

# Физико-химическая оценка восстановления плодородия нарушенных серых лесных почв при их рекультивации

**Л.П. Степанова**, д-р с.-х. наук, профессор

**Е.В. Яковлева**, канд. с.-х. наук, доцент

**А.В. Писарева**, аспирант

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Орловский государственный аграрный университет»

e-mail: Elenavalerevna79@yandex.ru

## Ключевые слова:

плодородный слой почвы, деградация нарушенных земель, тяжелые металлы, физико-химические свойства почвы.

*В статье рассмотрены вопросы нарушения плодородного слоя почвы, необратимые процессы деградирования серой лесной почвы под действием внесения органических отходов производства. В связи с этим изучена программа определения уровня загрязнения территорий с учетом базовых почвенных характеристик и комплексного характера загрязнения.*

## 1. Введение

Одной из наименее решенных проблем до настоящего времени остается проблема функции почв в экосистемах и биосфере. Вместе с тем изучение влияния почвы на атмосферные, гидрологические, биотические и другие компоненты экосистем и биосферы позволяет найти ответное воздействие на факторы почвообразования. Все геосферы Земли находятся, как известно, в тесном взаимодействии и значительную роль в этом взаимодействии играет почва. Весьма велика роль почвы и в жизни литосферы. Благодаря почвообразованию и выветриванию материя переходит в более активное состояние. Об этом свидетельствует резкое увеличение (в десятки тысяч раз) общей активной поверхности мелкозема по сравнению с монолитом исходных почвообразующих горных пород. Кроме того, функционирование водной оболочки Земли также зависит от ее взаимодействия с почвенным покровом. Почва участвует в формировании речного стока и в трансформации поверхностных вод в грунтовые, а также в жизни атмосферы, поглощая и отражая солнечную энергию и в целом определяя газовый режим атмосферы.

Сейчас, когда неблагоприятное воздействие человека на природу достигло огромных масштабов,

потребность в экологических исследованиях повышается в связи с необходимостью проведения природоохранных мероприятий. Антропогенные изменения всех компонентов окружающей среды, в том числе и почвенного покрова, приобрели в настоящее время такие размеры, что человек прямо или косвенно стал их жертвой.

Признавая важность оценки состояния всех природных сред, особо следует подчеркнуть актуальность оценки состояния почвы, которая в силу своей специфики является средой, депонирующей загрязняющие вещества и во многом определяющей устойчивость экосистемы к негативному антропогенному воздействию. Ее роль долгое время недооценивалась, что выразилось в отсутствии должного внимания как к экологическому мониторингу почвы, так и к системе нормирования в этой области.

В настоящее время ситуация изменилась, однако исследования по оценке антропогенного воздействия на почвенный покров городов и крупных населенных пунктов в основном осуществляются только с целью санитарно-гигиенической характеристики территорий, что накладывает свой отпечаток на формирование программы исследований. В большинстве случаев в программу включают кон-

троль основных токсикантов и интерпретацию полученных данных на базе использования предельно-допустимых концентраций (ПДК) и фоновых значений. В результате таких наблюдений почва рассматривается исключительно как субстрат без учета выполняемых ею экологических функций. В итоге участки земель, в наибольшей степени трансформированные техногенным воздействием, остаются практически неизученными.

В связи с этим существует острая необходимость в проведении более глубокого анализа состояния почв по следующим направлениям: 1) изучение базовых почвенных характеристик в условиях интенсивной антропогенной нагрузки; 2) оценка специфики и степени воздействия различных видов хозяйственной деятельности человека на загрязнение почвенного покрова, в том числе на территории промышленных зон.

Необходимость исследований вызвана крайне неблагоприятным состоянием окружающей среды в зоне интенсивной хозяйственной деятельности и потребностью в разработке системы мероприятий по реабилитации и охране природных объектов на таких территориях, включая промышленные площадки и участки размещения отходов производства и потребления. Решить эту задачу можно только при наличии полной информации о специфике современного состояния природных сред и, прежде всего, почвы. Более того, востребованность такого направления обусловлена увеличением экономической значимости результатов исследования почв, связанных с определением размера экологических платежей от субъектов хозяйственной деятельности.

Кроме наличия информации о загрязнении, крайне важна ее объективная интерпретация (особенно, когда речь идет о комплексном загрязнении), а также идентификация источника загрязнения. Проблема выявления причин и виновников загрязнения стала особенно актуальной в последние годы в свете усиления борьбы с экологическими правонарушениями, одним из наиболее действенных инструментов которой является судебная экологическая экспертиза. В связи с этим особую актуальность приобретают исследования, программа которых ориентирована на определение уровня загрязнения территорий с учетом базовых почвенных характеристик и комплексного характера загрязнения.

Сформировавшиеся почвы в значительной степени определяют устойчивость экосистем к деградации. При этом на каждом поле и на определенной территории встречается не одна почва, а сочетание различных почв. Характер структуры почвенного покрова территории оказывает значительное влияние на экологическую ситуацию. В связи с этим при экологической оценке земель необходимо учитывать не только процессы, связанные с антропогенным воздействием на почву, но и естественные почвообразовательные процессы.

## 2. Результаты исследований

Исследования проводились на земельном участке, расположенном по адресу Орловская область, Мценский район, с/п Отрадинское. Это элементарный почвенный ареал серой лесной среднесуглинистой почвы, нарушенный в результате действий ЗАО Сахарный комбинат «Отрадинский». Это послужило основанием для выбора показателей оценки состояния плодородия почвы, ее экологической и производительной способности.

Для оценки степени нарушения — порчи или уничтожения — плодородного слоя почвы на земельных участках сельскохозяйственного назначения проведено исследование особенностей генезиса и строения профиля почвы исследуемых участков. Согласно проведенным полевым исследованиям земельных участков и составленного Паспорта почвы по ГОСТ 17.4.2.03-86, почва, не нарушенная выемкой почвогрунта, относится к типу и подтипу серых лесных почв Albic Luvisols со следующей системой морфологических горизонтов:  $A_{22}^0 - A_1 A_{35}^{22} - A_2 B_{52}^{35} - B_{90}^{52} - BC_{115}^{90} - C^{115} \downarrow$ .

Профиль морфологически четко дифференцирован по эллювиально-иллювиальному типу как следствие проявляющихся на фоне преобладающего дернового процесса почвообразования таких элементарных почвенных процессов, как лессиваж<sup>1</sup>, оподзоливание. В указанных почвах протекает заметно выраженный процесс оглинивания, в результате этого процесса и передвижения илестых частиц формируется плотный иллювиально-текстурный горизонт<sup>2</sup>.

На исследуемых земельных участках не только была проведена выемка плодородного гумусового слоя почвы, но и удалены нижележащие генетиче-

<sup>1</sup> **Лессиваж** (лессивирование, илимиризация) — перенос в почвенном профиле коллоидов и предколлоидных частиц без изменения их химического состава, т.е. без гидролиза и растворения. В почвенном профиле выделяются горизонты выноса и накопления тонкодисперсных частиц (Редакция).

<sup>2</sup> **Иллювиальный горизонт** — почвенный горизонт, в котором накапливаются вещества, вынесенные из верхних горизонтов: оксиды железа, глинистые и гумусовые частицы и др. Иллювиальный горизонт обычно окрашен в бурый цвет (Редакция).

ские горизонты почвы до глубины 2,5 м, с последующим их перемешиванием при засыпке траншей. Это обусловило формирование на нарушенных земельных участках элементарного геохимического ландшафта, т.е. пространства с разной интенсивностью миграции и аккумуляции соединений (ширина 5 м, длина 800 м), составом и свойствами, отличающимися от ненарушенных почв (табл. 1).

Анализируя полученные данные о составе нарушенных участков почвенного покрова после завершения их механической рекультивации (засыпка траншеи изъятим почвогрунтом), можно сделать вывод о полном уничтожении исходного профиля почвы и ее генетических горизонтов, утрате плодородия и, как следствие, производительной способности почвы. Если в ненарушенном пахотном горизонте почвы содержание органического углерода составило 2,55%, а количество гумусовых веществ 4,4%, то в слое 0–20 см насыпных почвогрунтов в нарушенных участках количество органического углерода снижалось в 3–21 раз по сравнению с ненарушенной почвой, содержание гумуса колебалось в пределах 0,2–1,5%, что свидетельствует о нарушении технологии проведения механической рекультивации. Выемка плодородного гумусового слоя почвы должна складироваться отдельно, не допуская перемешивания с более глубокими слоями почвы и грунтов. При засыпке траншеи сначала размещают малоплодородные слои, а в верхние слои насыпают плодородный слой почвы. Величина рН находится

на уровне 7,1–7,52, что приближается к величине рН в ненарушенной почве — 7,34. Содержание подвижных форм фосфора и калия в восстановленных после рекультивации участков очень низкое по подвижному фосфору — 0,08–0,95 мг/100 г и низкое по содержанию обменного калия — 3,1–9,7 мг/100 г почвы. По сравнению со значениями этих показателей в ненарушенном пахотном слое серой лесной почвы установленное содержание питательных элементов в рекультивируемой почве в 17–206 раз ниже показателя подвижного  $P_2O_5$  в исходной почве, а количество обменного калия в 3,6–11 раз ниже содержания обменного калия в пахотном ненарушенном слое.

Поскольку отдельные горизонты почвы, мезо- и микрозоны являются геохимическими барьерами, то с их уничтожением в этих ландшафтах изменяются интенсивность и направления миграции вещества, энергии и информации внутри почвенной системы между ее компонентами и из почвы в окружающую среду. Это оказывает существенное влияние на эволюцию почвы.

Помимо вещества и энергии, почва может поглощать и выделять информацию, которая заключена в структурных взаимосвязях между свойствами почв, в изменении вещества и энергии во времени и пространстве. В наибольшей степени информация заключена в органическом веществе, органо-минеральных соединениях, минералогическом составе. При изменении матрицы почв изменяются закономерности получения и трансформации информации в почве, особенно это относится к почве-моменту<sup>4</sup>. Такое состояние почвы было создано в 2012 г. при проведении механической рекультивации нарушенных почвенных территорий и в 2013 г. при проведении органо-минеральной рекультивации при внесении на поверхность восстановленных насыпных участков дефеката<sup>5</sup>.

Учитывая потоки вещества, энергии и информации в почвах, следует отметить взаимовлияние почв в структуре почвенного покрова и взаимовлияние горизонтов. Влияние на свойства почв и протекающие в них процессы определяются экстенсивными и интенсивными параметрами. Интенсивный параметр определяет возможность протекания процесса (рН); экстенсивный — скорость (концентрация  $H^+$ )

Таблица 1

Показатели физико-химических свойств пахотного слоя серой лесной среднесуглинистой нарушенной почвы после механической рекультивации

№ почв. участка	рН	Гумус, %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O		C <sub>орг</sub> , % <sup>3</sup>
			мг/кг		
<i>Нарушенная почва</i>					
1	7,42	0,2	0,8	48,3	0,12
2	7,52	1,5	2,1	96,6	0,87
3	7,10	0,8	9,5	97,3	0,46
4	7,17	0,9	8,4	31,0	0,52
Контроль без нарушения	7,34	4,4	65,1	350,8	2,55

<sup>3</sup> C<sub>орг</sub> — органический углерод — углерод, входящий в состав органического вещества атмосферы, гидросферы и пород (Редакция).

<sup>4</sup> Почва-момент — информация, записанная в морфологии и физико-химии почв, о современном процессе почвообразования, т.е. это «жизнь» почвы (Редакция).

<sup>5</sup> Дефекат — отход свеклосахарного производства. Содержит в основном CaCO<sub>3</sub> с примесью Ca(OH)<sub>2</sub>, а также небольшое количество N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O и органического вещества. Применяется для известкования кислых дерново-подзолистых и серых лесных почв, а также как местное удобрение. По некоторым данным, дефекат превосходит по эффективности известь при внесении в эквивалентном по CaO количестве (Редакция).

и эффект процесса. Например, развитие оподзоливания в серых лесных почвах определяется рН и количеством ионов  $H^+$ , образующихся при разложении органических остатков, константной нестойкости образующихся комплексонов и количеством в мигрирующих водах лигандов комплексонов, количеством окислителей в мигрирующих растворах. Это доказывает, что внесение в траншею фильтрационного осадка свеклосахарного производства – сахарного дефекаата, в связи с большой комплексообразующей и окислительно-восстановительной способностью содержащихся в нем органических соединений, большей величиной рН – обусловит большую выраженность процессов элювирования и миграции соединений (табл. 2).

Анализ почвенных образцов, отобранных на исследуемых опытных участках, показал изменение величины рН в сторону его увеличения под действием дефекаата по сравнению со значениями после механической рекультивации, и увеличение подвижных форм фосфора и калия в гумусовом слое. При этом содержание  $P_2O_5$  возросло в 7–88 раз по сравнению с данными анализов почвы после механической рекультивации, но в 3 раза это количество было ниже значения контрольного участка почвы без нарушения. Установлено изменение обеспеченности почвы подвижным калием: его количество в 2013 г. после внесения дефекаата увеличилось почти в 9 раз по сравнению с показателями 2012 г. и приближалось к среднему значению концентрации калия в ненарушенных почвах — 399,5 мг/кг.

Значительные изменения произошли в содержании гумуса в пахотном слое серой лесной почвы. Если 2012 г. при восстановлении нарушенных земель установлено практически полное уничтожение гумусового горизонта, содержание углерода органических соединений в слое грунта глубиной 20 см достигало в среднем 0,49%, что в 5 раз было ниже значения содержания органического углерода

в почве контрольного участка, то внесение дефекаата способствовало увеличению содержания органического углерода до 1,44%, что почти в 2 раза ниже значения контрольного варианта, но в 3 раза превышало значение органического углерода в грунтах нарушенных земель. Содержание гумуса в рекультивируемых почвогрунтах колебалось в пределах 1,98–2,81%.

Отдельные свойства почв в большей степени обусловлены почвообразующей породой, а не типом почвы, для которого характерно определенное сочетание свойств почв. Пути оптимизации плодородия зависят от сочетания свойств почвы и их взаимосвязей.

Эволюция почвы идет в направлении ее изменения в сторону увеличения степени равновесия с окружающей средой. Поэтому изменение свойств искусственно созданных питательных грунтов (почвогрунтов) тесно связано с факторами почвообразования, которые влияют на отдельные свойства почв в разной степени (микробиологическая активность пород, минералогический состав пород, влияние температуры, влажности, солнечной радиации). При освоении таких участков (очагов накопления поллютантов за счет деятельности человека) токсиканты мигрируют в определенные территории, что увеличивает опасность отложенных последствий.

В значительной степени на интенсивность протекающих почвообразовательных процессов влияет миграция вещества, энергии и информации в водную и воздушную среды. По полученным нами данным, испарение из почвы и продукты транспирации растений содержат катионы, анионы, органические соединения пропорционально их содержанию в почвах и растениях, т.е. пропорционально степени загрязнения или окультуривания. Миграция веществ определяется действием различных факторов: гравитационным полем, электрическим, магнитным, концентрационным и т.д., при этом векторы миграции могут быть направлены в разные стороны. Миграция веществ и микроорганизмов происходит в виде положительно и отрицательно заряженных соединений, гидрофобных и гидрофильных продуктов; миграция органических и неорганических соединений из почвы в воздушную среду с испарением, с транспирацией растений, показана миграция веществ весной по промерзающему слою на глубине 10–20 см и к слою низких температур, возможна значительная миграция веществ по оттаявшему слою над промерзающим слоем почвы.

При внесении больших доз органических веществ удобрений происходит смена микробных

Таблица 2

Показатели физико-химических свойств пахотного слоя серой лесной среднесуглинистой нарушенной почвы после внесения дефекаата

№ почвенного участка	рН	Гумус, %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O		C <sub>орг</sub> %
			мг/кг		
<i>После внесения дефекаата</i>					
1	7,50	2,64	56,0	382,0	1,53
2	7,78	2,81	52,0	393,8	1,62
3	7,5	1,98	70,4	417,0	1,15
4	7,83	2,52	65,6	410,5	1,46
Контроль без нарушения	6,92	4,32	172,0	399,5	2,51

сообществ, сукцессия растительных сообществ, эволюция почв и смена разных этапов реакций: сначала происходят наиболее быстрые реакции, затем образуются наиболее термодинамически устойчивые соединения. При оценке влияния органических удобрений на состояние почв и развитие растений необходимо учитывать не только содержание в них биофильных элементов и токсикантов, но и функциональные свойства применяемых удобрений по следующим параметрам: емкость поглощения катионов, наличие в их составе групп СООН, фенольных, спиртовых, хинонных и кетонных групп. Кроме указанных функциональных свойств, органические вещества почв, удобрений, растительных остатков характеризуются ингибирующей, стимулирующей и структурообразующей способностью, антипатогенной функцией, определенной влагоемкостью и прочностью связи воды.

Необходимо по указанным параметрам оценивать органические отходы сахарного производства, используемые как удобрительные формы, сертифицировать исходные компоненты применяемых органических удобрений, строго регулировать условия и сроки компостирования. Влияние органических удобрений на свойства почвы обусловлено также микробиологической активностью органических соединений, изменяющей протекание микробиологических и ферментативных процессов в почве, влиянием вносимых и образующихся в почве органических соединений на адекватность и скорость ответа почв на внешние воздействия. Особо следует указать, что возникающие очаги деградации в наименее устойчивые к деградации этапы развития почвы и растений затем лавинообразно усиливаются (молодые почвы легче поддаются внешним воздействиям, но они и менее устойчивы к деградации).

Как следует из приведенных данных анализа почвенных проб, отобранных с указанных выше земельных участков, не только нарушена взаимосвязь генетических горизонтов в профиле серой лесной среднесуглинистой почвы, но и механическим заполнением траншей мелкоземом и дефекатом полностью уничтожены профильные взаимосвязи генетических горизонтов. Это привело к изменению структурно-агрегатного состава, снижению гумусового состояния и питательного режима в созданных питательных грунтах нарушенных территорий.

### 3. Заключение

На исследованных земельных участках сельскохозяйственного назначения полностью уничтожены профильное расположение и взаимосвязи генетиче-

ских горизонтов серой лесной среднесуглинистой почвы на площади 0,88 га, восстановить которые невозможно. Согласно расчетам размер нанесенного вреда по «Методике исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды» (Приказ Минприроды России № 238 от 8.07.2010 г.) составляет 9 152 000 руб. Ущерб рассчитан по формуле:

$$УШ_{порч} = S K_r K_{исх} T_x,$$

где  $S$  — площадь участка  $m^2$ ;

$K_r$  — показатель глубины порчи почвы до 50 см (1,3 м);

$K_{исх}$  — показатель категории земель и целевого назначения, сельскохозяйственные угодья (1,6);

$T_x$  — такса для исчисления размера вреда (лесостепная зона серых лесных почв = 500 руб./ $m^2$ ).

Результаты выполненных анализов грунтов показывают, что нарушение проекта рекультивации по восстановлению плодородного слоя почвы привело к неоднородности гумусового состояния и показателей, характеризующих кислотно-основное состояние и питательный режим созданных питательных грунтов на нарушенных территориях. В нарушение технологии рекультивационных работ был использован фильтрационный осадок свекло-сахарного производства – сахарный дефекат — для создания плодородного слоя, что обусловило образование элементарного геохимического агроландшафта, усиление процессов оподзоливания, изменение окислительно-восстановительных условий, миграции органоминеральных соединений, изменение микробиологического состояния почвы. Это представляет реальную опасность в волновом распространении загрязняющих веществ в горизонтальном и вертикальном направлениях как на нарушенных территориях, так и на прилегающих к ним почвенным участкам.

Допущенное нарушение при выемке почвенной массы до глубины 2,5 м геохимических барьеров, характерных для профиля серых лесных почв, создает экологическую напряженность исследуемых территорий и требует контроля показателей, характеризующих экологическое состояние ландшафтов в сезонной динамике от весны к лету и осени, и от осени к зиме и весне, так как знание таких изменений позволяет более точно прогнозировать изменение физико-химических и агрохимических свойств почв в течение года. Знание таких изменений позволит более точно прогнозировать и оценивать влияние на плодородие почвы и степень эволюции почвы.

### Литература

1. Савич В.И. Агрономическая оценка гумусового состояния почв. Парахин Н.В., Степанова Л.П. и др. Орёл: ОГАУ, 2001. — Т. 1. — 233 с.; — Т. 2. — 204 с.
2. Савич В.И. Использование биологических генетических тестов при оценке загрязнения почв и сельскохозяйственной продукции свинцом // Известия ТСХА, 2003, вып. 1, с. 1–12.
3. Седых В.А. Изменение подвижности тяжелых металлов в почвах при применении высоких доз органических удобрений // Изв. Оренбургского ГАУ, 2012, №4. — С. 209–212.
4. Степанова Л.П. Воздействие солевых алюминиевых шлаковых отходов производства на экологическое состояние серых лесных почв и здоровье человека (на примере территории шлакового отвала МЗАЛ, п. Б. Думчино, Мценского района, Орловской области) // Вестник РУДН, 2009. — № 2. — С. 82–88.
5. Степанова Л.П. Влияние техногенеза на экологическое состояние серых лесных почв // Вестник РУДН. 2010. № 2. С. 50–59.
6. Яковлева Е.В., Коренькова Е.А., Мышкин А.И., Степанова Е.И., Таракин А.В., Степанова Л.П. Влияние техногенеза на качественный состав и количественные параметры геохимических аномалий в водах р. Ока // Электронный научно-производственный журнал «АгроЭкоИнфо», 2013. — № 2 (13).

### References

1. Savich V.I. *Agronomicheskaya otsenka gumusovogo sostoyaniya pochv* [Agronomic evaluation of the state of soil humus]. Orel, OGAU, 2001, V. 1. 233 p.; V. 2. 204 p (in Russian).
2. Savich V.I. Ispol'zovanie biologicheskikh geneticheskikh testov pri otsenke zagryazneniya pochv i sel'skokhozyaystvennoy produktsii svintsom [Use of biological genetic tests in assessing the contamination of soil and agricultural produce lead]. *Izvestiya TSKhA* [Proceedings of the TAA], 2003, I. 1, pp. 1–12 (in Russian).
3. Sedykh V.A. *Izmenenie podvizhnosti tyazhelykh metallov v pochvakh pri primenenii vysokikh doz organicheskikh udobreniy* [Changing the mobility of heavy metals in soils with high doses of organic fertilizers]. *Izv. Orenburgskogo GAU* [Bulletin of Orenburg State Agrarian University], 2012, I. 4, pp. 209–212 (in Russian).
4. Stepanova L.P. *Vozdeystvie solevykh alyuminievyykh shlakovykh otkhodov proizvodstva na ekologicheskoe sostoyanie serykh lesnykh pochv i zdorov'e cheloveka* (na primere territorii shlakovogo otvala MZAL, p. B. Dumchino, Mtsenskogo rayona, Orlovskoy oblasti) [Effects of aluminum salt slag waste products on the ecological status of gray forest soils and human health (for example, the territory of the slag dump MZAL, p. B. Dumchino, Mtsensk District, Oryol Region)]. *Vestnik RUDN* [Bulletin PFUR], 2009, I, pp. 82–88 (in Russian).
5. Stepanova L.P. *Vliyanie tekhnogeneza na ekologicheskoe sostoyanie serykh lesnykh pochv* [The impact on the ecological state of technogenic gray forest soils]. *Vestnik RUDN* [Bulletin PFUR]. 2010, I. 2, pp. 50–59 (in Russian).
6. Stepanova L.P., *Vliyanie tekhnogeneza na kachestvennyy sostav i kolichestvennyye parametry geokhimicheskikh anomaliy v vodakh r. Oka* [Influence of technogenic on the qualitative composition and quantitative parameters of geochemical anomalies in the waters of the river Oka]. *Elektronnyy nauchno-proizvodstvennyy zhurnal «AgroEkoInfo»* [Electronic scientific magazine "AgroEcoInfo"]. 2013, I. 2 (13) (in Russian).

## Physico-Chemical Evaluation of Fertility Restoration of Damaged Gray Forest Soils under Reclamation

**L.P. Stepanova**, Doctor of Agriculture, Professor, Orel State Agricultural University

**E.V. Yakovleva**, Candidate of Agricultural Sciences, Assistant Professor, Orel State Agricultural University

**A.V. Pisarev**, Postgraduate Student, Orel State Agricultural University

*The paper deals with disturbances of topsoil, irreversible processes of gray forest soil degradation under the influence of organic waste. In connection with this the program to determine the level of contamination areas was studied, taking into account the basic characteristics of the soil and the complex nature of the contamination.*

**Keywords:** fertile layer of soil, degradation of damaged land, heavy metals, physical and chemical properties of the soil.