



Попович В.В.

**СНИЖЕНИЕ ТЕХНОГЕННОГО ПРЕССИНГА ПОЛИЭЛЕМЕНТНЫХ
АНОМАЛИЙ ДЕВАСТИРОВАННЫХ ЛАНДШАФТОВ ПУТЕМ
ФИТОМЕЛИОРАТИВНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ**

*Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности,
г. Львов, Украина, popovich2007@ukr.net*

На основании исследований радиационного фона окружающей среды, содержания тяжелых металлов в эдафотопках и растительности доказано, что свалки и терриконы угольных шахт приводят к повышению техногенной опасности в регионе. Исследовано видовое разнообразие, стадии зарастания, распределение особей в популяциях растительности девастированных ландшафтов. Анализ результатов исследований свидетельствует о необходимости создания системы защитных насаждений в пределах девастированных ландшафтов для улучшения экологического состояния техногенно перегруженного региона и повышения продуктивности нарушенных земель.

Ключевые слова: свалка, террикон, девастированный ландшафт, техногенный прессинг, стадия зарастания, индекс разнообразия, типология, фитомелиорация

Popovich V.V.

**PHYTOMELIORATIVE RECOVERY IN REDUCTION OF MULTI-ELEMENT
ANOMALIES' INFLUENCE OF DEVASTATED LANDSCAPES**

Lvov Life Safety State University, Lvov, Ukraine, popovich2007@ukr.net

Formation of soil anomalies in the operation area and the mine waste dumps results in an accumulation of heavy metals in plants, particularly if the physic-chemical properties of soil to facilitate the transition elements available to form them. We have proved that the individual organs of plants have a high capacity for accumulation of heavy metals, which allows us to recommend them for landscaping of dumps and heaps like plants, is actively contributing to the stabilization of technologically impaired environment under conditions of significant contamination.

It should be noted that an embodiment of the ecological stabilization of anthropogenic disturbed territory, on which the landfills and waste dumps of coal mines, is the introduction of individual plant micro associations that will be investigated in more detail in our further work on the technologically impaired phytomelioration territory.

Despite the fact that the overgrowth of dumps and heaps helps to improve the environmental situation, the number of pollutants, including heavy metals, hydrosphere and lithosphere remains high. This is due to the fact that the soil is able to deposit the contaminants and can be long-term source of secondary pollution.

We proved that that dumps and heaps of coal mines led to an increase of industrial hazard in the region based on the research of background radiation, heavy metals contamination in edaphotopes and vegetation. We also studied the species diversity, the stage of overgrowing, distribution of individuals in the vegetation communities in devastated landscapes. Analysis of our research results testified the necessity of protective trees shield within devastated landscapes to improve the ecological condition of industrial congested region and increasing the productivity of disturbed lands.

Keywords: landfill, waste heap, devastated landscape, human pressure, stage of overgrowing, diversity index, typology, phytomelioration

В пределах Западноукраинского лесостепного округа (Нововольнского горнопромышленного района) находится 24 террикона угольных шахт и 3 свалки объемом более 200 тыс. тонн. Для предотвращения возникновения опасных проявлений девастированных процессов необходимо рационально использовать природные ресурсы, проводить рекультивацию нарушенных земель, фильтрацию опасных выбросов в атмосферу, гидроизоляцию подземных и наземных вод. В то же время следует осуществлять системы мероприятий по защите почв от эрозии – поэтапное освоение земель, строительство водозадерживающих и водоотводных валов, водосбросных сооружений, террасирование, заложение и облесение, применение почвозащитных технологий выращивания сельскохозяйственных культур.

Первые упоминания о проведении рекультивационных работ на техногенно опасных объектах относятся к 1766-1794 годов – начале эксплуатации в Германии Рейнского бурогоугольного бассейна (Кучерявый В. А., 2006). В ведущих странах мира начало рекультивационных работ на техногенных ландшафтах осуществляется с 20-х годов XX века.

Наибольшего развития рекультивация, как технологическое направление, приобрела после окончания Второй Мировой войны в Польше, Российской Федерации, Великобритании, Германии, Чехии, США и др. (Старостка, 1974; Панас, 1989; Башуцкая, 2004; Кучерявый, 2006). Это объясняется, прежде всего тем, что государства с небольшими территориями, подвергшимися нарушению земель вследствие добычи полезных ископаемых, стремились вернуть их в рациональное использование.

Исследование растительных серийных группировок с целью оптимизации техногенно измененных ландшафтов на породных отвалах шахт имеет особое значение для человечества. Техногенно уничтоженная растительность на горных породах, вынесенных на земную поверхность при разработке недр в карьерно-отвальных урочищах, в основном воспроизводится естественно (формирующий сингенез) (Хлызина, 2008).

Фитомелиорация – одно из направлений прикладной экологии, которое заключается в исследовании, прогнозировании и использовании фитоценозов (природных и созданных человеком растительных систем) для улучшения



геофизических, геохимических, биотических, пространственных и эстетических характеристик окружающей человека среды, проектировании и создании искусственных растительных сообществ с высокими преобразующими физическую среду свойствами (Башуцкая, 2000; Кучерявый, 2003; Bobryk, 2015). В наше время проблемами фитомелиорации свалок, терриконов, отвалов в Украине очень активно занимаются ученые во главе с профессором В. А. Кучерявым.

По В. А. Кучерявому (2000), фитомелиоранты разделяют на три группы:

- 1) специальные, в которых фитомелиоративная функция имеет ведущее значение (парки, защитные полосы, лесопарки и т.д.);
- 2) производительные, в которых первое место отводится получению продукции, а фитомелиорация имеет второстепенное значение (леса, поля, луга, сады, виноградники и т.д.);
- 3) рудеральные (сорняки), которые спонтанно выполняют фитомелиоративные функции (свалки, отвалы, терриконы, хвостохранилища).

В случае свалок и терриконов мы имеем дело с рудеральными фитомелиорантами, рост и развитие которых необходимо регулировать.

Опасность техногенного загрязнения почв тяжелыми металлами заключается в том, что длительное время оно может не проявляться, и быть весомым фактором негативных трансформаций как почвы в целом, так и отдельных его компонентов (Пашковский и др, 2008; Kuzmishyna et al., 2015).). Таким образом исследования техногенной опасности свалок и терриконов угольных шахт в данном регионе является актуальной проблемой в связи с их пагубным влиянием на окружающую среду и живые организмы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Цель наших исследований – оценить техногенную опасность свалок и терриконов в пределах Западноукраинского лесостепного округа и выявить наиболее целесообразные методы ее снижения.

Объект исследований – свалки и терриконы угольных шахт. Предмет исследований – влияние эксплуатации техногенно опасных объектов на окружающую среду. Методы исследований – экологические, геоэкологические, геоботанические, фитоценологические, почвоведческие, лесоводственно-таксационные, биометрические, геоинформационные.

Для оценки техногенной опасности девастированных ландшафтов нами проводились исследования мощности эквивалентной дозы фотонного ионизирующего излучения, содержания тяжелых металлов в эдафотопе и растительности, а также особенности распространения видового состава растительности на их поверхности и в радиусах действия.

Мощность эквивалентной дозы фотонного ионизирующего излучения определяли с помощью экологического тестера окружающей среды «Soeks».

Тяжелые металлы в породах и растительных образцах определяли с помощью «Методических указаний по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства» (1992), а именно – подвижные формы меди, цинка, кобальта определяли методом Ринькиса, свинца, кадмия – атомно-абсорбционных методом.

Рост и развитие насаждений на техногенных отвалах определяли по лесоводственно-таксационной методике Н. П. Анучина (1982). Пробные площади закладывали на затухающих терриконах с естественным зарастанием «Шахта №2 Нововолынская», «Шахта №6 Нововолынская», «Шахта №9 Нововолынская» и на искусственно облесенных терриконах – «Шахта №2 Нововолынская», «Шахта №3 Нововолынская» и «Шахта №8 Нововолынская».

Ежегодно шахты г. Нововолынск выбрасывают на поверхность почти 200 тыс. тонн породы. Разработка угольных месторождений сопровождается существенными изменениями геологической среды, обусловленными перемещениями значительного количества массивов горных пород.

На поверхность поступают уголь, отвальная масса, подземные воды. Всего на породных отвалах (терриконах) накоплено более 32 млн. тонн шахтной породы. В состав данной породы входит большое количество минеральных и химических веществ, которые в некоторых случаях самовозгораются. Анализ экологических паспортов предприятий оказал, что все исследуемые объекты являются техногенно опасными (табл. 1).

Для исследования содержания тяжелых металлов в растительных образцах были выбраны три наиболее характерных виды растений местности, которые возникли вследствие естественного зарастания (*Daucus carota* L., *Populus tremula* L., *Robinia pseudoacacia* L.) и одно культурное растение (*Cucurbita pepo* L.). Значительный опыт культивирования на отвалах плодовых видов, а именно - абрикоса (*Armeniaca vulgaris* Lam.), смородины (*Ribes lucidum* Kit.), облепихи (*Hippophaë rhamnoides* L.) принадлежит специалистам агрохимической службы «Хакасская», принадлежащий Черногорской угольной компании (Республика Хакасия). Урожайность растительности на отвалах превысила показатели урожайности в дикой природе.

Наши полевые опыты проводили в соответствии с существующими методиками полевых исследований (соблюдение трехразовой повторности) по вариантам. Фоновое выращивание тыквы обыкновенной (*Cucurbita pepo* L.) проводили на идентичных почвах опытных полей Львовского национального аграрного университета. Опыты проводились в течение трех лет.



Таблица 1. Характеристика свалок и шахт в пределах Нововолынского горнопромышленного района

| | Название объекта | Состояние эксплуатации | Место сброса сточных вод | Масса отвалов, тыс. тонн |
|-----|---|------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|
| 1. | Сокальская городская свалка | Действующая | р. Западный Буг | 214 |
| 2. | Червоноградская городская свалка | Действующая | р. Западный Буг | 236 |
| 3. | Рава-Русская городская свалка | Действующая | р. Западный Буг | 200 |
| 4. | ГОАС "Шахта №1" объединения "Волиньуголь" | Действующая | р. Западный Буг | 1103 |
| 5. | ГП Шахта "Бужанская" объединения "Волиньуголь" | Действующая | р. Западный Буг | 343 |
| 6. | ГП «Шахта №5» объединения "Волиньуголь" | Действующая | р. Студянка (бассейн р. Западный Буг) | 10986 |
| 7. | ГП «Шахта №9» объединения "Волиньуголь" | Действующая | р. Западный Буг | 65,5 |
| 8. | ГП «Шахта №10» Западно Украинской угольной холдинговой компании "Укрзападуголь" | Шахта в стадии строительства | р. Западный Буг | - |
| 9. | ГП «Шахта №2» Западно-Украинской дирекции по ликвидации шахт | Шахта ликвидируется | - | 2633 |
| 10. | ГП «Шахта №3» Западно-Украинской дирекции по ликвидации шахт | Шахта ликвидируется | - | 2847 |
| 11. | ГП «Шахта №4» Западно-Украинской дирекции по ликвидации шахт | Шахта ликвидируется | - | 2491 |
| 12. | ГП «Шахта №6» Западно-Украинской дирекции по ликвидации шахт | Шахта ликвидируется | - | 4468 |
| 13. | ГП «Шахта №7» Западно-Украинской дирекции по ликвидации шахт | Шахта ликвидируется | - | 2243 |
| 14. | ГП «Шахта №8» Западно-Украинской дирекции по ликвидации шахт | Шахта ликвидируется | - | 4820 |

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ радиационного фона показал, что мощность эквивалентной дозы (МЭД) фотонного ионизирующего излучения в местах Львовско-Волынского угольного бассейна на отдельных участках превышает среднее значение (0,11 мкЗв/ч) и равно 0,25 мкЗв/ч (табл. 2). Допустимая доза радиационного фона составляет 0,3 мкЗв/ч.

Таблица 2. МЭД в городах Львовско-Волынского угольного бассейна (мкЗв/ч)

| Город | Проба 1 | Проба 2 | Проба 3 | Среднее значение |
|--------------|---------|---------|---------|------------------|
| Львов | 0,11 | 0,12 | 0,10 | 0,11 |
| Червоноград | 0,25 | 0,13 | 0,20 | 0,19 |
| Сокаль | 0,09 | 0,11 | 0,13 | 0,11 |
| Нововолыньск | 0,14 | 0,11 | 0,13 | 0,13 |

На свалках исследуемого региона мощность эквивалентной дозы превышает показатели в городах и допустимые нормы в целом (табл. 3).

Таблица 3. МЭД на свалках (мкЗв/ч)

| Свалка | Север | Юг | Запад | Восток | Среднее значение |
|-----------------|-------|------|-------|--------|------------------|
| Сокальская | 0,16 | 0,25 | 0,18 | 0,18 | 0,19 |
| Червоноградская | 0,18 | 0,33 | 0,18 | 0,20 | 0,22 |
| Рава-Русская | 0,17 | 0,21 | 0,18 | 0,17 | 0,18 |

Измерение мощности эквивалентной дозы фотонного ионизирующего излучения на терриконе проводится на трех уровнях – подножии, середине и вершине. На уровне 15 м от подножия террикона мощность излучения значительно больше, чем на других участках (табл. 4).



Таблица 4. МЭД на затухающем террикоме «Шахты №9» (мкЗв/ч)

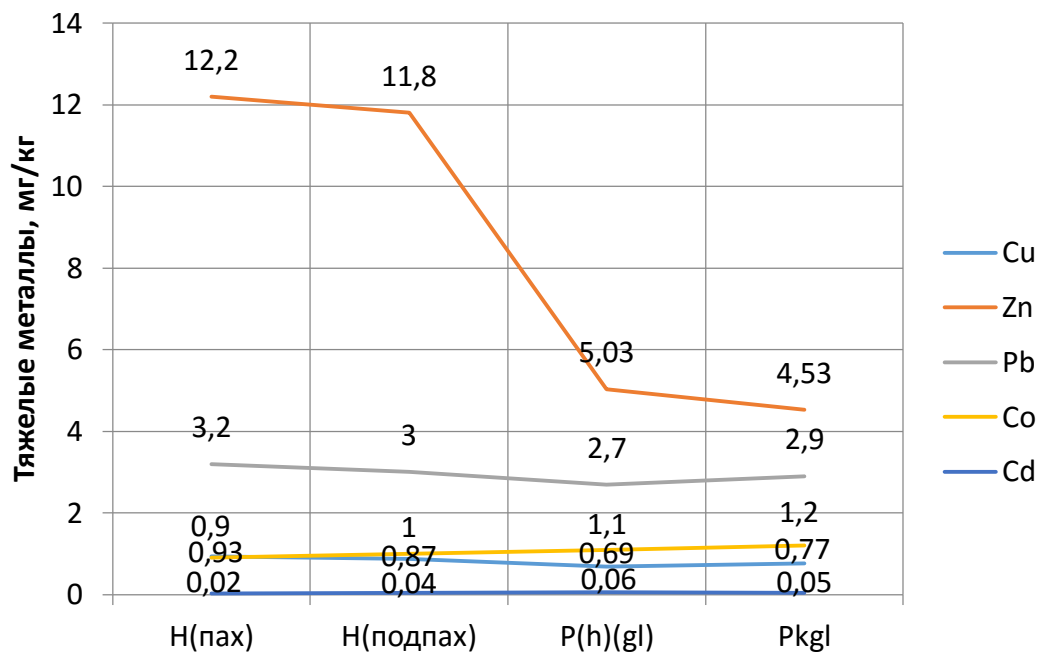
| Сторона горизонта | | | | | Среднее значение |
|----------------------|-------|------|-------|--------|---------------------|
| | Север | Юг | Запад | Восток | |
| Уровень отвала, м | | | | | |
| 0 | 0,14 | 0,15 | 0,13 | 0,14 | 0,14 |
| 15 | 0,14 | 0,34 | 0,18 | 0,16 | 0,21 |
| 59,8 | 0,09 | 0,11 | 0,12 | 0,11 | 0,11 |

В результате проведенных измерений фотонного ионизирующего излучения на свалках и отвалах угольных шахт в местах Западноукраинского лесостепного округа, установлено, что в городах, которых осуществляется добыча угля (г. Червоноград, г. Нововолыньск), мощность эквивалентной дозы фотонного ионизирующего излучения выше, чем в других местах; на отдельных участках свалок и отвалов шахт излучения превысило допустимую норму и составило 0,34-0,41 мкЗв/ч.

С целью изучения влияния сланцев терриконов на формирование профиля почв региона были заложены грунтовые разрезы, из которых были отобраны смешанные образцы почвы по генетическим горизонтам и проведены их химические анализы.

В состав грунтов входят лугово-болотные и дерновые почвы. Так, при описании лугово-болотного (разрез №1), нами определено, что почва - гумусная на значительную глубину (до 80 см), содержание общего гумуса на этой глубине - 1,75%, а на глубине 102 см содержание его снижается до 0,36 %. Распределение количества гумуса по профилю почвы постепенный. Реакция почвенной среды слабо-кислая, которая с глубиной переходит в близкую к нейтральной (рН = 5,5-6,7). Гидролитическая кислотность низкая. Почвы насыщенные основаниями, с глубиной показатель насыщенности возрастает до полной насыщенности в переходном горизонте (на глубине 80 см составляет 96,81%). По гранулометрическому составу это супесчаные почвы, однако с глубиной переходят в средне суглинистые. На глубине 80 см содержание физической глины составляет 35,6%. Материнская порода (глубина более 100 см) супесчаная, содержание физической глины составляет 19,08%. Почва образована на оглеенной породе, которая выступает в виде сизых примазок с включениями марганца.

Проведенные лабораторные определения содержания тяжелых металлов в подвижной форме показали, что в этих почвах содержание металлов не превышает предельно допустимые концентрации (ПДК), за исключением свинца, количество которого по всему профилю почвы выше нормы (Рис. 1).



Название генетического горизонта лугово-болотной почвы

Рис. 1. Содержание тяжелых металлов в лугово-болотной почве

Содержание такого сильного поллютанта как кадмий в этих почвах на один порядок меньше принятых норм. Распределение содержания подвижных форм тяжелых металлов по профилю исследуемых почв проявляется в постепенном уменьшении с глубиной. Наибольшее содержание металлов обнаружено в гумусовом горизонте, кроме кобальта и кадмия, в связи с тем, что при уменьшении гумуса с глубиной происходит рост их количества (Попович, 2014).

Проведенные исследования дерновой почвы (разрез №2), которая сформировалась в условиях меньшего увлажнения территории, показали, что она имеет несколько другие физико-химические показатели, поскольку образовалась такая почва на легкосуглинковых лессовидных суглинках. В связи с этим, органических веществ она содержит меньше, чем щелочно-болотный грунт. С глубиной количество гумуса резко снижается, реакция среды близка к нейтральной (рН солевое = 6,4), гидролитическая кислотность очень низкая, что подтверждает нейтральную реакцию этих почв. Дерновые почвы территории имеют полную насыщенность основаниями (91,21%). Содержание физической

глины на глубине 20 см составляет 20,88%, с глубиной (первый переходный горизонт) содержание физической глины составляет 33,72%.

Почвообразовательная порода оглеенная, угольная (высокое содержание CaCO_3). Показатели физико-химических свойств почвы подтверждают загрязненность ее выбросами отходов, формирующихся при добыче угля.

Относительно подвижных форм тяжелых металлов, то здесь, как и в лугово-болотном грунте, не обнаружено повышение содержания тяжелых металлов, кроме свинца (Рис. 2).

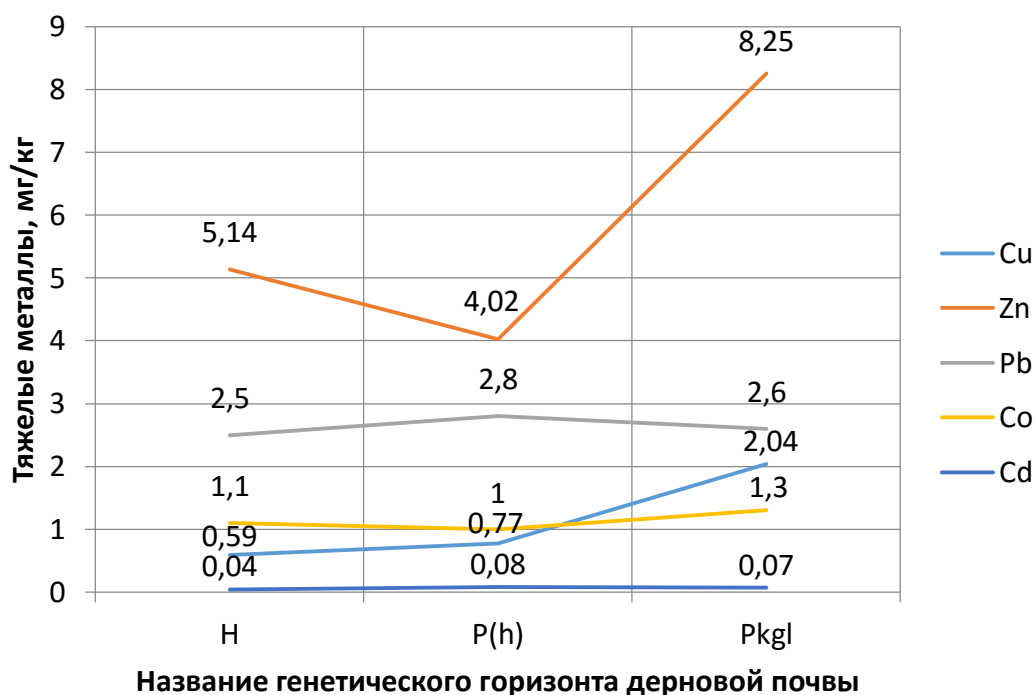
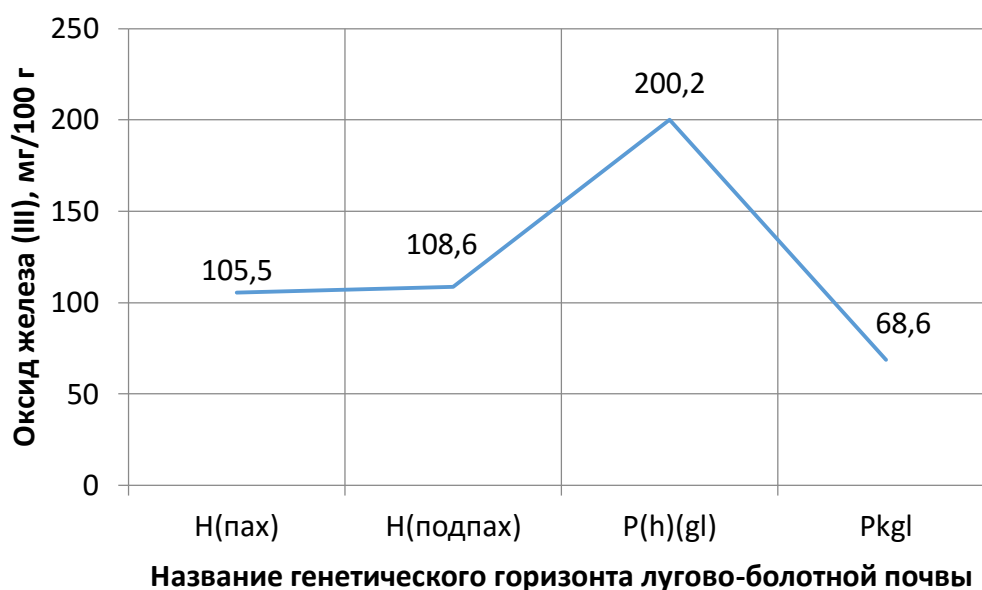


Рис. 2. Содержание тяжелых металлов в дерновой почве

Проявляется тенденция к росту количества свинца в верхнем гумусном горизонте – 0,5 мг/кг. Вглубь по профилю дерновой почвы этот рост становится несколько выше – до 1 мг/кг. Данный рост объясняется уменьшением оглеенности нижних горизонтов дерновых почв. Так, на глубине более 60 см количество свинца снова уменьшается с появлением глеевых процессов в условиях подтопления почвы (Попович, 2014).

В исследуемых почвах значение содержания оксидов железа увеличено в средних (элювиальных) горизонтах и уменьшается при приближении к материнской породе (Рис. 3). Это объясняется тем, что в исследуемых почвах происходит подзолистый процесс (разрушение алюмосиликатов и перемещения их продуктов в нижние горизонты).



а) лугово-болотная почва;



б) дерновая почва;

Рис. 3. Содержание оксидов железа в исследуемых горизонтах

Также нами была исследована отвальная порода, которая была поднята из недр на поверхность. Эту породу называют литоземом, то есть это техногенная порода без насыпного почвенного слоя (Снитынский, Якобенчук, 2006). Анализ



перегоревшей черной породы террикона, которая была поднята с углем на поверхность из «Шахты №2 Нововолынская», «Шахты №6 Нововолынская», «Шахты №9 Нововолынская» показал, что ее гранулометрический состав варьирует от супесчаного до глинистого, содержит от 2,36% до 9,96% органических веществ.

Для породы характерна очень сильно кислая реакция (рН 2,5-3,8), высокая гидролитическая кислотность, низкая степень насыщенности основаниями. Почва, которая имеет значительную гидролитическую кислотность, отрицательно влияет на рост и развитие многих растений.

Для того, чтобы создать благоприятные условия для развития растений в такой почве необходимо изменить ее кислотность.

Анализ различных пород по окраске показал, что все они содержат мало подвижных форм тяжелых металлов, за исключением свинца, где наибольшее содержание последнего обнаружено в красной породе – почти вдвое больше остальных (табл. 5). Красная порода также характеризуется высоким содержанием окислов железа (в 3 раза больше, чем в других породах).

Таблица 5. Содержание тяжелых металлов в отвальной породе

| Глубина отбора пробы, см | Тип породы | Органические вещества (неизвестного происхождения), % | Fe ₂ O ₃ , | Cu, | Zn, | Pb, | Co, | Cd, |
|--------------------------|---------------------------------|---|----------------------------------|------|------|------|------|------|
| | | | мг/10 г | мг/г | мг/г | мг/г | мг/г | мг/г |
| 0-10 10 | черная порода | 8,39 | 143,0 | 0,49 | 6,51 | 2,4 | 1,5 | 0,09 |
| 0-10 10 | красная порода | 9,01 | 486,2 | 2,41 | 4,90 | 3,7 | 2,8 | 0,16 |
| 0-10 10 | серая порода (в местах горения) | 8,50 | 125,8 | 1,11 | 4,22 | 2,0 | 1,4 | 0,08 |
| | ПДК | - | - | 3 | 23 | 2 | 5 | 0,7 |

Содержание тяжелых металлов в эдафотобах исследуемых свалок приведены в табл. 6.

Таблица 6. Содержание тяжелых металлов в эдафотопках свалок

| Глубина отбора пробы, см | Свалка | Место отбора | Cu, мг/кг | Zn, мг/кг | Pb, мг/кг | Co, мг/кг | Cd, мг/кг |
|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 0-10/10 | Сокальская | поверхность | 4,35 | 34,6 | 6,1 | 0,32 | 0,47 |
| 0-10/10 | Сокальская | поверхность, юг | 5,20 | 34,9 | 8,8 | 0,35 | 0,53 |
| 0-10/10 | Сокальская | склон, юг | 2,10 | 13,9 | 2,5 | 0,37 | 0,39 |
| 0-10/10 | Сокальская | склон, юг | 3,30 | 26,8 | 1,5 | 0,39 | 0,40 |
| 0-10/10 | Сокальская | 50 м на юг | 1,20 | 17,9 | 3,8 | 0,30 | 0,41 |
| 0-10/10 | Червоноградская | 10 м на юг | 0,68 | 0,51 | 2,3 | 0,33 | 0,24 |
| 0-10/10 | Червоноградская | 20 м на юг | 0,72 | 0,42 | 1,5 | 0,20 | 0,19 |
| 0-10/10 | Червоноградская | 30 м на юг | 0,48 | 2,41 | 1,7 | 0,37 | 0,16 |
| 0-10/10 | Червоноградская | 10 м на вост. | 0,60 | 3,61 | 2,0 | 0,31 | 0,12 |
| 0-10/10 | Червоноградская | 5 м на вост. | 0,63 | 1,50 | 1,7 | 0,47 | 0,29 |
| 0-10/10 | Рава-Руская | склон, север | 3,10 | 35,4 | 2,5 | 0,22 | 0,74 |
| 0-10/10 | Рава-Руская | склон, юг | 0,92 | 32,6 | 5,2 | 0,32 | 0,54 |
| 0-10/10 | Рава-Руская | склон, юг | 2,78 | 32,4 | 2,6 | 0,58 | 0,34 |
| 0-10/10 | Рава-Руская | 100 м на север | 2,74 | 7,9 | 1,3 | 0,14 | 0,09 |
| 0-10/10 | Рава-Руская | 500 м на север | 0,43 | 6,5 | 7,4 | 0,43 | 0,55 |
| | ПДК | - | 3 | 23 | 2 | 5 | 0,7 |

Таким образом, эдафотопы свалок проявляют тенденцию к накоплению тяжёлых металлов (табл. 7).

Таблица 7. Содержание тяжелых металлов в органах исследуемой растительности

| Органы растений | Cu | Cd | Pb | Zn | Mn | Co |
|---|------|-------|-----|------|------|-----|
| <i>Populus tremula</i> L. | 5,9 | 0,05 | 1,8 | 32,7 | 80,3 | 0,7 |
| <i>Daucus carota</i> L. (корень + стебель + цветок) | 5,7 | 0,04 | 1,9 | 45,4 | 22,0 | 0,9 |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> L. (ветки) | 10,2 | 0,04 | 2 | 34,1 | 16,7 | 0,8 |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> L. (листья) | 4,9 | 0,1 | 3,3 | 22,1 | 28,5 | 1,1 |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> L. (плоды) | 5,9 | 0,02 | 1,4 | 30,8 | 13,9 | 0,7 |
| <i>Cucurbita pepo</i> L. (цветок и листок) | 7,5 | 0,11 | 3,0 | 65,8 | 43,1 | 1,2 |
| <i>Cucurbita pepo</i> L. (кожура плода) | 5,6 | 0,06 | 1,8 | 26,2 | 14,1 | 0,9 |
| <i>Cucurbita pepo</i> L. (плод) | 2,9 | 0,06 | 1,5 | 10,9 | 5,4 | 1,0 |
| <i>Cucurbita pepo</i> L. (семена) | 5,9 | 0,03 | 2,1 | 26,3 | 12,4 | 0,7 |
| ПДК | 5 | 0,003 | 0,5 | 10 | 20 | 1 |

В результате исследований выявлено, что больше цинка накапливает культурный вид *Cucurbita pepo* L., а именно – цветок и листья. Содержание цинка в цветке и листьях превышает в 6,5 раза предельно допустимую концентрацию (ПДК). Также отмечается наибольшее содержание кадмия среди всех исследуемых образцов растительности – более чем в 36 раз. Эти органы растения имеют один из самых высоких показателей накопления меди (7,5 мг/кг), свинца (3,0 мг/кг), кобальта (1,2 мг/кг).

Все исследуемые органы культурного растения имеют повышенное содержание тяжелых металлов, однако, меньшее количество их в коже плода и самом плоде, наибольшая – в цветке, листке и семенах.

Больше всех марганца, среди исследуемых растений, накапливает *Populus tremula* L. – 80,3 мг/кг, что в 4 раза больше ПДК и в 3,2 раза больше цинка (32,7 мг/кг). Высокое содержание свинца (1,9 мг/кг), цинка (45,4 мг/кг) и марганца (22,0 мг/кг) зафиксировано в органах *Daucus carota* L.

Среди растений природного происхождения наибольшее содержание кадмия (0,1 мг/кг), свинца (3,3 мг/кг), кобальта (1,1 мг/кг) обнаружено в листьях *Robinia pseudoacacia* L. Все органы этого растения проявили тенденцию к накоплению тяжелых металлов (Попович, 2014).

Анализ видового состава на разных стадиях зарастания нерекультивированных терриконов позволил выявить следующую закономерность: на первой стадии зарастания видовое богатство терриконов очень низкое и, как обычно, это рудеральные виды. На более поздних стадиях количество видов растет и снижается процент сорняков (табл. 8).

Таблица 8. Стадии зарастания затухающих терриконов (ассоциации)

| Пионерная стадия | Простой фитоценоз | Сложный фитоценоз |
|--|--|---|
| Проективное покрытие 35-45% | Проективное покрытие 70-75% | Проективное покрытие 90-95% |
| Ассоциация <i>Artemisia absinthium</i> <i>Tussilago farfara</i> <i>Taraxacum officinale</i> <i>Plantago lanceolata</i> | <i>Artemisia absinthium</i> + <i>Tussilago farfara</i> + <i>Taraxacum officinale</i> + <i>Plantago lanceolata</i> + <i>Cirsium arvense</i> + <i>Chamomilla suaveolens</i> + <i>Trifolium campestre</i> | <i>Artemisia absinthium</i> + <i>Tussilago farfara</i> + <i>Arctium lappa</i> + <i>Trifolium pratense</i> + <i>Calamagrostis epigeios</i> + <i>Cirsium arvense</i> + <i>Artemisia vulgaris</i> + <i>Cirsium arvense</i> + <i>Plantago major</i> + <i>Atriplex patula</i> + <i>Daucus carota</i> |

Как известно, распределение растительных особей в популяции может быть: случайным (спонтанным), равномерным или неравномерным (групповым) (Работнов, 1992).

На свалках и терриконах на разных стадиях отдельные виды вступают в агрегации (скопление особей), то есть ярко выраженное групповое расположение особей в популяции. На пионерной стадии зарастания затухающих терриконов агрегированием отмечается *Plantago lanceolata*; в простом фитоценозе – *Artemisia absinthium*, *Plantago lanceolata*, *Trifolium campestre*; в сложном фитоценозе – *Artemisia vulgaris*, *Arctium lappa*, *Trifolium pratense*, *Calamagrostis epigeios*, *Daucus carota*.

Равномерное распределение присуще культурфитоценозам на рекультивированных терриконах, в частности с участием *Robinia pseudoacacia*. Случайное распределение присуще значительной численности популяций, в частности – *Tussilago farfara*, *Chamomilla suaveolens*, *Taraxacum officinale*. Степень агрегации зависит от характера условий местонахождения, погодных и других физических факторов, характера размножения вида и его «толерантности». Агрегация усиливает конкуренцию между особями за питательные вещества и жизненное пространство (сложный фитоценоз на затухающих терриконах).



Однако, этот негативный показатель агрегации является положительным, так как способствует выживанию группы в целом (Кучерявый, 2000).

Для изучения видового разнообразия терриконов угольных шахт Нововолынского горнопромышленного региона воспользовались индексом разнообразия (Уиттекер, 1980):

$$D=S/(\lg N), (1)$$

Где: D – индекс разнообразия; S – количество видов в описании на площадке стандартного размера; N – общее количество особей в описании.

Данные для индекса разнообразия были отобраны на вершине нерекультивированных терриконов с помощью метода видовых участков площадью 1 м² (Кучерявый, 2003). Всего исследовано 5 пробных участков, на которых отмечены 12 видов общим количеством 313 особей. В табл. 9 приведено количество видов на пробных площадях терриконов.

Таблица 9. Количество видов (шт.) на исследуемых участках (площадь 1 м²)

| № п/п | Вид | Пробная площадь, № | | | | |
|-------|--|--------------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1. | <i>Rubus caesius</i> L. | - | 10 | - | - | 3 |
| 2. | <i>Tussilago farfara</i> L. | 7 | 12 | 14 | 11 | - |
| 3. | <i>Sanguisorba officinalis</i> L. | - | - | - | - | 20 |
| 4. | <i>Equisetum arvense</i> L. | - | - | - | 6 | 6 |
| 5. | <i>Trifolium campestre</i> Schreb. | - | - | - | - | 11 |
| 6. | <i>Carex pilosa</i> Scop. | - | 2 | 12 | 9 | - |
| 7. | <i>Atriplex patula</i> L. | - | - | - | - | 10 |
| 8. | <i>Artemisia vulgaris</i> L. | - | 7 | 3 | 12 | 38 |
| 9. | <i>Artemisia absinthium</i> L. | 6 | - | 6 | 14 | 15 |
| 10. | <i>Chenopodium album</i> L. | - | - | 16 | 14 | - |
| 11. | <i>Taraxacum officinale</i> Webb. ex Wigg. | 8 | 8 | 9 | 15 | 9 |
| | Всего | 21 | 39 | 60 | 81 | 112 |

Для пробной площади №1 индекс разнообразия равен 2,27, для пробной площади №2 - 3,14; для пробной площади №3 - 3,37; для пробной площади №4 - 3,7; для пробной площади №5 - 4. Общий индекс разнообразия для этих площадей составил 4,8. Исходя из анализа значений индекса разнообразия, мы полагаем, что для увеличения видового богатства необходимо внедрять рекультивационные и фитомелиоративные мероприятия.

Установленная нами значимость отдельных организмов в группировках показана на Рис. 4.

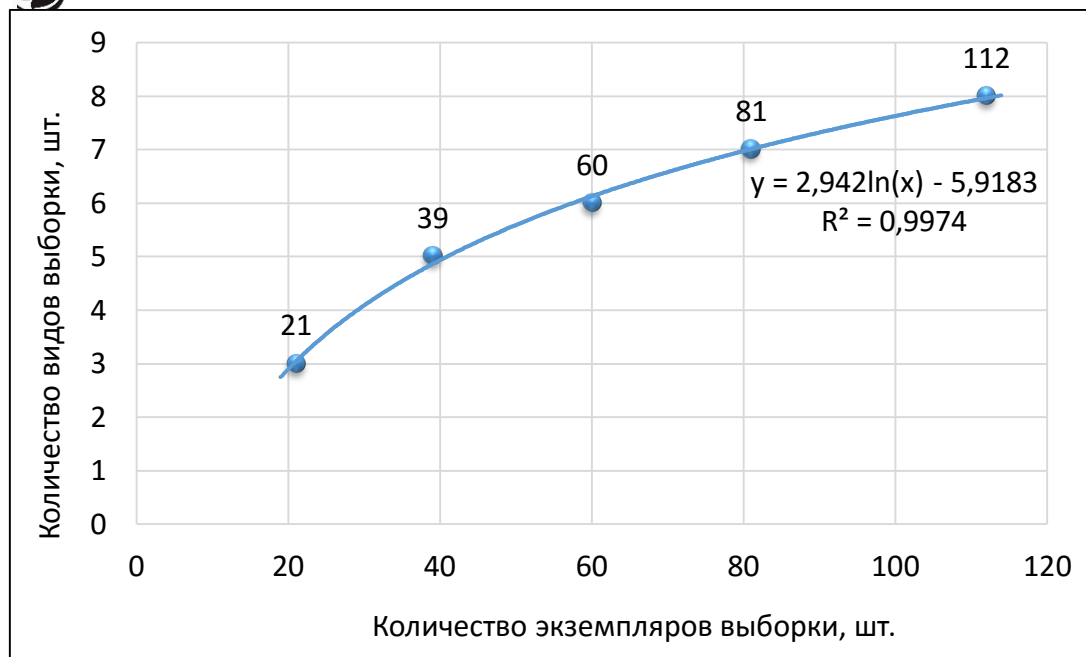


Рис. 4. Зависимость видового богатства и численности отдельных организмов в группировках на затухающих терриконах

Рекогносцировочные исследования свалок и терриконов угольных шахт, а также анализ содержания тяжелых металлов в эдафотопе, растительности, измерения радиационного фона, позволили типизировать данные объекты по состоянию эксплуатации, степени зарастивания и в зависимости от этого сделать вывод об их техногенной опасности.

Исследуемые объекты разделены на две группы – действующие и закрытые. В свою очередь, действующие свалки и терриконы распределены на горящие, тлеющие, не горящие. Закрытые свалки и терриконы распределены на затухающие, нерекультивированные и рекультивированные (рис. 5).

Наибольшей техногенной опасностью характеризуются действующие свалки и терриконы. Наименьшей – закрытые (рекультивированные). При типизации свалок и терриконов учитывался такой показатель как проективное укрытие поверхности растительными сообществами. Отсутствует растительность на свалках и терриконах, которые подвергаются горению. Пионерная стадия присуща тлеющим, не горящим, затухающим свалкам и терриконам. Простой фитоценоз наблюдается на нерекультивированных свалках и терриконах, где не наблюдаются процессы горения. Сложный фитоценоз присущ свалкам и терриконам, где проводилась рекультивация и искусственная фитомелиорация.

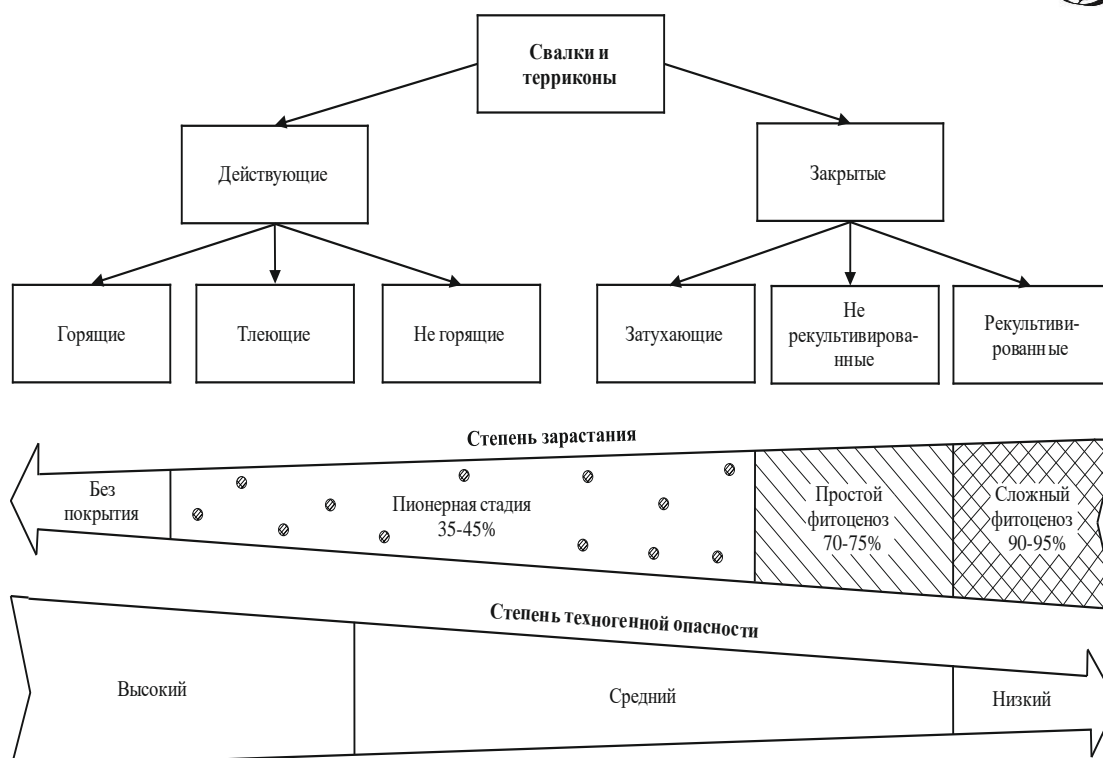


Рис. 5. Типология свалок и терриконов по степени техногенной опасности

Выводы

Формирование почвенных полиэлементных аномалий в зоне функционирования свалок и шахт приводит к накоплению тяжелых металлов в растениях, особенно, если физико-химические свойства почв способствуют переходу элементов в доступную для них форму. Нами доказано, что отдельные органы растений имеют высокую способность к аккумуляции тяжелых металлов, что позволяет нам рекомендовать их для озеленения свалок и терриконов как растений, активно способствующих стабилизации техногенно нарушенной окружающей среды в условиях значительного загрязнения.

Следует отметить, что одним из вариантов осуществления экологической стабилизации техногенно нарушенной территории, на которой расположены свалки и породные отвалы угольных шахт, является внедрение отдельных растительных микроассоциаций, что более детально будет исследовано нами в дальнейших работах по фитомелиорации техногенно нарушенной территории.

Несмотря на то, что зарастание свалок и терриконов способствует улучшению экологической обстановки, количество загрязняющих веществ, в том числе тяжелых металлов, в гидросфере и литосфере остается достаточно

высоким. Это объясняется тем, что почва обладает способностью депонировать загрязняющие вещества и может быть длительное время вторичным источником загрязнения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анучин Н. П. Лесная таксация. - М., 1982. - 552 с.
2. Башуцкая У. Б. Антропогенно-природные сукцессии растительности деградированных ландшафтов Червоноградского горнопромышленного района: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. - Львов. - 2004. - 17 с.
3. Башуцкая У. Б. Озеленение терриконов Львовско-Волынского угольного бассейна // Вестник УкрДЛТУ. 2000. - Вып. 10.2. - С. 61-63.
4. Кучерявый В. А. Экология. - Львов, 2000. - 500 с.
5. Кучерявый В. А., Генык Я. В., Дыда А. П., Колодко М. М. Рекультивация и фитомелиорация. Львов, 2006. - 116 с.
6. Кучерявый В. А. Фитомелиорация. - Львов, 2003. - 540 с.
7. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства // ЦИНАО. - М. - 1992. - 61 с.
8. Панас Р. Н. Агрэкологические основы рекультивации земель. - Львов, 1989. - 158 с.
9. Пашковский П. С., Греков С. П., Зинченко И. Н., Головченко Е. А. Процессы образования и выделения вредных веществ при горении породных отвалов // Техногенная безопасность. Теория, практика, инновации: сб. тезисов Междунар. научно-практической. конф. - Львов. - 2008. - С. 196-198.
10. Попович В. В. Фитомелиорация затухающих терриконов Львовско-Волынского угольного бассейна. Монография. - Львов, 2014. - 174 с.
11. Пурим В. Р. Бытовые отходы. Теория горения. Обезвреживание. Топливо для энергетики - М. - 2002. - 112 с.
12. Работнов Т.А. Фитоценология. - М., 1992. - 352 с.
13. Снитынский В. В., Якобенчук В. Ф. Почвоведение с основами агрохимии и геоботаники. - Львов, 2006. - 312 с.
14. Старостка В. С. Эффективность некоторых приемов рекультивации угодий после горно-химических разработок в условиях Львовской области : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. - Дубляны, 1974. - 19 с.
15. Уиттекер Р. Сообщества и экосистемы. - М., 1980. - 328 с.
16. Хлызина Н. В. Сукцессионного системы на субстратах горных пород карьерно-отвальных урочищ Кривбасса // Почвоведение. - 2008. - № 1-2, Т. 9. - С. 79-86.
17. Bobryk, N. (2015). Poshyrennja ta akumuljacija vazhkyh metaliv u g'runtah pryزالiznychnyh terytorij [Spreading and accumulation of heavy metals in soils of railway-side areas]. Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology, Ecology, 23(2), 183-189 (in Ukrainian). doi: 10.15421/011526.



18. Kuzmishyna, S. V., Hnatush, S. O., & Halushka, A. A. (2015). Mikrobiota porodnyh vidvaliv vugil'nyh shaht Chervonograds'kogo girnychopromyslovogo rajonu za vnesennja zoly [Microbiota of coal pit waste heaps of Chervonograd Mining Region after coal ash application]. *Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology, Ecology*, 23(1), 33-38 (in Ukrainian). doi: 10.15421/011506.

REFERENCES

- Anuchin, N.P. (1982). *Lesnaja taksacija*. Moscow. (in Russian).
- Bashuckaja, U.B. (2000). Ozelenenie terrikonov L'vovsko-Volynskogo ugol'nogo bassejna. *Vestnik UkrDLTU*. 10(2), 61-63. (in Russian).
- Bashuckaja, U.B. (2004). *Antropogenno-prirodnye sukcesii rastitel'nosti devastirovannyh landshaftov Chervonogradskogo gornopromyshlennogo rajona*. Thesis of Doctoral Dissertation. L'vov. (in Russian).
- Bobryk, N. (2015). Poshyrennja ta akumuljacija vazhkyh metaliv u g'runtah pryزالiznychnyh terytorij [Spreading and accumulation of heavy metals in soils of railway-side areas]. *Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology, Ecology*, 23(2), 183-189 (in Ukrainian). doi: 10.15421/011526.
- Hlyzina, N.V. (2008). Sukcessionnogo sistemy na substratah gornyh porod kar'erno-otval'nyh urochishh Krivbassa. *Pochvovedenie*. 1-2 (9), 79-86. (in Russian).
- Kucherjavjy, V.A. (2000). *Ecology*. L'vov. (in Ukrainian)
- Kucherjavjy, V.A. (2003). *Fitomelioracija*. L'vov. (in Ukrainian)
- Kucherjavjy, V.A., Genyk, Ja.V., Dyda, A.P., Kolodko, M.M. (2006). *Rekul'tivacija i fitomelioracija*. L'vov.



Metodicheskie ukazaniya po opredeleniju tjazhelyh metallov v pochvah

sel'hozogodij i produkcii rastenievodstva. (1992). Moscow. CINAO. (in Russian).

Kuzmishyna, S. V., Hnatush, S. O., & Halushka, A. A. (2015). Mikrobiota porodnyh vidvaliv vugil'nyh shaht Chervonograds'kogo girnychopromyslovogo rajonu za vnesennja zoly [Microbiota of coal pit waste heaps of Chervonograd Mining Region after coal ash application]. *Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology, Ecology*, 23(1), 33-38 (in Ukrainian). doi: 10.15421/011506.

Panas, R.N. (1989). *Agrojekologicheskie osnovy rekul'tivacii zemel'*. L'vov. (in Russian).

Pashkovskij, P.S., Grekov, S.P., Zinchenko, I.N., Golovchenko, E.A. (2008). *Processy obrazovaniya i vydeleniya vrednyh veshhestv pri gorenii porodnyh otvalov. Tehnogennejazha bezopasnost'. Teorija, praktika, innovacii*. Proceed. Intern. Conf. L'vov. (in Russian).

Popovich, V.V. (2014). *Fitomelioracija zatuhajushhijh terrikonov L'vovsko-Volynskogo ugol'nogo bassejna*. Monografija. L'vov. (in Russian).

Purim, V.R. (2002). *Bytovye othody. Teorija gorenija. Obezvrezhivanie. Toplivo dlja jenergetiki*. Moscow.

Rabotnov, T.A. (1992). *Fitocenologija*. Moscow. (in Russian).

Snitynskij, V.V., Jakobenchuk, V.F. (2006). *Pochvovedenie s osnovami agrohimii i geobotaniki*. L'vov. (in Russian).



Starostka, V.S. (1974). Jeffektivnost' nekotoryh priemov rekul'tivacii ugodij posle gorno-himicheskikh razrabotok v uslovijah L'vovskoj oblasti. Thesis of Doctoral Dissertation. Dubliany. (in Russian).

Whittaker, R. (1980). Soobshhestva i jekosistemy. Moscow. (in Russian).

Поступила в редакцию 12.01.2015

Как цитировать:

Popovich, V.V. (2016). Phytomeliorative recovery in reduction of multi-element anomalies' influence of devastated landscapes. Biological Bulletin of Bogdan Chmel'nitskiy Melitopol State Pedagogical University, 6 (1), 94-114.

crossref <http://dx.doi.org/10.15421/201606>

© Попович, 2016

Users are permitted to copy, use, distribute, transmit, and display the work publicly and to make and distribute derivative works, in any digital medium for any responsible purpose, subject to proper attribution of authorship.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 3.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/)