

ГЕОЭКОЛОГИЯ

СОСТОЯНИЕ ПЛОДОРОДИЯ АНТРОПОГЕННО-ИЗМЕНЕННЫХ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ И ЕГО ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА

Л.П. Степанова, Е.В. Яковлева, Е.А. Коренькова, А.В. Писарева

Орловский государственный аграрный университет
ул. Ген. Родина 69, г. Орел, Россия, 302019

В статье рассмотрены вопросы нарушения плодородного слоя почвы, необратимые процессы деградации серой лесной почвы под действием внесения органических отходов производства. Определены уровни загрязнения территорий с учетом базовых почвенных характеристик и комплексного характера загрязнения.

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

Сейчас, когда человечество вступает в третье тысячелетие и когда неблагоприятные воздействия человека на природу достигли огромных масштабов, потребность экологических исследований повышается в связи с необходимостью проведения природоохранных мероприятий. Экологическая проблема ныне ставится в один ряд с такими вечными вопросами научного познания, как структура материи и сущность жизни, а по остроте и сущности ее решения, по-видимому, даже превосходит их. 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.

С присоединением России к ВТО возрастает актуальность процессов гармонизации законодательства Российской Федерации и Европейского союза в области сельского хозяйства и экологии. Общие тенденции экологизации сельского хозяйства в России были определены Президентом и Правительством РФ в 2012 г. Они предусматривают дальнейшее развитие экологического мониторинга, аудита и принятие мер по оздоровлению сельскохозяйственных земель.

В Российской Федерации на федеральном уровне действует ряд законов, связанных с использованием сельскохозяйственных земель. Основные законодательные акты в теории направлены на усиление материального поощрения с/х производителей, но следует обратить внимание на формирование санкций за

грубые нарушения в землепользовании за использование земель не по целевому назначению. В зарубежных странах, в которых используется налогообложение с целью сохранения плодородия земель, применяются штрафные санкции за причинение ущерба окружающей среде, направленные на сохранение почвы и недопущение их деградации. Размеры штрафных санкций, действующие в России, можно с уверенностью заявить, что они не обеспечивают возможность ликвидации нанесенного ущерба.

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 результате участки земель, в наибольшей степени трансформированные техногенным воздействием, остаются практически неизученными.

В связи с этим существует острая необходимость проведения более глубокого анализа состояния почв. Необходимость исследований во многом вызвана крайне неблагоприятным состоянием окружающей среды в зоне интенсивной хозяйственной деятельности и необходимостью разработки системы мероприятий по реабилитации и охране природных объектов на таких территориях, включая промышленные площадки и участки размещения отходов производства и потребления. Востребованность такого направления обусловлена увеличением экономической значимости результатов исследования почв, связанных с определением размера экологических платежей от субъектов хозяйственной деятельности.

Проблема выявления причин и виновников загрязнения стала особенно актуальной в последние несколько лет 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 и порчи территорий с учетом базовых почвенных характеристик и комплексного характера загрязнения.

Наши исследования проводились на земельных участках, расположенных на территории сельских поселений Отрадинское и п. Думчино Мценского района, которая представляет собой элементарный почвенный ареал серой лесной среднесуглинистой почвы, нарушенный в результате действий ЗАО «Сахарный комбинат «Отрадинский»», и в п. Думчино Мценского района Мценского алюминиевого завода. 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. Почвы на исследуемых территориях относятся к типу и подтипу серых лесных почв.

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

На территории сельского поселения Отрадинское была проведена выемка не только плодородного гумусового слоя почвы, но и нижележащих генетических горизонтов почвы до глубины 2,5 м с последующим их перемешиванием при засыпке траншей, что обусловило формирование на антропогенно-нарушенных земельных участках нового элементарного геохимического ландшафта, т.е. пространства с разной интенсивностью миграции и аккумуляции соединений (ширина 5 м, длина 800 м), составом и свойствами, отличающегося от ненарушенных почв (табл. 1).

Таблица 1

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

№ почв. участка	рН	Гумус, %	P ₂ O ₅	K ₂ O	Сорг, %
			мг/кг		
Нарушенная почва					
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

Анализируя полученные данные состава нарушенных участков почвенного покрова после завершения их механической рекультивации (засыпка траншей изъятым 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 в сравнении с ненарушенной почвой, содержание гумуса колебалось в пределах 0,2—1,5%, что свидетельствует о нарушении технологии проведения механической рекультивации, так как выемка плодородного гумусового слоя почвы должна складироваться отдельно, не допуская перемешивания с более глубокими слоями почвы и грунтов. А при засыпке траншей 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. В сравнении со значениями этих показателей в ненарушенном пахотном слое серой лесной почвы установленное содержание питательных элементов в рекуль-

тивируемой 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, 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, что оказывает существенное влияние на эволюцию почвы.

В наибольшей степени информация заключена в органическом веществе, органо-минеральных соединениях, минералогическом составе. Поэтому при изменении матрицы почв изменяются закономерности получения и трансформации информации в почве, особенно это относится к состоянию почвы-моменту. Такое состояние почвы было создано в условиях 2012 г. при проведении механической рекультивации нарушенных почвенных территорий, а в условиях 2013 г. при проведении органо-минеральной рекультивации при внесении на поверхность восстановленных насыпных участков дефеката — отхода свекловичного производства. В нарушение технологии рекультивационных работ был использован фильтрационный осадок свеклосахарного производства для создания плодородного слоя, что обусловило образование нового элементарного геохимического агроландшафта, усиление процессов оподзоливания, изменение окислительно-восстановительных условий, миграции органо-минеральных соединений, изменение микробиологического состояния почвы, что представляет реальную опасность в волновом распространении загрязняющих веществ в горизонтальном и вертикальном направлениях как в нарушенных территориях, так и на прилегающих к ним почвенным участкам.

Поэтому при внесении в траншею фильтрационного осадка свеклосахарного производства — сахарного дефеката, в связи с большой комплексобразующей и окислительно-восстановительной способностью содержащихся в нем органических соединений, большей величиной рН, наблюдается большая выраженность процессов элювирования и миграции соединений (табл. 2).

Таблица 2

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

№ почв. участка	рН	Гумус, %	P_2O_5	K_2O	Сорг, %
			мг/кг		
После внесения дефеката					
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

Анализ почвенных образцов, отобранных на исследуемых опытных участках, показал изменение величины рН в сторону ее увеличения под действием дефеката в сравнении со значениями после механической рекультивации и увеличение подвижных форм фосфора и калия в гумусовом слое, при этом содержание P_2O_5

возросло почти в 7—88 раз в сравнении с данными анализов почвы после механической рекультивации, но в 3 раза это количество было ниже значения контрольного участка почвы без нарушения. Установлено изменение в обеспеченности почвы и подвижным калием, его количество в 2013 г. после внесения дефектата увеличилось почти в 9 раз в сравнении 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 в 2012 г. при восстановлении нарушенных земель установлено практически полное уничтожение гумусового горизонта, содержание углерода органических соединений в 20-сантиметровом слое грунта достигало 0,49% в среднем, что в 5 раз было ниже значения в содержании углерода органических соединений в почве контрольного участка, то внесение дефектата способствовало увеличению содержания углерода органических соединений до 1,44%, что почти в 2 раза было 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 изменения почвы 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, испарения 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.

Поэтому необходима оценка органических отходов сахарного производства, используемых как удобрительные формы, по указанным параметрам, а также сертификация их исходных компонентов применяемых органических удобрений, строгое регулирование условий и сроков 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 подчеркнуть, 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 деградациям).

Как следует из приведенных данных анализа почвенных проб, отобранных с земельных участков, расположенных в сельском поселении Отрадинское, 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, что привело к изменению структурно-агрегатного состава, снижению гумусового состояния и питательного режима в созданных питательных грунтах нарушенных территорий.

Таким образом, на земельных участках сельскохозяйственного назначения, расположенных в сельском поселении Отрадинское Мценского района, допущено извлечение и полное уничтожение профильного расположения и взаимосвязей генетических горизонтов серой лесной среднесуглинистой почвы на площади 0,88 га, восстановить которые невозможно.

Согласно расчетам, размер нанесенного вреда составляет 9 152 000 руб.:

$$8800 \text{ м}^2 \cdot 1,3 \cdot 1,6 \cdot 500 = 9\,152\,000 \text{ руб.}$$

Результатами выполненных анализов исследования образцов грунтов, отобранных на исследуемых земельных участках, показано, 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.

Нарушение геохимических барьеров, характерных для профиля серых лесных почв, допущенное при выемке почвенной массы до глубины 2,5 м, создает экологическую напряженность исследуемых территорий и требует контроля изменения 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 оценить влияние на плодородие почвы и степень эволюции почвы.

Также нами были исследованы серые лесные почвы вблизи шлакового отвала п. Думчино Мценского района. Размещение полигона промышленных отходов способствует возрастанию содержания тяжелых металлов в почвах и формированию геохимических ассоциаций, состоящих из тяжелых металлов, содержание подвижных форм которых обуславливают высокий уровень загрязнения гумусового горизонта почвы и более тяжелые последствия в состоянии окружающей среды. По фактору воздействия, его уровня, длительности действия и площади распространения следует выделить территорию поселка Думчино как природно-техногенную биогеохимическую провинцию с избытком в среде меди, цинка, никеля, свинца, который приводит к различным реакциям организмов на высокую концентрацию этих элементов (рис. 1).

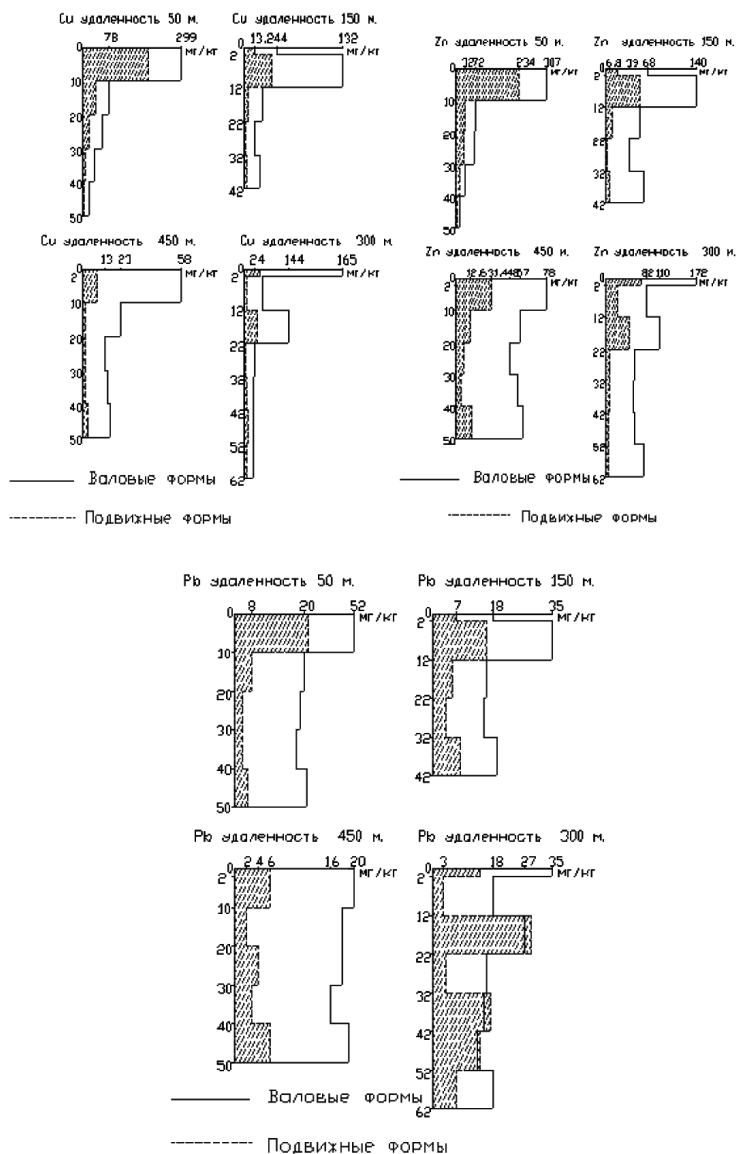


Рис. 1. Распределение тяжелых металлов по профилю серых лесных почв

В рамках оценки эколого-экономической эффективности создания и использования территории для складирования отходов нами проведен расчет нанесенного и предотвращенного экологического ущерба в результате применения и разработанного нами проекта природоохранных мероприятий.

Анализ экологического ущерба, наносимого земельным ресурсам на территории хранения шлаковых отвалов, показал, что изымаемая площадь составляет 9 га. Исходя из кадастровой оценки земель стоимость изымаемых земель составит 162 000 руб. Поскольку хранение шлаков начато в 1956 г. и осуществляется по настоящее время, стоимость изымаемых и неиспользованных сельскохозяйственных земель за этот период достигает почти 10 000 руб. С учетом того, что из сферы сельскохозяйственного использования выводятся не только земли, но и недополучается продукция растениеводства и животноводства, кроме того, загрязнение земель снижает не только урожайность культур, но и качество продукции, размер компенсационных выплат за изъятие нарушение земель составит более 1,01 млн руб. в год, а за период с 1956 г. эта величина возрастет в 60 раз. Кроме того, нами была показана необходимость научно обоснованного прогнозирования ответных реакций окружающей среды на вмешательство человека в естественные процессы и установления антропобиогехимических зон и провинций, экологически опасных для человека.

Анализ медико-экологической ситуации показывает, что в Мценском и Орловском районах области заболеваемость как взрослого населения, так и подростков имеет тесную связь с экологической обстановкой, о чем свидетельствуют повышенные показатели по экологически обусловленным болезням органов дыхания, сердечно-сосудистой системы, системы кровообращения, пищеварения, мочеполовой и эндокринной системы, костно-мышечной ткани и новообразования (рис. 2).

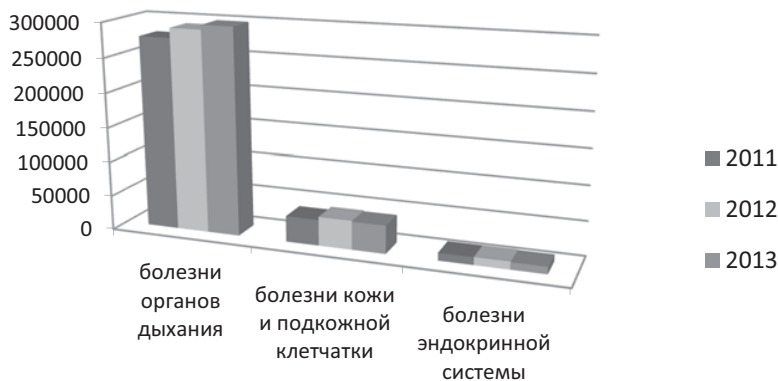


Рис. 2. Структура заболеваемости по Орловской области

Анализ заболеваемости населения поселка Думчино Мценского района как территории экологического риска показал тесную корреляционную зависимость между степенью загрязнения почвы, водных ресурсов и воздушного бассейна и показателями здоровья населения. Проведенные нами исследования показали, что изменение геохимических условий на узкорегionalном уровне, особенно при наличии крупного моноисточника загрязнения окружающей среды, проис-

ходит настолько стремительно, что организм человека не успевает адаптироваться к экстремальной техногенной ситуации, в результате чего нарушаются естественные биохимические процессы, присущие организму человека, что проявляется в виде заболеваний.

Безусловно, надо осознать не только реальность и серьезность возможного катастрофического развития событий, но и их последствий. Поэтому необходимы настойчивые постоянные осознанные усилия по сохранению и улучшению сельскохозяйственных земель и сохранению природной среды, а также ответственности за эффективное землепользование и оценку допущенных правонарушений в соответствии с законодательными и нормативно-правовыми актами, которые могут и должны уточняться с учетом региональных конкретных почвенных, климатических и экономических условий.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Савич В.И., Парахин Н.В., Степанова Л.П. Агрономическая оценка гумусового состояния почв. В 2 т. Орел, ОГАУ, 2001. Т. 1.
- [2] Савич В.И. Использование биологических генетических тестов при оценке загрязнения почв и сельскохозяйственной продукции свинцом / Куликов А.М., Ванькова А.А. // Известия ТСХА, 2003. Вып. 1. С. 1—12.
- [3] Седых В.А., Филиппова А.В., Саидов А.К. Изменение подвижности тяжелых металлов в почвах при применении высоких доз органических удобрений // Изв. Оренбургского ГАУ. 2012. № 4. С. 209—212.
- [4] Степанова Л.П., Яковлева Е.В., Яшин А.И., Мышкин А.И. 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., Яковлева Е.В., Яшин А.И. Влияние техногенеза на экологическое состояние серых лесных почв // Вестник РУДН. 2010. № 2. С. 50—59.

FERTILITY STATUS OF ANTHROPOGENICALLY MODIFIED GRAY FOREST SOILS AND ITS ECOLOGICAL AND ECONOMIC EVALUATION

L.P. Stepanova, E.V. Yakovleva, E.S. Chernyi, E.A. Korenkova, A.V. Pisarev

VPO Orel State Agronomy univestite
ul. Gen.Rodin 69, Orel, Russia, 302019

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

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

REFERENCES

- [1] Savich V.I., Parahin N.V., Stepanova L.P. Agronomicheskaja ocenka gumusovogo sostojanija pochv. [Agronomic evaluation of humus constitution of soils.]. Orjol, OGAU, [Orel State Agronomy universtite], 2001. v. 1, 2.
- [2] Savich V.I., Kulikov A.M., Van'kova A.A. Ispol'zovanie biologicheskikh geneticheskikh testov pri ocenke zagryaznenija pochv i sel'skohozjajstvennoj produkcii svincom [Biological genetic tests use in the evaluation of soil and agricultural products contamination with lead]. Izvestija TSHA — [News Timiryazev Agricultural Academy], 2003, vol. 1, pp. 1—12.
- [3] Sedyh V.A., Filippova A.V., Saidov A.K. Izmenenie podvizhnosti tzhzhelyh metallov v pochvah pri primenenii vysokih doz organicheskikh udobrenij [The change of heavy metals mobility in soils under the heavy organic fertilizers rate]. Izv. Orenburgskogo GAU — [News Orenburg gosudarstvenngo Agronomy University], 2012, № 4, pp. 209—212.
- [4] Stepanova L.P., Jakovleva E.V., Jashin A.I., Myshkin A.I. Vozdejstvie solevyh aljuminievyh shlakovyh othodov proizvodstva na jekologicheskoe sostojanie seryh lesnyh pochv i zdorov'e cheloveka (na primere territorii shlakovogo otvala MZAL, p. B. Dumchino, Mcenskogo rajona, Orlovskoj oblasti) [The effect of aluminum salt slag production on the ecological state of grey forest soils and human health (by the example of the slaghead MZAL, v. B. Dumchino, Mzensk district, Orel region)]. Vestnik RUDN [Bulletin of Russian Peoples' Friendship University], 2009, № 2, pp. 82—88.
- [5] Stepanova L.P., Jakovleva E.V., Jashin A.I. Vlijanie tehnogeneza na jekologicheskoe sostojanie seryh lesnyh pochv [The effect of technogenesis on the ecological state of grey forest soils]. Vestnik RUDN [Bulletin of Russian Peoples' Friendship University], 2010, № 2, pp. 50—59.