

Исходя из того, что города Лепель и Новополоцк находятся в одной природно-климатической зоне, население которых имеет сходные медико-демографи-

Таблица 5. Микробиологическое загрязнение почв г.г. Лепель и Новополоцк

Образец	Термофильные бактерии КОЕ/г	Титр кишечной палочки	Патогенная микрофлора	Титр <i>Cl. Perfringens</i>	Титр энтерококков
г. Лепель, ул. Интернациональная, 29	$2,0 \times 10^1$	> 1,0	Отсутствие	0,1	> 1,0
г. Лепель, ул. Партизанская, 7	$3,1 \times 10^1$	1,0	Отсутствие	0,01	> 1,0
г. Лепель, ул. Данукалова	$3,0 \times 10^1$	> 1,0	Отсутствие	0,01	> 1,0
г. Лепель, городской парк	$1,0 \times 10^3$	> 1,0	Отсутствие	0,01	> 1,0
г. Лепель, зона отдыха территории горбольницы	$3,0 \times 10^2$	> 1,0	Отсутствие	0,1	> 1,0
г. Новополоцк, ул. Калинина, 11	$3,9 \times 10^3$	1,0	Отсутствие	0,001	> 1,0
г. Новополоцк, ул. Сурикова	$3,18 \times 10^3$	> 1,0	Отсутствие	0,0001	> 1,0
г. Новополоцк, ул. Нахимова	$2,6 \times 10^3$	0,0001	Отсутствие	0,001	> 1,0
г. Новополоцк, центр. гор. парк культуры и отдыха	$6,7 \times 10^2$	1,0	Отсутствие	0,01	> 1,0
г. Новополоцк, профилакторий ОАО «Полимир»	$7,9 \times 10^3$	0,01	Отсутствие	0,1	> 1,0

Таблица 6. **Влияние экстрактов образцов почвы г. Новополюцк на прорастание семян на 3 сутки**

Варианты	Количество проросших семян / % прорастания		
	Редис	Огурцы	Овес
Контроль для образцов 1-5	$22,6 \pm 0,43$ 100	$28,3 \pm 0,35$ 100	$24,6 \pm 0,60$ 100
Образец 1	$21,0 \pm 0,42$ 93	$28,0 \pm 0,17$ 99	$22,3 \pm 0,18^*$ 90
Образец 2	$20,6 \pm 0,19^*$ 91	$27,3 \pm 0,42$ 96	$19,6 \pm 0,22^*$ 79
Образец 3	$22,0 \pm 0,55$ 97	$27,0 \pm 0,48$ 95	$24,3 \pm 0,52$ 98
Образец 4	$20,0 \pm 0,44^*$ 88	$27,0 \pm 0,15$ 95	$24,6 \pm 0,05$ 100
Образец 5	$22,6 \pm 0,18$ 100	$27,6 \pm 0,30$ 97	$24,0 \pm 0,28$ 97
Контроль для образцов 6-7	$25,0 \pm 0,51$ 100	$29,3 \pm 0,18$ 100	$26,0 \pm 0,44$ 100
Образец 6	$24,6 \pm 0,42$ 98	$27,6 \pm 0,25$ 94	$25,6 \pm 0,13$ 98
Образец 7	$23,6 \pm 0,33$ 94	$27,0 \pm 0,53$ 92	$22,6 \pm 0,63^*$ 87

- статистически достоверное отклонение от контроля ($p < 0,05$)

Таблица 7. **Влияние экстрактов из образцов почвы г. Новополюцк на длину корешков сельскохозяйственных растений**

Варианты	Длина корешков (см)		
	Редис	Огурцов	Овес
Контроль для образцов 1-5	$9,01 \pm 0,48$	$6,84 \pm 0,26$	$8,76 \pm 0,25$
Образец 1	$8,37 \pm 0,54$	$6,53 \pm 0,23$	$7,55 \pm 0,34^*$
Образец 2	$6,93 \pm 0,30^*$	$5,87 \pm 0,26^*$	$6,81 \pm 0,24^*$
Образец 3	$8,78 \pm 0,31$	$6,44 \pm 0,41$	$8,33 \pm 0,35$
Образец 4	$7,26 \pm 0,47^*$	$6,38 \pm 0,22$	$7,25 \pm 0,26^*$
Образец 5	$8,85 \pm 0,48$	$6,21 \pm 0,14$	$8,41 \pm 0,35$
Контроль для образцов 6-7	$7,47 \pm 0,43$	$6,43 \pm 0,20$	$8,65 \pm 0,35$
Образец 6	$7,10 \pm 0,54$	$6,23 \pm 0,24$	$6,98 \pm 0,14^*$
Образец 7	$6,85 \pm 0,63^*$	$6,08 \pm 0,36$	$7,49 \pm 0,52^*$

- статистически достоверное отклонение от контроля ($p < 0,05$)

ческие показатели, а также учитывая различия в промышленном потенциале, г. Лепель выбран в качестве «контрольного», а г. Новополюцк в качестве «опытного» населенного пункта.

По результатам наших исследований образцов почв, проведенных в 2006 году, средние значения содержания фенантрена в г. Новополюцке в 1,6 раза, по бенз(-а)пирену – в 1,4 раза превышают концентрации в образцах почв г. Лепеля (табл.3).

Средние значения содержания кадмия в образцах почв в г. Новополюцке в 3 раза, цинка в 1,3 раза, меди

в 2,8 раза превышают концентрации в образцах почв г. Лепеля (табл. 4).

В загрязненной почве г. Новополюцка на фоне уменьшения истинных представителей почвенных микробоценозов (антагонистов патогенной кишечной микрофлоры) отмечается увеличение на порядок числа положительных находок патогенных энтеробактерий, которые более устойчивы к химическому загрязнению почвы, чем представители естественных почвенных микробоценозов (табл. 5).

Известно, что увеличение бактериального загрязнения почв на селенных пунктах может свидетельствовать также о наличии в почве экзогенных химических веществ [11,12]. С увеличением химической нагрузки может возрастать эпидемическая опасность почвы. Это является одной из причин необходимости учета эпидемиологической безопасности почвы населенных пунктов. Так, в наших исследованиях установлено, что среднее содержание термофильных бактерий (КОЕ/г) в почве г. Новополюцка в 3,6 раз превышает аналогичное в г. Лепеле, титр кишечной палочки и *Cl. Perfringens* в г. Новополюцке хуже по сравнению с г. Лепель на 2-4 порядка.

При проведении теста на фитотоксичность исследованная почва селитебной территории г. Новополюцка в нескольких точках (образцы № 1, 2, 4, 7) проявила фитотоксическое действие (считали проявлением фитотоксического действия снижение показателя не менее 10%) на тест культуры. Обнаружена задержка прорастания семян редиса на 12% в образце №4, семян овса на 10 – 23% в образцах №1, 2, 7. Влияние экстрактов почвы г. Новополюцка на длину корешков редиса установлено в 3-х образцах (№2, 4, 7), на длину проростков огурцов в одном образце

(№2), и на длину проростков овса – в 5-ти образцах (№1, 2, 4, 6, 7). Обращает на себя внимание синхронность проявлений эффектов угнетения при прорастании семян и на длину проростков редиса (образец № 4) и овса (образцы № 1, 2, 7). Вышеприведенные данные свидетельствуют о загрязнении почвы г. Новополюцка экзогенными химическими веществами (табл. 6, 7). Исследованная почва селитебной территории г. Лепель не проявила фитотоксического действия, что свидетельствует о том, что в ней нет накопления экзогенных химических веществ, способных вызвать фитотоксичес-

Таблица 8. Влияние экстрактов образцов почвы г. Лепель на прорастание семян на 3 сутки

Варианты	Количество проросших семян / % прорастания		
	Редис	Огурцы	Овес
Контроль для образцов 1-4	$25,3 \pm 0,33$ 100	$28,6 \pm 0,22$ 100	$24,3 \pm 0,41$ 100
Образец 1	$26,0 \pm 0,30$ 102	$29,0 \pm 0,37$ 101	$23,0 \pm 0,28$ 94
Образец 2	$26,0 \pm 0,17$ 102	$28,3 \pm 0,58$ 99	$23,3 \pm 0,32$ 96
Образец 3	$23,0 \pm 0,15$ 95	$27,6 \pm 0,21$ 96	$24,3 \pm 0,78$ 100
Образец 4	$25,0 \pm 0,33$ 99	$28,6 \pm 0,65$ 100	$23,3 \pm 0,59$ 96
Контроль для образцов 5-8	$22,6 \pm 0,43$ 100	$28,3 \pm 0,35$ 100	$24,6 \pm 0,60$ 100
Образец 5	$21,6 \pm 0,50$ 95	$28,0 \pm 0,17$ 99	$23,0 \pm 0,18$ 93
Образец 6	$21,3 \pm 0,23$ 94	$27,3 \pm 0,42$ 96	$24,3 \pm 0,22$ 98
Образец 7	$22,0 \pm 0,55$ 97	$27,6 \pm 0,51$ 97	$24,3 \pm 0,52$ 98
Образец 8	$23,6 \pm 0,41$ 104	$29,0 \pm 0,15$ 102	$24,6 \pm 0,05$ 100

кий эффект (табл. 8, 9).

Наличие фитотоксического эффекта в образцах почвы г. Новополоцка и отсутствие такового в образцах почвы г. Лепеля может быть связано с более высоким промышленным потенциалом г. Новополоцка по сравнению с Лепелем, и соответственно более высокой техногенной нагрузкой на почву селитебной территории, что свидетельствует о необходимости учета данного теста при интегральной оценке опасности загрязнения почвы.

Изучение токсичности образцов почв г. Новополоцка на тест-штаммах микроорганизмов обнаружено ингибирование роста *Azotobacter* sp. БИМ-74 – в 100%, *Artrobacter ureafaciens* БИМ В-6 и *Rhodoccus rhodochrous* БИМ В-95 – в 87,5%, *Streptomyces griseoviridis* БКР В-2224 – в 75% (рис. 1). В образцах из г. Лепеля ингибирования роста *Artrobacter ureafaciens* БИМ В-6 не установлено, а ингибирование роста остальных вышеназванных штаммов составило 14,2%.

Четыре образца почвы г. Новополоцк в микроядерном тесте на *L. Stagnalis* оказали достоверный генотоксический эффект на клетки мантийной жидкости моллюсков.

На основании проведенного анализа результатов полученных исследований усовершенствован комплекс критериев опасности химических загрязнителей, позволяющий аргументировано делить их на 4 класса опасности. Данные критерии основываются на оценке 16 токсикологических, гигиенических и экологических показателей, которые позволяют проводить интегральную гигиеническую оценку почвы (табл. 10).

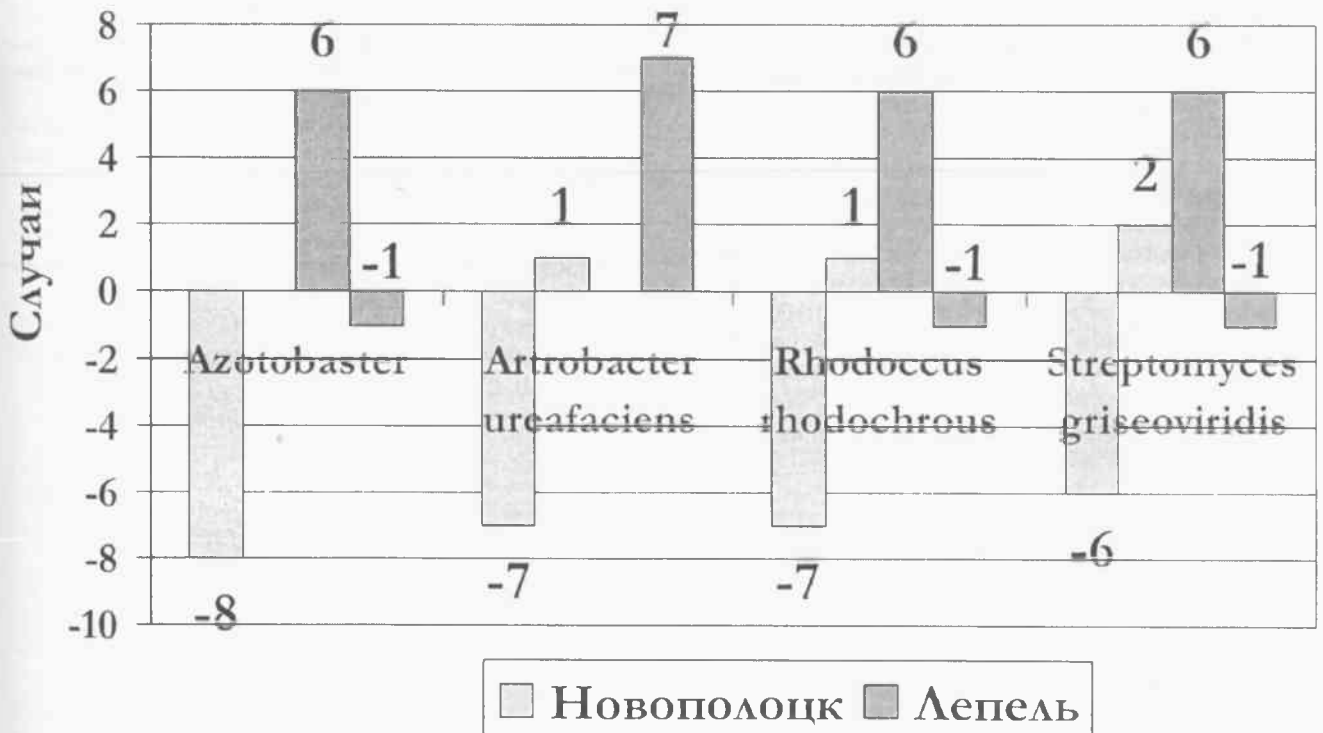


Рис. 1. Частота ингибирования роста тест-штаммов микроорганизмов в образцах почвы г. Новополоцк

Таблица 9. **Влияние экстрактов из образцов почвы г. Лепель на длину корешков с/х растений**

Варианты	Длина корешков (см)		
	Редис	Огурцов	Овес
Контроль для образцов 1-4	9,76 ± 0,63	6,83 ± 0,22	9,32 ± 0,30
Образец 1	9,75 ± 0,67	7,02 ± 0,25	10,1 ± 0,34
Образец 2	8,51 ± 0,41	6,63 ± 0,33	9,35 ± 0,36
Образец 3	9,37 ± 0,45	6,43 ± 0,29	9,31 ± 0,36
Образец 4	9,23 ± 0,38	6,67 ± 0,42	9,43 ± 0,25
Контроль для образцов 5-8	10,16 ± 0,48	8,28 ± 0,20	8,73 ± 0,25
Образец 5	10,11 ± 0,31	8,06 ± 0,32	9,42 ± 0,50
Образец 6	9,87 ± 0,25	9,01 ± 0,25	9,21 ± 0,17
Образец 7	10,52 ± 0,62	8,18 ± 0,22	9,81 ± 0,36*
Образец 8	9,68 ± 0,48	8,45 ± 0,52	9,45 ± 0,35

-статистически достоверное отклонение от контроля ($p < 0,05$)

Выводы

1. Средний показатель суммарного загрязнения тяжелыми металлами Zc в городах Республики Беларусь составил 7,8. Наибольший вклад в показатель суммарного загрязнения тяжелыми металлами Zc вносит загрязнение почв городов республики кадмием, среднее содержание которого в почвах большинства городов превышает гигиенические нормативы, при этом наибольшие превышения наблюдаются в г. Новополоцке (в 3,6 раза). Максимальный Zc установлен для г. Новополоцка (18,45), минимальный Zc установлен для г. Лепеля (5,21). В г. Новополоцке загрязнение бензапиреном охватывает всю селитебную территорию города, в то время как в г. Лепель – только отдельные участки.

2. Бактериологические показатели г. Новополоцка в 100-10 000 раз (титры кишечной палочки и *Cl. Perfringens*) превышают аналогичные в г. Лепеле. Среднее содержание термофильных бактерий КОЕ/г в почве г. Новополоцка в 3,6 раз больше чем в г. Лепеле, что может свидетельствовать о наличии зависимости между уровнем химического и бактериального загрязнения почвы. Оценку загрязнения почв химическими веществами целесообразно предварять исследованием степени нарушения наземной почвенной экосистемы по уровню изменения микробиологических показателей.

3. Показатели фитотоксичности, суммарной мутагенной активности дают возможность прогнозировать наличие загрязнителей в почве в концентрациях, представляющих потенциальную опасность для населения.

4. Расширенный комплекс критериев, учитывающий 16 токсикологических, гигиенических и экологических показателей позволяет аргументированно делить загрязнители на 4 класса опасности для почвы.

Литература

1. Состояние природной среды Беларуси: экол. бюл. 1999 г. / под ред. В. Ф. Логинова. Минск: Минсктипроект, 2000. 193 с.
2. Логинов, В. Ф. Природная среда Беларуси / В. Ф. Логинов. Минск: НОООО «БИП-С», 2002. 424 с.
3. Гончарук, Е. И. Гигиен. нормир. химич. веществ в почве: руководство / Е. И. Гончарук, Г. И. Сидоренко. Москва: Медицина, 1986. 232 с.
4. Гончарук, Е. И. Санитарная охрана почвы от загрязнения химическими веществами. Киев, 1977. 160 с.
5. Инструкция 2.1.7.11.12-5-2004 «Гигиеническая оценка почвы населенных мест», утвержденная постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 03.03.2004г. № 32.
6. ГОСТ 17.4.4.02-84 «Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа».
7. СТБ ИСО 10381-4-2006. Качество почвы. Отбор проб. / Руководство по процедуре проведения исследований естественных, близких к естественным и культивируемых систем. 2006. Ч. 4.
8. Инструкция 2.1.7.11-12-42-2004 «Определение токсичности отходов, содержащих органические вещества», утвержденная постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 31.10.2004г. № 164;
9. Инструкция 2.1.7.11-12-3-2004 «Определение токсичности металлосодержащих отходов», утвержденная постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 25.02.2004г. № 27).
10. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами / М-во здравоохранения СССР; сост. В. М. Перелыгин, Н. И. Тонкопий, А. Ф. Перцовская и др. М., 1987. 25 с.
11. Насонова, А. А. Гигиеническая оценка и прогнозирование эффекта некоторых химических загрязнителей окружающей среды на основании исследования ключевых метаболических систем (экспериментальное исследование): авт. дис. ... канд. биол. наук: 14.00.07/АМН СССР НИИ общей и коммунальной гигиены им. А. Н. Сысина.- М.-1991. 23с.
12. Гигиена окружающей среды: сб. научн. тр. / АМН СССР, НИИ общей и коммунальной гигиены им. Сысина: под ред. Г. Н. Красовского. М., 1991. 23 с.

Таблица 10. **Цитогенетические повреждения клеток в мантийной жидкости моллюсков**

№ серии	Число животных	Число клеток	% клеток с		
			микроядрами	Начальными признаками гибели	Конечными признаками гибели (апоптотические тела)
Контроль	10	5100	0,33±0,08	0,25±0,07	0,25±0,07
На границе СЗЗ ОАО «Нафтан»	6	3000	0,93±0,17	0,16±0,08	0,37±0,11
достоверность			$p=0,0008$	$p=0,56$	$p=0,49$
На границе СЗЗ ПО «Полимир»	7	3250	0,77±0,15	0,28±0,10	0,89±0,16
достоверность			$p=0,01$	$p=0,87$	$p<0,0001$
На границе СЗЗ ПО «Полимир»	7	3000	0,67±0,15	0,20±0,06	0,67±0,15
достоверность			$p=0,048$	$p=0,80$	$p=0,009$
Садовое товарищество «Кветка», уч. 113	6	2500	0,32±0,11	0,64±0,16	0,36±0,12
достоверность			$p=0,90$	$p=0,018$	$p=0,56$

Таблица 11. Критерии отнесения экзогенных химических веществ к классам опасности для почвы

№ п/п	Показатели	1 класс	2 класс	3 класс	4 класс
1.	ПДК (ОДК) в почве, мг/кг	менее 0,01	от 0,01 – до 0,1	от 0,1 – до 0,5	свыше 0,5
2.	Токсичность, ЛД ₅₀ per os, мг/кг	менее 50	от 51 - до 200	от 201 – до 1000	более 1000
5.	ДСД (ДСП) мг/кг массы сутки	менее 0,001	от 0,001 – 0,05	от 0,05 – до 0,5	более 0,5
4.	Стабильность, стойкость в почве, мес.	время разложения на нетоксичные компоненты более 12 мес.	время разложения на нетоксичные компоненты от 3 – до 12 мес.	Время разложения на нетоксичные компоненты от 1 до 3 мес.	время разложения на нетоксичные компоненты менее 1
5.	Персистентность в растениях, мес.	3 и более	от 1 – до 3	от 0,5 – до 1	менее 0,5
6	Отдаленные эффекты (тератогенность, эмбриотоксичность, репродуктивная токсичность)	доказано наличие отдаленных эффектов для человека в эпидемиологических исследованиях	дозозависимый эффект у животных, включая дозы нетоксичные для материнского организма	Выявление отдаленных эффектов действия на уровне доз, токсичных для материнского организма	отсутствие отдаленных эффектов
7	Аллергенность	доказано в эпидемиологических или клинико-аллергологических исследованиях	ограниченные доказательства для человека в клинико-аллергологических исследованиях, доказано на животных	доказано наличие эффекта только на животных	отсутствие аллергических эффектов
8	Мутагенность	доказано для человека в эпидемиологических исследованиях	единичные эпидемиологические доказательства для человека, наличие дозозависимой мутагенности в соматических и зародышевых клетках млекопитающих in vitro	достаточные доказательства мутагенности на стандартных лабораторных генетических объектах	отсутствие мутагенного эффекта
9	Канцерогенность	достаточные доказательства для человека	ограниченные доказательства для человека в сочетании с достаточными доказательствами для животных	достаточные доказательства для животных с отсутствием для человека	отсутствие канцерогенных свойств
10	Биоаккумуляция (поведение в пищевой цепочке)	выраженное накопление во всех звеньях растения	накопление в нескольких звеньях, в том числе и идущем в пищу для человека	накопление в одном из звеньев, не используемого в пищу для человека	нет накопления (или уровень МДУ)
11	МДУ для растительной продукции, мг/кг.	не допускается	менее 0,05	от 0,05 – до 1,0	более 1,0
12	Миграция по почвенному профилю, см	до 1 м	до 50 см	до 15 см	не мигрирует
13	Способность к кумуляции в организме теплокровных (коэффициент кумуляции)	менее 1	от 1 – до 3	от 3 – до 5	более 5

☆ **Военная эпидемиология и гигиена**

14	Действие на органолептические свойства растительных продуктов	оказывает выраженное действие на органолептические свойства продукции, обладает фитотоксическим действием	ухудшает органолепти-ческие свойства и качество урожая, обладает слабым фитотокси-ческим действием	ухудшает органолепти-ческие свойства урожая, не обладает фитотокси-ческим действием	не оказывает влияния
15	Оценка чистоты почвы по Н.И. Хлебникову (санитарное число С)	меньше 0,70	от 0,70 до 0,85	от 0,85 до 0,98	от 0,98 и больше
16	Влияние на индикаторные микробиологические показатели почвы	Наблюдается резкий спад численности и гибель почвенных микроорганизмов. Исчезают аммонифицирующие бактерии, отсутствуют популяции <i>Bac. magaterium</i> , <i>Clostridium pas-teurianum</i> . Активность инвертазы уменьшается на 50%. Разложение хлопчато-бумажной ткани в почве за 6 мес. не превышает 15%	Значительно снижена численность микроорга-низмов, особенно ам-монифицирующих. Не обнаруживаются азотфиксирующие бактерии. Активность инвертазы уменьшается от 25% до 50%. Разложение хлопчатобумажной ткани в почве за 6 мес. не превышает 30-45%	Отмечено незначительное снижение численности микроорганизмов. Азотфиксирующие бактерии рода <i>Clostridium</i> и спорообразующие рода <i>Megaterium</i> встречаются изредка. Активность инвертазы не превышает 25%. Разложение хлопчатобумажной ткани в почве за 6 мес. не превышает 62%	Отсутствие какого-либо изменения в развитии микроорганизмов.