

**Блайда И.А.,** канд. техн. наук,  
**Васильева Н.Ю.,** канд. биол. наук, **Митяева Н.П.**  
**Одесский национальный университет**  
ул. Дворянская, 2, 65082 Одесса, Украина, e-mail: iblayda@ukr.net

## Техногенные отходы Украины : Оценка экологической опасности и необходимости осуществления биологического контроля

Рассмотрено негативное воздействие на окружающую среду техногенных отходов добывающих и перерабатывающих предприятий Украины. Это связано со значительным содержанием в минеральном сырье техногенного происхождения тяжелых металлов, превышающим ПДК для почв в 2–30 раз. Обобщены и проанализированы данные исследований о токсическом и мутагенном действии ионов тяжелых металлов на звенья трофической цепи. Рассмотрено современное состояние проблемы экологической опасности техногенных отходов предприятий энергетики и углеобогащения. Методами биотестирования с использованием в качестве тест-объектов организмов различного трофического уровня доказано токсико-генетическое влияние техногенных отходов различного происхождения на микроорганизмы, беспозвоночные, семена высших растений, культур клеток растений. Приведены данные о структурных перестройках в различных экологических нишах, вызванных техногенными отходами, об их влиянии на здоровье людей. *Библ. 39, Табл. 1.*

**Ключевые слова:** техногенные отходы, экологическая опасность, ионы тяжелых металлов, биотестирование, токсичность, мутагенность.

Одной из актуальных проблем современности является снижение техногенной нагрузки на природную среду за счет разработки и внедрения современных экологически безопасных ресурсосберегающих технологий. Деятельность предприятий по добыче и переработке минерального сырья связана с несоблюдением и систематическим нарушением законов природы. В результате такой хозяйственной деятельности более 500 промышленных предприятий Украины, прямо или косвенно связанных с добычей, переработкой и использованием минеральных ресурсов, накоплено около 25 млрд т твердых техногенных отходов [1–3].

Территории, на которых расположены предприятия горно-обогатительного, перерабатывающего и энергетического комплексов и на которых на протяжении многих лет складировались отвалы, традиционно являются зонами экологического риска из-за возможности самовозгорания терриконов в результате окисления содержащихся в них углерода и серы. Часто эти процессы, сопровождающиеся выделением большого количества тепла, проходят настолько интенсивно, что отвалы породы разогреваются до высоких температур и горят с выбросом в атмосферу углеводородов, сажи, оксидов азота, серы, углерода и др. [4–6]. Кроме того,

в состав техногенных отходов входят высоко-токсичные компоненты: минеральные вещества, полициклические ароматические углеводороды, тяжелые металлы, которые мигрируют в атмосферный воздух, подземные воды и почву. Это приводит к тому, что в зонах накопления отходов в почвах, в грунтовых и наземных водах эти вещества аккумулируются до концентраций, во много раз превышающих ПДК. Свинец, кадмий, медь, цинк, входящие в состав техногенных отходов, относятся к «критической группе веществ — индикаторов стресса окружающей среды», являются одним из самых опасных факторов антропогенного загрязнения, оказывая токсико-генетическое действие на все компоненты природных экосистем и организм человека [7–9]. Ионы тяжелых металлов имеют тенденцию аккумулироваться в биомассе микроорганизмов и растений, закрепляться в звеньях трофической цепи, поступая по ним в организм животных и человека и отрицательно воздействуя на их жизнедеятельность [10–12].

Токсическое действие ионов тяжелых металлов на микроорганизмы — первичные звенья трофической цепи — проявляется в ингибировании основных процессов жизнедеятельности, метаболизма, динамики роста и морфологии и определяется комплексом факторов,

включающем совокупность физико-химических условий внешней среды и индивидуальные свойства вида и штамма микроорганизма. Пути, приводящие к гибели микроорганизмов, различны: блокировка метаболических процессов, в частности, ингибирование транспорта электронов в дыхательные пути; изменение трансмембранного потенциала; образование перекисных радикалов [13–15]. Ионы тяжелых металлов существенным образом влияют на численность, видовой состав и жизнедеятельность водных и почвенных микроорганизмов, вызывая нарушения структуры природных микробиоценозов. Они ингибируют процессы минерализации и синтеза веществ в почвах, подавляют дыхание почвенных микроорганизмов, вызывают микробиостатический эффект, могут выступать как токсический и мутагенный фактор [11, 16, 17].

Мутации, вызываемые медью, ртутью, свинцом, никелем, хромом, выражаются в возникновении устойчивости к этим соединениям. Доказательством этому являются выделенные из почвы микроорганизмы, высокоустойчивые к тяжелым металлам [18–20]. Основной общей закономерностью влияния ионов тяжелых металлов на микроорганизмы является значительное сокращение видового разнообразия последних и увеличение абсолютного доминирования небольшого числа резистентных видов. Сотрудниками Биотехнологического научно-учебного центра Одесского национального университета в лабораторных условиях *in vitro* с применением различных микробных тест-объектов установлено токсическое и мутагенное действие ионов тяжелых металлов. Медь, никель и цинк в концентрациях, соответствующих их содержанию в отходах переработки угля, приводили к гибели соответственно 91,0, 83,0 и 50,0% жизнеспособных клеток *Salmonella typhimurium* TA 100 [6]. Растворы  $\text{FeSO}_4$  и  $\text{NaAsO}_2$  индуцировали возникновение мутаций в бактериальных тест-системах *E.coli*, *S. typhimurium* TA 98 и *S. typhimurium* TA 100 [6, 19, 21].

Токсическое действие ионов тяжелых металлов на растительные тест-объекты проявляется в угнетении всхожести семян, длине и соотношении длин корней и проростков, нарушении процесса фотосинтеза, пигментации и др. По данным авторов Блайда И. А. и др. [6], группа металлов, наиболее часто встречающихся в отходах угледобычи (цинк, медь, алюминий, марганец, никель и железо), в концентрациях, соответствующих их содержанию в техногенных отходах, оказывала фитотоксическое действие на семена пшеницы (сорт «Безостая 1»), томата (сорт «Факел»), редиса (сорт «Ранний красный»), огурца (сорт «Родничок») и овса (сорт «Победа»). Токсическое действие регистрировали в первую очередь по подавлению всхожести семян на 40,0–55,0 % и

уменьшению длины корней и проростков, что соответствовало результатам работ других исследователей [22–24]. Имеются данные [25], согласно которым под влиянием растворов, содержащих ионы Ag, Cu, Cr, Cd, Hg, Mo, Pb и W, в клетках растений *C. capitallaris* L., традесканции (Трад-ВТМ) и сои *Glycinemax* L. в результате хромосомных aberrаций возникали мутационные изменения, наблюдалось угнетение прорастания семян растений. В целом «мутационные концентрации» металлов были весьма низкими и находились в диапазоне от  $10^{-4}$  до  $10^{-8}$  моль/дм<sup>3</sup>, однако для традесканции (индуцирующие мутации по окраске в системе волосков пигментных нитей) были на порядок выше, чем для *C. capitallaris* L. В некоторых случаях Cd, W и Mo в концентрациях  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$  и  $10^{-4}$  моль/дм<sup>3</sup> соответственно стимулировали прорастание семян.

Приведенные данные подтверждают негативное токсическое и мутагенное влияние ионов тяжелых металлов на организмы различных трофических уровней. Сравнительный анализ полученных и имеющихся результатов показал, что шкала токсичности ионов тяжелых металлов для бактерий и растительных тест-объектов практически совпадает: обобщенная шкала токсичности металлов для *Salmonella typhimurium* TA 100 и для семян высших растений (томата, редиса, овса, огурца, пшеницы) может быть представлена следующим образом:  $\text{Zn} < \text{Mn} < \text{Ni} < \text{Cu} < \text{Al} < \text{Fe}$  [6, 20, 24, 26].

Таким образом, чрезвычайно сложный многокомпонентный химический состав техногенных отходов и наличие в них набора ионов тяжелых металлов и их комплексов определяют уровень токсичности отходов предприятий угольной, металлургической и энергетической промышленности и их воздействия на окружающую среду. Государственная политика в этом вопросе определена и должна регулироваться действующими Законами Украины № 187/98-вр «Про відходи» (редакция 18.11.12) и № 1264-12 «Про охорону навколишнього природного середовища», однако биологический контроль постоянно увеличивающихся в объемах техногенных отходов носит эпизодический характер, генотоксическая оценка характерных для Украины отходов предприятий углеобогащения и энергетики практически не проводится.

Выявление токсического, мутагенного, канцерогенного и других негативных биологических эффектов, индуцируемых техногенными отходами, — составная часть комплексного химико-биологического контроля. На современном этапе можно выделить два основных направления этих исследований. Первое — количественная химико-минералогическая характеристика

приоритетных компонентов техногенных отходов и токсико-генетическая оценка отдельных соединений, входящих в состав минерального (техногенного) сырья. Классическими стандартными физико-химическими методами, позволяющими выявлять концентрацию химических веществ в исследуемом сырье, невозможно определить меру опасности выявленного загрязнения для живых организмов (в том числе и человека), их сообществ и экосистем в целом. Другой подход — это определение негативных биологических эффектов загрязнений с использованием набора живых организмов, что позволяет выявлять наличие токсического, мутагенного, канцерогенного, тератогенного и других неблагоприятных последствий.

В настоящее время, учитывая количественный и качественный потенциалы разных методов биотестирования, опыт многих исследователей, а также отсутствие универсального тест-объекта для генотоксической оценки почв и твердых промышленных отходов, используют широкий набор тест-объектов — от бактерий до млекопитающих. Наиболее часто используются бактериальные тест-системы с применением мутантных штаммов *Salmonella thyphimurium* TA 98 и TA 100 — классический тест-объект в мировой практике генетических исследований, позволяющий оценивать степень токсического и мутагенного воздействия [26, 27]. Разработаны и используются методики оценки генотоксического потенциала объектов окружающей среды с использованием растительных тест-систем. Фитотесты способны адекватно реагировать на экзогенное химическое воздействие, информативны, высокочувствительны, характеризуется стабильностью получаемых результатов [28–30].

Воздействие на окружающую среду таких многотоннажных промышленных отходов, как отвалы углеобогащения и золошлаки от сжигания угля на ТЭС, мало изучено. Имеются исследования, посвященные количественным и качественным характеристикам этих отходов и возможности их использования в строительной индустрии и сельском хозяйстве [31–33]. Встречаются отдельные работы по выявлению токсико-генетического действия отходов от сжигания углей на природные объекты. Так, по данным Андреевой С.Г. [33], золошлаковые отходы, образующиеся при сжигании углей Канско-Ачинского бассейна, оказывают токсическое действие на микробные и растительные тест-объекты, на гидробионтов, теплокровных животных и человека. Установлена их высокая токсичность для мутантного штамма *Salmonella thyphimurium* TA 98: гибель клеток находилась в диапазоне 88,0–100,0 %; при этом уровень мутагенной активности был минимальным. При проращивании семян пшеницы в присутст-

вии 10,0–50,0 % золошлаковых отходов от сжигания углей Канско-Ачинского бассейна отмечено угнетение всхожести семян и развития корневой системы у ростков, выраженный эффект торможения роста корней. Полученные данные позволили установить зависимость между долями золошлаковых отходов в искусственной почве и показателями их фитотоксического действия. Результаты проведенных исследований позволили рекомендовать использовать золошлаковые отходы в качестве мелиорантов при внесении в кислые почвы в количестве не более 25 %. В дозе 92,0–50,0 мг/кг золошлаковых отходов от сжигания углей Канско-Ачинского бассейна они вызывали у белых беспородных мышей увеличение размеров, изменение цвета и грануляции печени, селезенки и почек, некроз и вздутие в желудке, расширение кровеносных сосудов. На основании сравнительного анализа частоты и структуры заболеваемости взрослого населения в загрязненных районах по сравнению с таковыми показателями в контрольных регионах выявлена наибольшая частота встречаемости патологии костно-мышечной системы и соединительной ткани [33].

На основании расчетных данных и результатов исследований с учетом состава, физико-химических свойств, токсического и фитотоксического действия золошлаковые отходы и отвалы углеобогащения практически всех месторождений земного шара относятся к промышленным отходам 3–4 классов опасности [6, 33, 34].

Кроме золошлаковых отходов предприятий энергетики, горнодобывающая промышленность также является одним из наиболее мощных факторов антропогенного воздействия на окружающую природную среду. Реутовой Н.В. проведена эколого-генетическая и эпидемиологическая оценка территорий, на которых расположен Тырныаузский горно-обогатительный комбинат (ТГОК) и Нальчикский гидрометаллургический завод [25]. Техногенные отходы ТГОК обладали генотоксическим влиянием по отношению к сое (*Glycinemax L.* Т 219) и вызывали все типы мутаций: генные, хромосомные, митотический кроссинговер (наблюдалось увеличение всех типов пятен на всех листьях). Для проведения исследований *in situ* были отобраны растения, произрастающие на отвалах ТГОК и относящиеся к различным семействам: злаковым, сложноцветным и пасленовым. У костра кровельного (*Anisantha tectorum*), тонконога гребенчатого (*Koeleria cristata*), белены черной (*Hyoscyanus niger*) уровень мутационных изменений в 2–45 раза превышал спонтанный. Преобладающим типом хромосомных aberrаций у всех растений были фрагменты, которые являются результатом делений или отставания развития хро-

мосом [25]. На отвалах Нальчикского гидрометаллургического завода, расположенного на высоте 1800 м над уровнем моря, единственным произрастающим видом был одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* Wigg. s. l.), что свидетельствует о высокой токсичности этих отходов. Уровень хромосомных aberrаций у одуванчика с отвалов в 4,2–5,3 раза превышал мутационный уровень у одуванчика из чистой зоны [25].

Азаровой С.В. изучены химический состав отходов предприятий угольной, железорудной и камнедобывающей промышленности Республики Хакасия, дана оценка степени их воздействия на почву, проведена комплексная оценка этих отходов с использованием стандартных тест-объектов *Daphnia magna*, *Drosophila melanogaster*, *Paramecium caudatum* [35, 36]. В почвах зоны влияния техногенных отходов фиксируется повышенное содержание As, Zn, Ni и Cu, что не позволяет использовать эти почвы для сельскохозяйственного назначения. По результатам биотестирования с использованием в качестве тест-объектов рачков *Daphnia magna*, водная вытяжка техногенных отходов горнодобывающей промышленности не обладала острой токсичностью. Исследуемые пробы

#### Характеристики техногенных отходов

Элемент	Класс опасности	ПДК для почв, мг/кг	Промышленные концентрации, мг/кг	Выявленные концентрации, мг/кг		
				Отвал	ЦОФ	Золотшлак ЛадТЭС
Медь	2	3,0	45,0–60,0	280,0	50,0	–
Цинк	1	23,0	65,0–70,0	120,0	70,0	52,2·10 <sup>3</sup>
Марганец	3	1,5·10 <sup>3</sup>	850,0–103	2,2·10 <sup>3</sup>	502,0	–
Свинец	1	30,0	18,0–22,0	40,0	30,0	287,4·10 <sup>3</sup>
Никель	2	4,0	80,0–120,0	200,0	50,0	–
Кадмий	1	0,5	45,0–55,0	2,4	2,0	0,48·10 <sup>3</sup>
Железо	–	3,7·10 <sup>3</sup>	(1,5–2,0)·10 <sup>3</sup>	73,9·10 <sup>3</sup>	97,6·10 <sup>3</sup>	21,5·10 <sup>3</sup>
Олово	2	4,5	90,0–120,0	351,9	206,9	–
Хром	2	6,0	190,0–210,0	99,1	218,1	–
Ванадий	3	150,0	140,0–160,0	150,0	–	–
Кобальт	2	12,0	37,0–42,0	116,1	304,9	–
Алюминий	–	–*	(2,5–5,0)·10 <sup>3</sup>	13,9·10 <sup>3</sup>	38,9·10 <sup>3</sup>	4,8·10 <sup>3</sup>
Сера	–	160,0	–	11,7·10 <sup>3</sup>	5,7·10 <sup>3</sup>	141,1·10 <sup>3</sup>
Кремний	–	–*	–	159·10 <sup>3</sup>	121·10 <sup>3</sup>	77,2·10 <sup>3</sup>
Галлий	–	–*	10,0–15,0	12,1	10,0	–
Германий	–	–*	5,0–7,0	25,8	700,0	3,2·10 <sup>3</sup>
Цирконий	–	–*	160,0–220,0	173,0	237,0	–
Ниобий	–	–*	19,0–22,0	14,0	19,0	–
Лантан	–	–*	25,0–29,0	48,0	42,0	–
Церий	–	–*	25,0	69,0	74,0	–
Рубидий	–	–*	90,0	141,0	116,0	–
Стронций	3	–*	80,0	211,0	656,0	–
Барий	3	–*	250,0–400,0	519,0	634,0	4,9·10 <sup>3</sup>
Титан	–	–*	4,0·10 <sup>3</sup>	4,2·10 <sup>3</sup>	41,6·10 <sup>3</sup>	–
Кальций	–	–*	–	17,2·10 <sup>3</sup>	1,98·10 <sup>3</sup>	51,4·10 <sup>3</sup>

\* Нет данных.

техногенных отходов в тест-системе с использованием инфузорий *Paramecium caudatum* характеризуются допустимой и умеренной степенью токсичности. По результатам биотестирования на мушках *Drosophila melanogaster* и клетках крови выявлена токсическая и мутагенная активность исследуемых проб техногенных отходов [37]. У населения, проживающего в районах расположения горно-обогатительных комбинатов, обнаружено достоверное превышение заболеваемости костно-мышечной системы и соединительной ткани, повышение частоты спонтанных аборт по сравнению с аналогичными показателями контрольных районов [25, 35, 38].

Сотрудниками Биотехнологического научно-учебного центра Одесского национального университета проведено комплексное химико-биологическое исследование техногенных отходов действующих предприятий Украины: отвалов Центральной обогатительной фабрики (ЦОФ) Львовско-Волынского угольного бассейна, золошлаковых отходов от сжигания Павлоградского угля на Ладыжинской ТЭС, свинцово-цинкового продукта, предоставленного ЗАО «Донмет».

Полученные результаты, представленные в таблице, свидетельствуют о том, что концентрации основных металлов, обнаруженные в исследованных техногенных отходах, в 2–30 раз превышают значения их ПДК для почв.

Как было показано ранее, негативное биологическое воздействие отвалов ЦОФ установлено при использовании в качестве тест-объектов семян высших растений: угнетение их всхожести регистрировали в 20,0–60,0% случаев [6]. Барановым В.И. с соотр. приведены данные об ингибировании прорастания семян пшеницы, календулы, огурцов, кукурузы, редиса, рапса водными стоками с отвалов ЦОФ Львовско-Волынского угольного бассейна, что, по мнению авторов, также является следствием химического состава отвалов. Определенной закономерности негативного биологического эффекта на всхожесть семян растений авторами выявлено не было: регистрировали ингибирование прорастания семян и незначительное стимулирующее действие [6, 22, 39].

### Выводы

Техногенные отходы добывающих и перерабатывающих предприятий в Украине и в других странах относятся к наиболее значительным объектам негативного воздействия на окружающую среду на всех уровнях трофической цепи, вплоть до организма человека. Данные, приведенные в таблице, свидетельствуют о содержании в отходах металлов, в том числе редких, в промышленных концентрациях, что позволяет отнести такие отвалы к так называемым техногенным месторождениям — нетрадиционным сырьевым источникам ценных компонентов. Вовлечение в переработку техногенных ресурсов, сосредоточенных в терриконах, хвостохранилищах и гидроотвалах, позволит значительно увеличить комплексность использования минерального сырья, уменьшить площади отчуждаемых под отвалы земель с возможностью их рекультивации, вывести на отечественный рынок новые виды продукции, а также значительно улучшить состояние окружающей среды.

### Список литературы

1. Панов Б.С. Техногенные месторождения Донбасса и Украины // Наук. пр. Донец. нац. техн. ун-ту. — 2004. — Вып. 81. — С. 3–7.
2. Галецький Л.С., Науменко У.З., Пилипчук А.Д. Техногенні родовища — нове нетрадиційне джерело мінеральної сировини в Україні // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. — 2002. — № 56. — С. 77–81.
3. Цельковский Ю.К. Экологические и экономические аспекты утилизации золошлаков ТЭС // Энергия. — 2006. — № 4. — С. 27–34.
4. Мельников В.С., Гречановская Е.Е. Минералогенез в горящих угольных отвалах : Фундаментальные и прикладные аспекты неоминералогии // Наук. пр. Донец. нац. техн. ун-ту. — 2004. — Вып. 81. — С. 30–36.
5. Азарова С.В. Отходы горнодобывающих предприятий и комплексная оценка их опасности для окружающей среды (на примере объектов Республики Хакасия) : Автореф. дис. ... канд. горно-минерал. наук. — Томск, 2005. — 21 с.
6. Блайда И.А., Баранов В.И., Васильева Т.В., Васильева Н.Ю., Немерцалов В.В., Слюсаренко Л.И., Камская В.А. Комплексная оценка отходов углеобогащения с точки зрения их фитотоксичности, возможности вторичной переработки и детоксикации // Энерготехнологии и ресурсосбережение. — 2012. — № 2. — С. 37–43.
7. Левина Э.Н. Общая токсикология металлов. — Л. : Медицина, 1972. — 367 с.
8. Щербакова Е.П. Геолого-экологическое обеспечение природоохранных технологий освоения техногенных массивов : Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. — М., 2005. — 32 с.
9. Микроорганизмы и охрана почв / Под ред. Д.Г.Звягинцева. — М. : Изд-во Моск. ун-та, 1989. — 206 с.
10. Мур Дж. В., Рамамутри С. Тяжелые металлы в природных водах. — М. : Мир, 1987. — 285 с.
11. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. — Л. : Агропромиздат, 1987. — 137 с.
12. Язиков Е.И., Азарова С.В. Эколого-геохимическая характеристика отходов горнодобывающего предприятия, их токсичности и воздействия на почвы // Горн. журн. — 2003. — № 11. — С. 61–64.
13. Таширев А.Б. Взаимодействие микроорганизмов с металлами // Микробиол. журн. — 1995. — Т. 57, № 2. — С. 95–104.
14. Szeter P., Szeter K. Concentration and discrimination factors for Cd, Pb, Zn and Cu in benthos of Puck Bay, Baltic sea // Sci. Total Environ. — 1991. — Vol. 105. — P. 127–133.
15. Gadd G. M. Metal and microorganisms; a problem of definition // FEMS Microbiology Letters. — 1992. — Vol. 100. — P. 197–204.
16. Babich H., Stotzky G. Heavy metal toxicity to microbe-mediated ecologic processes : A review and potential application to regulatory policies // Environ. Res. — 1985. — Vol. 36, № 1. — P. 111–137.
17. Duxbury T. Ecological aspects of heavy metal to soil bacteria // Adv. Microbiol. Ecol. — 1985. — Vol. 8. — P. 185–235.
18. Рапопорт И.А., Шигаева М.Х., Ахматуллина Н.Б. Химический мутагенез. — Алма-Ата : Наука, 1980. — 319 с.
19. Васильева Т.В., Иваница В.А., Панченко Н.Н., Васильева Н.Ю., Хачирова С.Д. Оценка токсичности и мутагенности некоторых приоритетных компонентов загрязнения в бактериальной тест-системе *Salmonella typhimurium* TA 100 // Технические и системные средства экологического мониторинга. — Киев : Ин-т кибернетики НАН Украины, 1998. — С. 69–74.
20. Васильева Н.Ю., Иваница В.А. Выявление изменений биологических показателей модельного организма (*Salmonella typhimurium* TA 100) в зависимости от содержания в почве тяжелых металлов // Вісн. Дніпропетр. ун-ту. — 2008. — Т. 1, вип. 16. — С. 28–33.
21. Brusiek D.J., Gietten F., Jagannth D.R. The mutagenic activity of ferrous sulfate for *S. typhimurium* // Mut. Res. — 1976. — Vol. 38, № 6. — P. 386–393.
22. Баранов В.И., Книш І.Б. Хіміко-мінералогічний склад порід відвалу вугільних шахт ЦЗФ «Львівсистеменерго» та їх вплив на проростання насіння // Промислова ботаніка : Стан та перспективи розвитку : Матеріали V Міжнар. наук. конф., Донецьк, 2007. — С. 36–37.
23. Антипова Н.Д. Влияние золы ГРЭС на жизнедеятельность растений // География и природные ресурсы. — 1992. — № 2. — С. 184–186.
24. Гогуа М.Л. Изучения генотоксического потенциала солей хрома, молибдена, вольфрама на растительных тест-системах : Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — М., 2003. — 18 с.
25. Реутова Н.В., Шевченко В.А. Мутагенное действие неорганических соединений серебра и свинца

- на традесканцію // Генетика. — 1992. — Т. 28, № 9. — С. 89–96.
26. Васильева Н.Ю. Оцінка екологічного стану довкілля з використанням мікробних моделей : Автореф. дис. ... канд. біол. наук. — Одеса, 2009. — 20 с.
  27. Фонштейн Л.М., Абилов С.К., Бобринев Е.В. Методи первичного виявлення генотоксическої активності загрязнителів среды с помощью бактериальных тест-систем. Методические указания. — М., 1985. — С. 32–35.
  28. Журавлева А.Н., Бухарина И.Л. Использование семян древесных и травянистых растений в качестве тест-объектов при фитоиндикации городских почв // Безопасность в техносфере. — Ижевск : Удмурт. ун-т, 2010. — 232 с.
  29. Киреева Н.А., Мифтахова А.М., Кузяхметов Г.Г. Рост и развитие сорных растений в условиях техногенного загрязнения почвы // Вестн. Башкир. ун-та. — 2001. — № 1. — С. 32–34.
  30. Калаев В.Н., Буторина А.К., Шелухина О.Ю. Оценка антропогенного загрязнения районов г. Старый Оскол по цитогенетическим показателям семенного потомства березы пониклой // Эколог. генетика. — 2006. — Т. 4, № 2. — С. 9–21.
  31. Блайда И.А., Васильева Т.В. Современные биотехнологические методы переработки техногенных отходов как путь для восстановления экосистем рекреационных зон // Причорномор. еколог. бюл. — 2011. — № 3. — С. 121–123.
  32. Доброгорский Н.А., Сафонов И.Л., Михалоченко Д.Я., Толубец Д.В. Оценка золошлаковых отходов в тепловых электростанциях как сырья для производства строительных материалов // Наук. пр. Донец. нац. техн. ун-ту. — 2004. — Вып. 81. — С. 113–117.
  33. Андреева С.Г. Гигиеническая оценка золошлаковых отходов, образующихся при сжигании углей Канско-Ачинского бассейна: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. — Кемерово, 2006. — 21 с.
  34. Мязина В.И. Эколого-технологическая оценка золошлаковых отходов электростанций Восточного Забайкалья : Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Чита, 2005. — 156 с.
  35. Реутова Н.В. Эколого-генетическая и эпидемиологическая характеристика горных территорий Центрального Кавказа, загрязненных тяжелыми металлами (на примере Кабардино-Балкарской Республики) : Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — М., 2008. — 24 с.
  36. Азарова С.В., Язиков Е.Г., Ильинских Н.Н. Сравнительная оценка токсичности отходов горно-добывающих предприятий с использованием методов цитогенетического и генетического анализа // Актуальные проблемы биологии, медицины и экологии. — 2004. — Вып. 3. — С. 13–16.
  37. Азарова С.В., Язиков Е.Г., Ильинских Н.Н. Генетическая оценка биологического влияния отходов горнодобывающих предприятий Республики Хакасия с использованием *Drosophila melanogaster* // Актуальные проблемы биологии, медицины и экологии. — 2004. — Вып. 3. — С. 9–12.
  38. Язиков Е.Г., Худяков В.М., Азарова С.В. Отвалы горнодобывающего производства (комплексная оценка токсичности на примере объектов Республики Хакасия) // Изв. вузов. Сер. Геология и разведка. — 2003. — С. 93–97.
  39. Баранов В., Бешлей С., Ващук С., Безносюк С., Микієвич І., Фецько З. Визначення токсичності дії важких металів та кислотності на рослині ріпаку як факторів впливу субстратів ґрунту породних відвалів // Біолог. студії. — 2011. — Т. 5, № 1. — С. 17–24.

Поступила в редакцію 02.09.13

**Блайда І.А., канд. техн. наук, Васильєва Н.Ю., канд. біол. наук, Мітяєва Н.П.**

**Одеський національний університет**

вул. Дворянська, 2, 65082 Одеса, Україна, e-mail: [iblayda@ukr.net](mailto:iblayda@ukr.net)

## Техногенні відходи України : Оцінка екологічної небезпеки та необхідності впровадження біологічного контролю

Розглянуто негативний вплив на навколишнє середовище техногенних відходів видобувних та переробних підприємств України. Це пов'язано зі значним вмістом у мінеральній сировині техногенного походження важких металів, який перевищує ГДК для ґрунтів у 2–30 разів. Узагальнено та проаналізовано дані досліджень про токсичну та мутагенну дію іонів важких металів на різні ланки трофічного ланцюга. Розглянуто сучасний стан проблеми екологічної небезпеки техногенних відходів підприємств енергетики та вуглезбагачення. Методами біотестування з використанням у якості тест-об'єктів організмів різного трофічного рівня доведено токсико-генетичний вплив техногенних відходів різного походження на мікроорганізми, безхребетні, насіння вищих рослин, культур клітин рослин. Наведено дані про структурні перебудови у різних екологічних нішах, які викликані техногенними відходами, про їх вплив на здоров'я людей. *Бібл. 39, табл. 1.*

**Ключові слова:** техногенні відходи, екологічна небезпека, іони важких металів, біотестування, токсичність, мутагенність.

**Blayda I.A.**, Candidate of Technical Science,  
**Vasilieva N.Yu.**, Candidate of Biological Science, **Mitiaieva N.P.**  
**Odessa National University**  
 2, Dvoryanskaya Str., 65082 Odessa, Ukraine, e-mail: iblayda@ukr.net

## Technogenic Wastes of Ukraine : Ecological Risk Assessment and Necessity of Biological Control

A submitted paper is dedicated to the essential problem of negative impact of technogenic wastes produced by Ukrainian processing and extractive enterprises on environment. Because of considerable amount of heavy metals in technogenic mineral raw materials, the corresponding index shows exceeding maximum allowable concentration for soil up to 2–30 times. This article generalizes and analyses research data concerning toxic and mutagenic effect of heavy-metal ions on different elements of a trophic chain. Using a wide range of literature and own results, authors elucidate a contemporary state of the problem of ecological danger of technogenic wastes produced by energy and coal beneficiation enterprises. Toxic-genetic impact of technogenic wastes of various origins on microorganisms, invertebrates, seeds of higher plants, plant tissue cultures was proven by methods of biotesting with usage of organisms of different trophical level as test-objects. The article provides data about the structural alteration caused by technogenic wastes in different ecological niches as well as about the impact of wastes on humans' health. The represented data shows importance and gives an overview of possible ways of solving the problem that have both medico-ecological and socioeconomic character. *Bibl. 39, Table 1.*

**Key words:** technogenic wastes, ecological risk, heavy-metal ions, biotesting, toxicity, mutagenity.

### References

- Panov B.S. (2004). Man-made deposits of Donbass and Ukraine. *Naukovi praci Donec'kogo nacional'nogo tehnicnogo universitetu*, 81, pp. 3–7. (Rus.)
- Galec'kij L.S., Naumenko U.Z., Pilipchuk A.D. (2002). Man-made deposits – new unconventional sources of mineral raw materials in Ukraine. *Ekologija dovkil'ja ta bezpeka zhittedijal'nosti*, (56), pp. 77–81. (Ukr.)
- Celykovskij Ju.K. (2006). Environmental and economic aspects of the TPP ash disposal. *Energija*, (4), pp. 27–34. (Rus.)
- Mel'nikov V.S., Grechanovskaja E.E. (2004). Mineral genesis in burning coal dumps: fundamental and applied aspects of neomineralogii. *Naukovi praci Donec'kogo nacional'nogo tehnicnogo universitetu*, 81, pp. 30–36. (Rus.)
- Azarova S.V. (2005). Wastes from mining companies and a comprehensive assessment of their risk to the environment (for example, objects of the Republic of Khakassia) : Avtoreferat dissertacii. Tomsk, 21 p. (Rus.)
- Blayda I.A., Baranov V.I., Vasil'eva T.V., Vasil'eva N.Ju., Nemercalov V.V., Sljusarenko L.I., Kamskaja V.A. (2012). Complex assessment of the waste coal beneficiation in terms of their phytotoxicity, the possibility of recycling and detoxification. *Energotehnologii i resursosberezhenie [Energy Technologies and Resource Saving]*, (2), pp. 37–43. (Rus.)
- Levina Je. N. (1972). General toxicology of metals. Leningrad : Medicina, 367 p. (Rus.)
- Shherbakova E.P. (2005). Geological and ecological maintenance of environmental technologies of development of man-made arrays : Avtoreferat dissertacii. Moscow, 32 p. (Rus.)
- Microorganisms and soil protection. Ed. D.G. Zvjagincev. Moscow : Izdatelstvo MGU, 1989, 206 p. (Rus.)
- Mur Dzh. V., Ramamutri S. (1987). Heavy metals in natural waters. Moscow : Mir, 285 p. (Rus.)
- Alekseev Ju.V. (1987). Heavy metals in soils and plants. Leningrad : Agropromizdat, 137 p. (Rus.)
- Jazikov E.I., Azarova S.V. (2003). Ecological and geochemical characteristics of the waste mining enterprise, their toxicity and effects on soil. *Gornyj zhurnal*, (11), pp. 61–64. (Rus.)
- Tashirev A.B. (1995). The interaction of microorganisms with metals. *Mikrobiol. zhurnal*, 57 (2), pp. 95–104. (Rus.)
- Szeter P., Szeter K. (1991). Concentration and discrimination factors for Cd, Pb, Zn and Cu in benthos of Puck Bay, Baltic sea. *Sci. Total Environ.*, 105, pp. 127–133. (Eng.)
- Gadd G. M. (1992). Metal and microorganisms; a problem of definition. *FEMS Microbiology Letters*, 100, pp. 197–204.
- Babich H., Stotzky G. (1985). Heavy metal toxicity to microbe-mediated ecologic processes: a review and potential application to regulatory policies. *Environ. Res.*, 36 (1), pp. 111–137. (Eng.)
- Duxbury T. (1985). Ecological aspects of heavy metal to soil bacteria. *Adv. Microbiol. Ecolog.*, 8, pp. 185–235.

18. Rapoport I.A., Shigaeva M.H., Ahmatullina N.B. (1980). Chemical mutagenesis. Alma-Ata : Nauka, 319 p. (Rus.)
19. Vasil'eva T.V., Ivanica V.A., Panchenko N.N., Vasil'eva N.Ju., Hachirova S.D. (1998). Assessment of toxicity and mutagenicity of some of the priority components of bacterial contamination in the test system *Salmonella typhimurium* TA 100. *Tekhnicheskie i sistemnye sredstva ekologicheskogo monitoringa*. Kiev : Institut kibernetiki NAN Ukrainy, pp. 69–74. (Rus.)
20. Vasil'eva N.Ju., Ivanica V.A. (2008). Identification of changes in biological indicators model organism (*Salmonella typhimurium* TA 100) depending on the contents of heavy metals in soil. *Visnik Dnipropetrovskogo universitetu*, 1 (16), pp. 28–33. (Rus.)
21. Brusiek D.J., Gietten F., Jagannth D.R. (1976). The mutagenic activity of ferrous sulfate for *S. typhimurium*. *Mut. Res.*, 38 (6), pp. 386–393.
22. Baranov V.I., Knish I.B. (2007). Chemical and mineralogical composition of the rock dump coal mines CBP «Lvivsystemenerho» and their effect on seed germination. *Promislova botanika : Stan ta perspektivi rozvitku : Materiali 5<sup>th</sup> mizhnarodnoj naukovoï konferencii*, Donetsk, pp. 36–37. (Ukr.)
23. Antipova N.D. (1992). The influence of power plant ash on the life of plants. *Geografija i prirodnye resursy*, (2), pp. 184–186. (Rus.)
24. Gogua M.L. (2003). Studies genotoxic potential of chromium, molybdenum, tungsten plant test systems : Avtoreferat dissertacii. Moscow, 18 p. (Rus.)
25. Reutova N.V., Shevchenko V.A. (1992). Mutagenic effect of inorganic compounds of silver and lead in the *Tradescantia*. *Genetika*, 28 (9), pp. 89–96. (Rus.)
26. Vasil'eva N.Ju. (2009). Evaluation of the ecological state of the environment with the use of microbial models : Avtoreferat dissertacii. Odessa, 24 p. (Ukr.)
27. Fonshtejn L.M., Aibilev S.K., Bobrinev E.V. (1985). Methods for detection of genotoxic activity of the primary pollutants from the environment by bacterial test systems. Moscow, pp. 32–35. (Rus.)
28. Zhuravleva A. N., Buharina I.L. (2010). Using seeds woody and herbaceous plants as test objects in urban soils phytoindication. *Bezopasnost' v tehnosfere. Izhevsk : Udmurtskij universitet*, 232 p. (Rus.)
29. Kireeva H.A., Miftahova A.M., Kuzjahmetov G.G. (2001). The growth and development of weeds in a man-made pollution of the soil. *Vestnik Bashkirskogo universiteta*, (1), pp. 32–34. (Rus.)
30. Kalaev V.N., Butorina A.K., Sheluhina O.Ju. (2006). Assessment of anthropogenic contamination of the area Sary Oskol on cytogenetic parameters drooping birch seed progeny. *Ekologicheskaja genetika*, 4 (2), pp. 9–21. (Rus.)
31. Blyayda I.A., Vasil'eva T.V. (2011). Modern biotechnological methods for processing industrial waste as a way to restore the ecosystem of recreational areas. *Prichornomors'kij Ekologichnij bjulleten'*, 3, pp. 121–123. (Rus.)
32. Dobrogorskij N.A., Safonov I.L., Mihalochenok D.Ja., Tolubec D.V. (2004). Evaluation of ash waste in thermal power plants as raw material for the production of building materials. *Naukovi praci Donec'kogo nacional'nogo tehničnogo universitetu*, 81, pp. 113–117. (Rus.)
33. Andreeva S.G. (2006). Hygienic estimation of ash waste generated by burning coal of Kansk-Achinskogo bassejna : Avtoreferat dissertacii. Kemerovo, 21 p. (Rus.)
34. Mjazina V.I. (2005). Ecological and technological evaluation of ash waste power plants in Eastern Transbaikalia : Avtoreferat dissertacii. Chita, 26 p. (Rus.)
35. Reutova N.V. (2008). Ecological and genetic and epidemiological characteristics of mountain areas of Central Caucasus, contaminated with heavy metals (for example, the Kabardino-Balkar Republic) : Avtoreferat dissertacii. Moscow, 24 p. (Rus.)
36. Azarova S.V., Jazikov E.G., Il'inskih N.N. (2004). Comparative evaluation of the toxicity of waste Education Department-producing enterprises using methods of cytogenetic and genetic analysis. *Aktual'nye problemy biologii, mediciny i ekologii*, 3, pp. 13–16. (Rus.)
37. Azarova S.V., Jazikov E.G., Il'inskih N.N. (2004). Genetic evaluation of the biological effects of waste mining enterprises of the Republic of Khakassia, using *Drosophila melanogaster*. *Aktual'nye problemy biologii, mediciny i ekologii*, 3, pp. 9–12. (Rus.)
38. Jazikov E.G., Hudjakov V.M., Azarova S.V. (2003). Dumps of mining operations (comprehensive assessment of toxicity of the example objects Republic of Khakassia). *Izvestija vuzov. Ser. Geologija i razvedka*, pp. 93–97. (Rus.)
39. Baranov V., Beshlej S., Vashhuk S., Beznosjuk S., Mikievich I., Fecko Z. (2011). Determination of toxicity of heavy metals and acidity on plants like rapeseed factors influencing soil substrates dumps. *Biologichni studii*, 5 (1), pp. 17–24. (Ukr.)

Received September 2, 2013