

ВЛИЯНИЕ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ЧЕРЕПЕТСКОЙ ГРЭС (ТУЛЬСКАЯ ОБЛ.) НА СВОЙСТВА ПОЧВ

А.С. Костин

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва

Проведенные исследования показали, что поступление золошлакового материала с отвала Черепетской ГРЭС в почвы приводит к трансформации состава и свойств природных почв. В погребенных под наносом угольной золы дерново-подзолистых почвах в зоне влияния золоотвала выявлено подщелачивание на 3 ед. рН. Анионно-катионный состав водорастворимых солей в техногенно-трансформированных почвах меняется с гидрокарбонатно-кальциевого на гидрокарбонатно-сульфатно-кальциево-магниевый. Труднорастворимые соли представлены карбонатами кальция. Увеличение щелочности почв в результате привноса золы с высоким значением рН, способствует снижению миграционной способности тяжелых металлов (ТМ).

Ключевые слова: золошлаковые отходы теплоэнергетики, дерново-подзолистые почвы, анионно-катионный состав солей, тяжелые металлы.

Тепловые электростанции (ТЭС) относятся к крупным точечным источникам загрязнения окружающей среды. Твердыми отходами ТЭС являются зола и шлаки, которые складываются в золоотвалы. При поступлении золы-уноса и шлаков в виде пульпы в отвалы происходит трансформация химического состава их минеральной части. На первой стадии, образовавшиеся при сгорании угля оксиды щелочных и щелочноземельных металлов, взаимодействуя с водой, гидролизуются, переходят в гидроксиды, что приводит к росту рН до 9-10. На второй стадии идет окарбонирование влажной щелочной золы при взаимодействии с CO_2 атмосферного воздуха. Кроме того, в результате применения мокрой очистки выбросов от оксидов серы гидроокисью кальция образуется сульфат кальция, который также поступает с пульпой в отвал [10]. В научной литературе встречаются единичные исследования воздействия отходов теплоэнергетики на почвы [1, 9, 11].

Целью работы являлась оценка трансформации свойств почв под воздействием отходов из золоотвала Черепетской ГРЭС. В связи с этим решались следующие задачи: дать характеристику морфологического строения техногенно-измененных почв, выявить факторы, обуславливающие условия миграции поступающих загрязняющих веществ в почвах, и определить степень трансформации состава солей и тяжелых металлов (ТМ) в почвах при поступлении золы и шлаков.

Объектом исследования является золоотвал №4 Черепетской ГРЭС, который размещается в пределах замкнутого овражного вреза (к северу от г. Суворова, Тульская обл.)

и представляет собой пруд-отстойник площадью 2 км² (рис.1). В качестве топлива на ГРЭС используется каменный уголь Кузбасского бассейна.

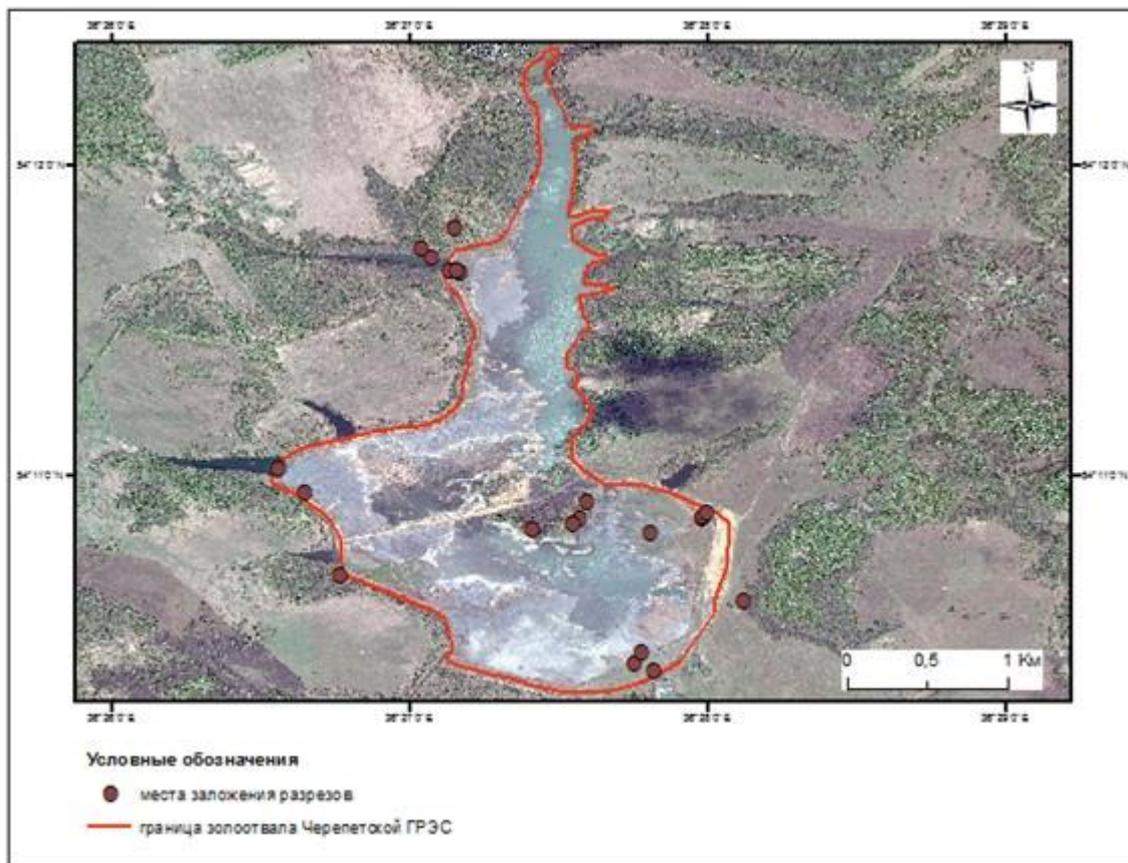


Рис. 1 Точки отбора почвенных образцов в зоне влияния золоотвала Черепетской ГРЭС

Почвенные разрезы располагались к западу, к востоку и к югу от золоотвала - на участках локального подтопления золошлаковой пульпой окружающих почв по берегам отвала (рис. 1). Индексация почвенных горизонтов проводилась на основе работ [3, 7].

Отбор образцов почв проводился из разрезов до глубины 100 см с шагом 10 см. В образцах почв и золошлаковых отходов определяли общее содержание органического углерода методом бихроматного окисления, гранулометрический состав на лазерном гранулометре «Analysette 22 NanoТес» фирмы Fritsch, величину рН потенциометрическим методом, содержание легкорастворимых в водной вытяжке – Ca^{2+} и Mg^{2+} комплексометрическим методом, Cl^- аргентометрическим методом, общей щелочности от растворимых HCO_3^- и CO_3^{2-} - кислотнo-основным титрованием, ионов Na^+ , K^+ и SO_4^{2-} хроматографическим методом, содержание карбонатов газовольюметрическим методом. Опасность загрязнения почв тяжелыми металлами (ТМ) оценивалась с использованием коэффициентов концентрации (K_c) рассчитанными по отношению к фону. Также, для гумусовых горизонтов почв на фоновых участках определялись коэффициенты обогащения

(КО) ТМ относительно химического состава угольной золы. При расчете показателя суммарного загрязнения (Z_c) по формуле: $Z_c = \sum K_c - (n-1)$ учитывалось содержание ТМ с $K_c > 1,2$ [6]. Для почв, расположенных в зоне влияния золошлакоотвала Черепетской ГРЭС использовался региональный фоновый уровень содержания Zn, Ni и Pb в дерново-подзолистых почвах Верхнеокского бассейна [4].

Исследуемая территория расположена на севере Среднерусской возвышенности и представлена южно-таежными ландшафтами. Растительный покров образован вторичными сосново-осиново-березовыми травяными лесами с примесью ольхи в понижениях. На фоновых участках на красно-бурых покровных суглинках, подстилаемых днепровской мореной, формируются дерново-подзолистые почвы с участками серых почв (рис. 3 а). На пахотных участках - агродерново-подзолистые почвы. В понижениях и ложбинах стока - дерново-подзолисто-глеевые полугидроморфные почвы (рис. 3 б) [5, 8].

Дерново-подзолистые и дерново-подзолистые глееватые почвы на фоновых участках характеризуются кислой и слабокислой реакцией ($pH=4,5-6,0$) по всему профилю и гидрокарбонатно-кальциевым составом водорастворимых солей (рис. 4 а).

Исследования показали, что золошлаки отличаются крупнопылеватым гранулометрическим составом с низким содержанием илистой фракции (менее 2,5%), высоким значением pH (около 8,5-9,0), которое, по-видимому, обусловлено гидролизом карбонатных солей - $CaCO_3$, $MgCO_3$, Na_2CO_3 и K_2CO_3 [2]. Содержание карбонатов в золе достигает 3%. Легкорастворимые соли имеют гидрокарбонатно-сульфатно-кальциево-магниевый состав с наличием растворимых карбонат-ионов. Сумма солей не превышает 0,1%. Органическое вещество в золошлаках представлено частицами пирогенного углерода и сажи (более 4,5%), остающихся при неполном сгорании угля [12].

Угольная зола обогащена широкой ассоциацией микроэлементов по сравнению с осадочными породами и кларковыми содержаниями элементов в угольных золах мира: V, As, Cd, Sn, Pb, Co, Ni, Cu, Sr, Mo, Sb и Bi, что связано с вещественным составом сжигаемого угля Кузбасского бассейна [10].

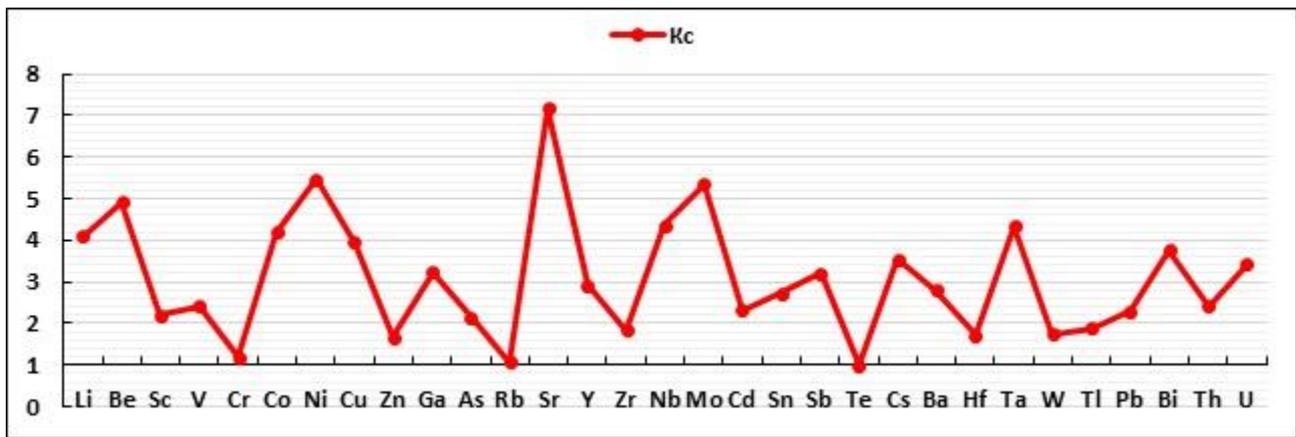


Рис. 2 Коэффициенты концентрации элементов (Kc) в угольной золе Черепетской ГРЭС относительно гумусового горизонта (AY) фоновых дерново-подзолистых почв

По сравнению с верхним горизонтом (AY) фоновых почв угольная зола слабо накапливает Sc (КО=2,2), V (КО=2,4), As (КО=2,2), Y (КО=2,9), Cd (КО=2,3), Sn (КО=2,7), Ba (КО=2,8) и Pb (КО=2,3), более интенсивно аккумулирует Li (КО=4,1), Be (КО=4,9), Co (КО=4,2), Ni (КО=5,5), Cu (КО=4,4), Ga (КО=3,2), Sr (КО=7,2), Nb (КО=4,4), Mo (КО=5,3), Sb (КО=3,2), Ta (КО=4,3) и Bi (КО=3,8) (рис. 2).

При локальном воздействии золошлаковой пульпы с отвала формируются агродерново-подзолистые техногенно-измененные почвы (рис. 3 в) под злаково-осоково-тростниковой растительностью с поверхностно-преобразованным профилем ТСН-(В)-С [3, 7]. На поверхности почв формируется карбонатный золошлаковый нанос (ТСН), мощностью до 22 см, пепельного-серого цвета, песчаного состава, с включениями углистых частиц и сажи, и с прослоями илистого материала. Заполнение порового пространства частицами золы приводит к ухудшению естественного дренажа, и как следствие, уплотнению иллювиальных горизонтов (BT, BC_g) и развитию вторичного гидроморфизма в виде железистых пленок и сизоватых оттенков в почвах, прилегающих к отвалу. Техногенно-измененные почвы отличаются существенным преобразованием гумусово-аккумулятивного горизонта, которое морфологически выражается в малом количестве гумусированного материала в составе мелкозема, уплотнении и появлении частиц золы.

По периметру золоотвала в полугидроморфных условиях на участке рекультивационной насыпи под сорнотравно-полынной растительностью были вскрыты дерново-подзолистые глееватые техногенно-измененные почвы, погребенные под золошлаковым материалом (ТСН), залегающим поверх плотного слоя (RAT) из рыжевато-бурых огнеупорных глин (рис. 3 г).

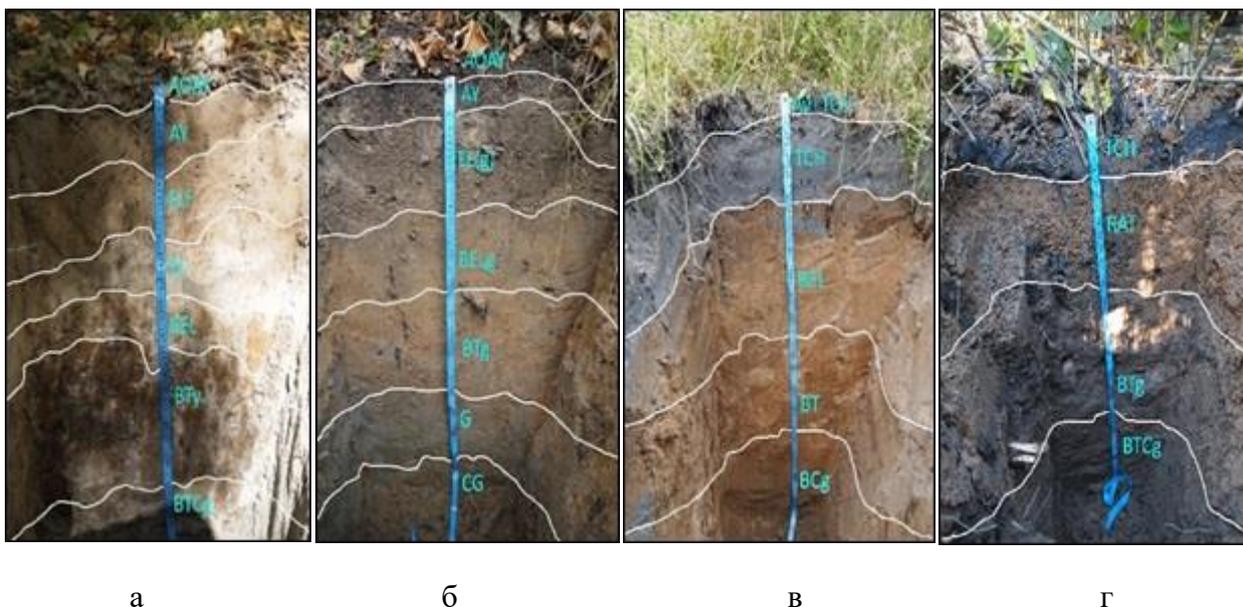
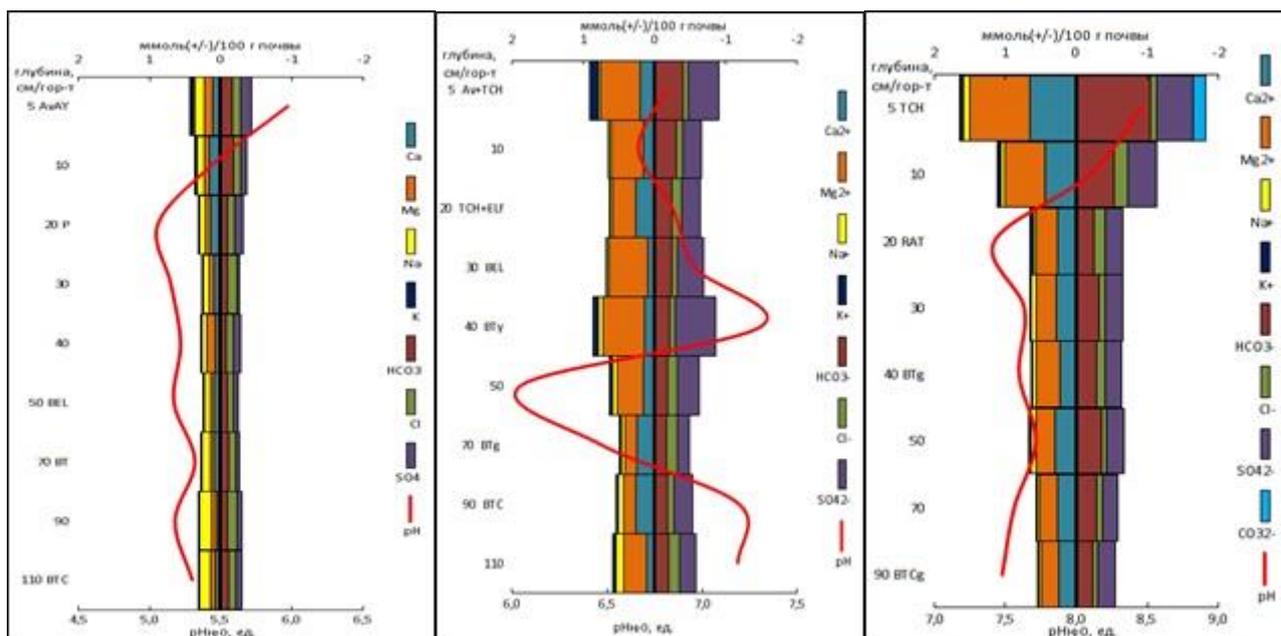


Рис. 3 Фоновые почвы: дерново-подзолистые (а) и дерново-подзолисто-глеевые почвы (б) и техногенно-измененные почвы: агродерново-подзолистые (в) и дерново-подзолистые глееватые почвы (г) в зоне влияния золоотвала Черепетской ГРЭС

Техногенно-измененные агродерново-подзолистые и дерново-подзолистые глееватые почвы отличаются нейтральной и слабощелочной реакцией ($pH=6,5-7,7$) по всему профилю (рис. 4 б, в). Трансформация почвенно-поглощающего комплекса почв происходит в сторону насыщения катионами кальция и магния. Содержание легкорастворимых солей превышает фоновые показатели в 1,7-3,4 раз. Установлена трансформация анионного состава солей погребенных горизонтов почв с гидрокарбонатно-кальциевого на гидрокарбонатно-сульфатно-кальциево-магниевый. Аккумуляция карбонатных солей приурочена к золошлаковому наносу (ТСН) на поверхности почв, где их содержание составляет от 0,1 до 1,9%. В погребенных под наносом горизонтах почв обнаруживаются карбонаты, по-видимому, за счет их механического радиального перемещения из наноса.



а

б

в

Рис. 4 Состав легкорастворимых солей: фоновых почв: дерново-подзолистых (а), и техногенно-измененных почв: агродерново-подзолистых (б) и дерново-подзолистых глееватых (в) в зоне влияния золоотвала Черепетской ГРЭС и рН водной вытяжки

Поступление окарбонированных золошлаков влияет на распределение в почвенном профиле элементов, мигрирующих в катионной форме [6]. V, Sr, Ni, Pb и Zn имеют поверхностно-аккумулятивное распределение по профилю техногенно-измененных почв с максимальным содержанием ТМ в золошлаковом наносе. Оценка суммарного загрязнения погребенных горизонтов почв не выявила превышения допустимого уровня ($Z_c < 16$). В составе загрязняющих веществ преобладают Pb ($K_c = 3,5$), Zn ($K_c = 1,6$) и Sr ($K_c = 1,5$). Для отдельных ТМ (Zn, Pb и Sr) выявлена корреляция между их содержанием в наносе и в погребенной почве, что, по-видимому, обусловлено их механическим переносом в составе ила и пыли. Присутствие твердофазной миграции морфологически подтверждается наличием углистых и зольных частиц в погребенных горизонтах почв.

Таким образом, проведенные исследования показали, что поступление золошлакового материала в почвы приводит трансформации строения профиля, химического состава и свойств погребенных под наносом почв. Привнос техногенного материала золы и шлаков с отвала Черепетской ГРЭС в природные почвы приводит к изменению морфологического строения их профиля в связи с образованием техногенного наноса (ТНН) на поверхности. В результате происходит интенсивная трансформация гумусово-аккумулятивного горизонта

природных почв. Состав легкорастворимых солей погребенных горизонтов почв сменяется с гидрокарбонатно-кальциевого на гидрокарбонатно-сульфатно-кальциево-магниевый. Труднорастворимые соли представлены карбонатами кальция. Химический состав золошлаковых отходов отличается высоким содержанием ТМ, которые в щелочных условиях характеризуются низкой миграционной способностью в погребенных под техногенным наносом дерново-подзолистых почвах. Суммарное загрязнение погребенных горизонтов почв под наносом золы и шлака не превышает допустимый уровень ($Z_c < 16$). Механизмом внутрипрофильной миграции ТМ под наносом является, по-видимому, твердофазный перенос в составе частиц ила и пыли.

Список литературы

1. Бойко С. М., Куликова Н. Н., Таничева И. В., Антоненко А. М. Влияние золы иршабординских углей на химический состав почвы, растений и почвенную биоту // Агрохимия. - 1996. - № 5.
2. Воробьева Л. А. Щелочность почв: показатели, структура, природа// Почвоведение, 1993. № 5. – С. 21-28.
3. Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация. Учебное пособие. Под ред. академика РАН Добровольского Г.В. М.: Ойкумена, 2003. - 270 с.
4. Золотарёва Б.Н. Тяжёлые металлы в почвах Верхнеокского бассейна. //Почвоведение, 2003, № 2. - С. 173-182.
5. Оценка экологического состояния почвенно-земельных ресурсов региона в зонах влияния промышленных предприятий (на примере Тульской области)/ Под общей ред. акад. РАН Г.В.Добровольского, С.А.Шобы. М.: Изд-во МГУ, 1999. - 252 с.
6. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта: - М.: Астрель- 2000, 1999. - 768 с.
7. Прокофьева Т.В., Герасимова М.И., Безуглова О.С. и др. Введение почв и почвоподобных образований городских территорий в классификацию почв России// Почвоведение. 2014. № 10. - С. 1155-1164.
8. Ратников А.И. Почвы верховьев Оки и Дона. Тула: Тульское книжное изд-во, 1963. - 160 с.
9. Тренды ландшафтно-геохимических процессов в геосистемах юга Сибири/ Нечаева Е.Г., Давыдова Н.Д., Щетников А.И. и др. - Новосибирск: Наука, 2004. -184 с.
10. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Токсичные элементы-примеси в ископаемых углях. Екатеринбург: УрО РАН, 2005. - 648 с.

11. Coal fly ash as modifier of physico-chemical and biological properties of soil /N.A. Yeledhalli [et al.] // Karnataka J. Agric. Science. - 2007. - Vol. 20. № 3. - P. 531-534.
12. Preston C.M., Schmidt M.W.I. Black (pyrogenic) carbon: a synthesis of current knowledge and uncertainties with special consideration of boreal regions // Biogeosciences. – 2006. – № 3. – P. 397-420.

Работа рекомендована к. б. н., доцентом П.П. Кречетовым.