



УДК 620+613.11:631.8

А. В. ГОЛТВЯНСКИЙ, канд. биол. наук, старший научный сотрудник

Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина

С. А. ГАЛИЧ, аспирант

Институт проблем машиностроения НАН Украины, г. Харьков

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ЗОЛОШЛАКА ЗМИЕВСКОЙ ТЭС НА РОСТ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

Проведено исследование влияния золошлака Змиевской ТЭС на рост сельскохозяйственных растений. Показано, что золошлак длительного срока хранения безопасен по солевому составу и может быть использован как раскислитель и мелиорант для различных типов почв. Установлено, что радиоактивность золошлака ниже предельно-допустимых норм для почв. Обнаружено, что внесение золошлака в серую лесную почву в различных концентрациях давало разный эффект влияния на динамику роста и накопление сухой массы выбранных культур.

золошлак, растения, рост, микроудобрения, отходы

Несмотря на то, что Украина относится к числу стран, наиболее обеспеченных земельными ресурсами, она имеет относительно небольшое количество земельных

угодий, благоприятных для жизни и хозяйственной деятельности человека. Сельскохозяйственные угодья составляют лишь 25 % общей площади Украины. Причинами

уменьшения площади сельхозугодий являются нарушение, истощение и деградация почвенного покрова, отвод земель под застройку городов, поселков и промышленных предприятий, из-за которых потенциальные пахотные земли превращаются в полигоны бытовых и промышленных отходов. Одними из таких промышленных предприятий являются тепловые электростанции (ТЭС). Их доля в энергетическом комплексе страны составляет 67,5 % [1].

Предприятиями электроэнергетики образуется большое количество отходов всех видов, в том числе производственных различного класса опасности, нетоксичных и бытовых. Весомая часть из них приходится на золошлаковые отходы (ЗШО).

Золошлаки, образующиеся от сжигания угля на тепловых электростанциях, являются крупнотоннажными отходами. Традиционно для их транспортирования применяются системы гидрозолоудаления. В основном золошлаки транспортируются в виде пульпы низкой концентрации для размещения на гидрозолоотвалах, которые являются одним из главных источников загрязнения окружающей среды при производстве энергии [2].

Актуальность проблемы накопления золошлаков определяется еще и тем, что в энергетической стратегии государства доля тепловых электростанций возрастает.

По своему физико-химическому и агрегатному состоянию золошлаки являются уникальным ресурсом для полезного использования в различных отраслях с получением значительных экологических и экономических эффектов, а также ценным техногенным материалом, и содержат промышленно значимые запасы ценных компонентов [3].

Несмотря на очевидные выгоды и перспективы широкого применения золошлаковых отходов, объем их использования в Украине не превышает 10 %. Утилизация золошлаков требует решения целого комплекса вопросов – от разработки технических условий на их применение, технологических линий по их переработке, транспортных и погрузочно-разгрузочных средств до перестройки психологии хозяйственников в отношении вторичных минеральных ресурсов.

Харьковская область представляет собой промышленно-аграрный регион Украины. Одним из предприятий, оказывающих существенное негативное влияние на экологию области, является Змиевская ТЭС, входящая в Харьковский промышленный узел.

В результате работы ТЭС образовался золошлакоотвал, представляющий собой минеральную мелкозернистую фракцию с размером частиц от 60 до 200 мкм, и занимающий площадь 350 га. По данным Змиевской ТЭС на

1 июля 2006 г. объем золошлаковой смеси, уложенный на золошлакоотвале, составляет 27 698 495,866 т.

Приблизительно около 28 тыс. т ЗШО в год используется в качестве сырья и стройматериалов на Змиевской ТЭС, в том числе и для реконструкции самого золоотвала, и реализуется населению. Остальная масса накапливается и отрицательно влияет на экологическую обстановку в регионе, загрязняя почву, подземные и поверхностные воды, ухудшая здоровье населения.

Опыт работы, проводимой в Советском Союзе, а сейчас и в России показывает, что применение золошлаков в сельском хозяйстве улучшает агрофизические свойства почвы, пополняет ее микро- и макроэлементный состав, улучшает пористость и водопрочность, нейтрализует кислотность, положительно влияет на всхожесть и урожайность многих сельскохозяйственных культур [4, 5].

Учитывая вышеизложенное, целью данной работы стало исследование влияния золошлака Змиевской ТЭС на рост сельскохозяйственных растений. Для достижения цели были поставлены такие задачи:

- анализ водной вытяжки золошлака и его радиоактивности;
- подбор и подготовка почвосмесей на основе обедненной микроэлементами почвы и золошлака ТЭС;
- выбор экспериментальных растений;
- исследование влияния золоотвала на рост выбранных растений (выращивание, контроль динамики роста, прирост биомассы).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве потенциального микроудобрения был выбран золошлак Змиевской ТЭС длительного срока хранения (5–7 лет). Усредненный химический состав в пересчете на оксиды приведен в табл. 1 [6]:

Анализ водной вытяжки (солевого состава) золошлака проводили по стандартным методикам [7].

Радиоактивность золошлака определяли на гамма-спектрометре с многоканальным анализатором AFORa LP 4900B с германий-литиевым детектором по стандартной методике определения [8].

В качестве основы землесмесей была выбрана серая лесная (оподзоленная), супесчаная (рН – 3,5–4, гумус – 2,3–3,6 %) почва, взятая на поле фермерского хозяйства в Дергачевском районе Харьковской области. Выбор обоснован тем, что этот тип почв имеет кислую

Таблица 1. Химический состав золошлака

Компоненты	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	K ₂ O	MgO	TiO ₂	P ₂ O ₅	Na ₂ O	C
%	53,6	25,15	11,63	2,76	3,63	1,5	0,87	0,18	1,28	до 18



среду, малое количество гумуса и широко распространен в Украине [9].

Образцы золошлака и почвы смешивали в соотношениях 1:2, 1:5, 1:10 и 1:50 по следующей схеме: по три повтора с каждым растением на каждую землесмесь. В результате получили 45 вариантов в пробном эксперименте; из них 15 вариантов – с пшеницей, 15 – с подсолнечником и 15 – с огурцом, что позволило в дальнейшем выявить различия при выращивании культур растений.

В качестве экспериментальных культур использовали озимую пшеницу «Донецкая 48», огурец «Примус F1» и подсолнечник. Выбор этих культур обоснован тем, что это наиболее распространенные и используемые в сельском хозяйстве представители зерновых (пшеница), овощных (огурец) и масличных (подсолнечник) культур. Кроме того, они повсеместно выращиваются в Украине и Харьковской области в частности.

Для выполнения эксперимента была смонтирована установка, позволяющая регулировать как интенсивность света, так и температуру культивирования. Размер установки позволял одновременно культивировать до 200 образцов растений, обеспечивая оптимальный полив и уход за растениями. Растения выращивали на полученных землесмесях в установке при круглосуточном освещении (8–8,5 клк) лампами дневного света ЛБ-80 и температуре 23–25 °С.

Семена исследуемых культур перед посадкой предварительно замачивали на сутки, чтобы проконтролировать их всхожесть и стандартизировать начальные условия культивирования.

Образцы землесмеси (золошлак:почва) засыпали в горшки объемом 80 мл, увлажняли и высаживали семена исследуемых культур.

Далее проводили контроль интенсивности роста экспериментальных культур.

В эксперименте образцы собирали на второй стадии развития у всех культур (у пшеницы это развитие третьего листа, у подсолнечника – появление первой пары настоящих листьев, у огурца – появление первого настоящего листа), высушивали, измельчали и взвешивали.

Таблица 3. Динамика роста проростков пшеницы (в см) в разных соотношениях серой лесной почвы и золошлака

	Сутки культивирования									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	14
К	1,40±0,40	6,00±0,65	10,60±0,55	14,87±0,70	14,88±0,86	20,07±0,96	20,61±0,15	26,63±1,18	29,0±1,05	36,67±1,59
1:2	0,60±0,12	1,0±0,12	7,03±0,74				17,83±0,73	26,27±0,92	29,39±0,33	35,33±0,60
1:5	0,70±0,17	4,57±0,32	8,63±0,44	12,60±0,50	13,87±0,65	17,93±0,47	18,83±0,81	25,40±0,78	28,07±1,36	35,17±1,76
1:10	0,80±0,10	3,80±0,32	8,33±0,28	12,30±0,38	14,38±0,13	18,40±0,52	19,03±0,82	25,13±2,16	29,08±1,50	35,58±1,65
1:50	1,85±0,25	3,90±1,22	7,33±1,42	10,97±1,43	13,73±0,87	16,07±1,23	18,42±0,81	23,60±1,80	29,58±0,85	35,42±1,00

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Анализ водной вытяжки (солевого состава) золошлака:

- рН – 8,2 (слабо деградированный по принципу выщелачивания);
- остротоксичного аниона CO_3 не обнаружено;
- по содержанию хлора безопасен;
- по содержанию CaSO_4 золошлак нетоксичен и может применяться как мелиорант в борьбе с осолонцеванием (с Na); если почва кислая, то Ca вытесняет Na и оптимизирует почвенную среду, что улучшает структуру почвы и ее агрофизические характеристики;
- Mg может выступать как элемент питания;
- K и Na мало.

Золошлак безопасен по солевому составу и рекомендован как раскислитель и мелиорант для различных типов почв.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИОАКТИВНОСТИ ЗОЛОШЛАКА

Золошлак Змиевской ТЭС содержит K-40, Ra-226, Th-232, Cs-137. Однако его радиоактивность в 4–5 раз ниже предельно-допустимого уровня для почв (табл. 2).

КОНТРОЛЬ ДИНАМИКИ РОСТА ПШЕНИЦЫ

Всходы появились на вторые сутки культивирования. Длину проростков (в см) измеряли в течение четырнадцати дней. Полученные средние данные представлены в табл. 2. Показатели динамики роста исследуемых вариантов пшеницы несколько уступают контрольному варианту без добавления золошлака (табл. 3). Особенно заметны

Таблица 2. Радиологические показатели золошлака

Нуклид	Активность, Бк/кг	ПДУ, Бк/кг
Th-232	50,5	259,0
Ra-226	80,0	370,0
K-40	554,0	4800,0
Cs-137	<5	370,0

различия со вторых по седьмые сутки культивирования с дальнейшим выравниванием с восьмых по четырнадцатые сутки. Наблюдаемая задержка в росте незначительна для того, чтобы говорить об угнетении роста пшеницы.

Об отсутствии угнетения роста свидетельствуют данные табл. 4, показывающие соотношение сухой массы побегов и корней экспериментальных растений пшеницы.

Из полученных данных можно сделать вывод о равномерном развитии корневой системы во всех исследуемых вариантах, что свидетельствует об отсутствии ингибирующего влияния разных концентраций золошлака на корневую систему пшеницы. Различия по массе побегов можно объяснить разной длиной второго и третьего листа, в то время как длину растений пшеницы определяли по приросту первого листа, а также разным исходным уровням питательных веществ в каждой отдельной зерновке пшеницы.

КОНТРОЛЬ ДИНАМИКИ РОСТА ПОДСОЛНЕЧНИКА

Всходы появились на третьи сутки культивирования. Длину проростков (в см) измеряли в течение четырнадцати дней. Полученные средние данные представлены в табл. 5. Показатели динамики роста исследуемых вариантов подсолнечника несколько уступают контрольному варианту без добавления золошлака (табл. 5). Наиболее заметно было отставание в росте от контроля для варианта 1:50.

Менее выражено было отставание в росте для вариантов 1:2, 1:5, 1:10 по сравнению с контролем. Но совершенно другие закономерности демонстрируют данные табл. 6, показывающие соотношение сухой массы побегов и корней экспериментальных растений подсолнечника.

Таблица 4. Соотношение сухой массы (в мг) корни: побеги растений пшеницы после четырнадцати суток выращивания на различных землесмесях

Сухая масса, мг	Соотношение золошлак: почва				
	контроль	1:2	1:5	1:10	1:50
корни	50	50	50	50	50
побеги	150	120	150	120	120

Таблица 5. Динамика роста проростков подсолнечника (в см) в разных соотношениях серой лесной почвы и золошлака

	Сутки культивирования								
	3	4	5	6	7	8	9	10	14
К	2,24±0,27	4,27±0,68	4,87±1,03	5,20±1,46	6,83±0,97	8,27±0,65	9,52±0,84	10,62±1,07	13,43±0,87
1:2	1,70±0,35	3,77±0,62				6,53±0,98	8,67±0,73	10,0±0,76	11,87±0,81
1:5	2,67±0,32	4,70±0,40	3,80±0,59	2,25±0,75	2,50±1,00	5,64±1,15	7,18±1,36	8,64±1,80	11,25±1,76
1:10	1,72±0,21	3,07±0,47	3,83±0,22	4,37±0,07	5,53±0,27	6,45±0,49	7,35±0,53	8,35±0,59	11,37±0,68
1:50	1,80±0,26	3,56±0,19	3,90±0,90	4,03±1,16	4,77±1,12	5,72±0,63	7,02±0,63	8,00±0,64	10,68±0,79

Так, у экспериментальных растений для варианта 1:50 было характерно наибольшее развитие как корневой системы, так и вегетативной массы (табл. 6). Растения подсолнечника в варианте 1:50 отставали в росте, но стебли были толще и листья крупнее, что и определило наибольший выход сухой биомассы. Также была достаточно развита корневая система и в варианте 1:2 по сравнению с контролем и другими экспериментальными вариантами. Наименьший показатель развития корневой системы и вегетативной массы наблюдали для варианта 1:5. Следует отметить при этом разницу в 250 мг между сухой массой корней и побегов для контроля и вариантов 1:5, 1:10. Не было обнаружено различий между контролем и вариантом 1:10. Для объяснения различий в развитии корневой системы при разных соотношениях почвы и золошлака необходимы дополнительные исследования и использование других вариантов земляных смесей, также как и для подтверждения стимулирующего эффекта золоотвала в варианте 1:50.

КОНТРОЛЬ ДИНАМИКИ РОСТА ОГУРЦА

Всходы появились на четвертые сутки культивирования. Длину проростков (в см) измеряли в течение девятнадцати дней. Полученные средние данные представлены в табл. 6. Показатели динамики роста исследуемых культур огурца практически не отличались от контроля (табл. 7).

Следует отметить, что, начиная с восьмых суток, у растений огурца увеличивались листовые пластинки, а сами растения практически прироста не давали (табл. 7). Кроме того, в варианте 1:2 с семнадцатых суток у рас-

Таблица 6. Соотношение сухой массы (в мг) корни:побеги растений подсолнечника после четырнадцати суток выращивания на различных землесмесях

Сухая масса, мг	соотношение золошлак:почва				
	контроль	1:2	1:5	1:10	1:50
корни	150	200	100	150	250
побеги	400	370	350	400	450



Таблица 7. Динамика роста проростков огурца (в см) в разных соотношениях серой лесной почвы и золошлака

	Сутки культивирования			
	4	6	8	19
К	2,83±0,09	3,53±0,48	3,70±0,45	4,03±0,34
1:2	2,0±0,0	2,40±0,21	2,80±0,15	3,10±0,15
1:5	2,23±0,09	2,97±0,38	3,10±0,32	3,60±0,21
1:10	2,47±0,18	2,83±0,09	2,90±0,15	3,10±0,15
1:50	2,40±0,20	2,93±0,30	3,07±0,32	3,37±0,23

тений начали желтеть листья при интенсивном развитии корневой системы. Незначительные различия были обнаружены в соотношениях сухой массы побегов и корней экспериментальных растений огурца.

Так, можно выделить вариант 1:10, в котором сухой вес как корневой массы, так и побегов превосходил другие варианты (табл. 8) и контроль. Выше эти показатели были и у варианта 1:50 по сравнению с контролем. При интенсивном развитии корневой системы в варианте 1:2 (300 мг) по массе побегов этот вариант уступал всем остальным. Вариант 1:5 практически не отличался от контроля. Следует отметить при этом разницу в 320 мг между сухой массой корней и побегов для контроля и вариантов 1:5, 1:10. В целом можно говорить о небольшой стимуляции ростовых показателей (корни и побеги) для вариантов 1:10 и 1:50, а также о задержке роста растений огурца для варианта 1:2.

ВЫВОДЫ

- золошлак длительного срока хранения безопасен по солевому составу и может быть рекомендован как раскислитель и мелиорант для различных типов почв, в частности – для серой лесной почвы;
- радиоактивность золошлака в 4–5 раз ниже предельно-допустимого уровня для почв;
- внесение золошлака в серую лесную почву в различных концентрациях вызывало разные эффекты влияния на динамику роста и прирост массы выбранных культур растений. Так, для пшеницы не было выявлено выраженного стимулирующего или ингибирующего влияния золошлака на рост и выход сухой массы побегов и корней в то время, как на культурах подсолнечника и огурца наблюдали как задержку, так и эффект стимуляции роста. Также были обнаружены

Проведено дослідження впливу золошлаку Зміївської ТЕС на зростання сільськогосподарських рослин. Показано, що золошлак тривалого строку зберігання безпечний за сольовим складом та може бути ви-

Таблица 8. Соотношение сухой массы (в мг) корни: побеги растений огурца после девятнадцати суток выращивания на различных землесмесях

Сухая масса, мг	Соотношение золошлак: почва				
	контроль	1:2	1:5	1:10	1:50
корни	250	300	250	330	270
побеги	570	420	520	650	650

значительные различия в соотношении сухой массы корней и побегов исследуемых растений;

- при внесении золошлака в почву необходимо учитывать состав почвы, концентрацию золошлака, способность растений усваивать компоненты золошлака, которая является видо- и сортозависимой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. Экология города: Учебник. – К.: Либра, 2000. – 464 с.
2. Промышленная экология. / К. Н. Ткачук, Д. Ф. Иванчук и др., Киев УМК ВО, 1992. – 269 с.
3. Мирка Г. Е., Рудой Н. Г. Проблемы утилизации техногенных отходов промышленных предприятий Сумской области. // Мат-лы 3-й Международной конференции «Сотрудничество для решения проблемы отходов» 7–8 февраля 2006 г., г. Харьков.
4. <http://rao.elektra.gi>. Электронная газета РАО ЕЭС России «ЭНЕРГО-ПРЕСС», 7 (325).
5. Ю. К. Целиковский. Экологические и экономические аспекты утилизации золошлаков ТЭС // «Энергия». – 2006. – № 4. – С. 27–34.
6. Научный отчет «Исследование золоотвалов Змиевской ТЭС и разработка способов их использования». УкрНИИ защиты почв от эрозии. Всесоюзная академия сельскохозяйственных наук им. Ленина, Ворошиловград, 1982 г.
7. Государственные стандарты Союза ССР. Почвы. Методы определения катионно-анионного состава водной вытяжки. ГОСТ 26423–85–26428–85, издание официальное, Госком СССР по стандартам, М., – 39 с.
8. Гродзинский Д. М. Радиобиология, Киев, Либідь, 2000, – 448 с.
9. Природа Украинской ССР. Почвы / Н. В. Вернардер, И. Н. Гоголев, Д. И. Ковалишин и др. – Киев: Наукова Думка, 1986. – 216 с.

Поступила в редакцию 15.12.06

Influence of ash-slag from Zmievskaya TPS on agricultural plants growth was studied. It is shown, that ash-slag of long period storage is safe on salt compound and can be used as a deoxidizer and improver for various types of

користаний як розкислювач і меліорант для різних типів ґрунтів. Встановлено, що радіоактивність золошлаку нижче гранично-допустимих норм для ґрунтів. Виявлено, що внесення золошлаку в сірий лісовий ґрунт у різних концентраціях давало різний ефект впливу на динаміку росту і накопичення сухої маси обраних культур.

soil. It is established, that ash-slag radio-activity is below than maximum-permissible norms for soils. It is revealed, that ash-slag entering into grey forest soil in various concentration made different impact on growth dynamics and accumulation of dry mass of the chosen cultures.