

УДК 502.521

UDC 502.521

06.00.00 Сельскохозяйственные науки

Agricultural sciences

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТЕПЕНИ  
АНТРОПОГЕННОЙ НАРУШЕННОСТИ  
ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ В УСЛОВИЯХ  
ПЕСЧАНОГО КАРЬЕРА**

**ANTHROPOGENIC DISTURBANCE  
RESEARCH OF NATURAL ENVIRONMENT IN  
THE CONDITIONS OF SANDPITS**

Малюта Ольга Васильевна  
к.б.н., доцент  
РИНЦ SPIN-код: 7747-2997

Malyuta Olga Vasilievna  
Cand.Biol.Sci., associate professor  
SPIN-code: 7747-2997

Гордеева Татьяна Харитоновна  
к.б.н., доцент  
SPIN-код 3426-8331

Gordeeva Tatiana Haritonovna  
Cand.Biol.Sci., associate professor  
SPIN- code: 3426-8331

Туев Андрей Сергеевич  
к.б.н., доцент  
РИНЦ SPIN-код: 7291-5226

Tuyev Andrey Sergeevich  
Cand.Biol.Sci., associate professor  
SPIN- code :7291-5226

Курочкина Мария Анатольевна,  
магистр-биотехнолог, РИНЦ SPIN-код: 4957-0910  
*Поволжский государственный технологический  
университет, Россия, Йошкар-Ола, пл. Ленина,3*

Kurochkina Mariya Anatolievna,  
master student, SPIN- code: 4957-0910  
*Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola,  
Russia*

В статье рассматривается влияние антропогенной деятельности в виде выемки песка на природную экосистему. Исследования проводились в Куярском лесничестве Республики Марий Эл, на территории песчаного карьера, подлежащего рекультивации. В качестве контроля бралась прилегающая к карьере естественная лесная территория. Для определения степени трансформации природной среды в результате выемки песка использовались показатели физической деградации почв - мощность органогенного горизонта и плотность почвы; химической деградации – содержание основных питательных элементов и содержание гумуса; биологической деградации – уровень активной микробной биомассы, а так же оценивалась возможная фитотоксичность. На основании полученных результатов и критериев деградации почвы, сделан вывод о степени трансформации объекта исследований – песчаного карьера: физические и химические параметры свидетельствуют о четвертой степени деградации почвы, в то время как биологические параметры близки к показателям почвы с естественной территории

In this article, an anthropogenic influence on natural ecosystem such as an excavation of sand is discussed. Investigations were done in Kuyar Forest District of the Mari El Republic on a sandpit. The adjacent plot of natural forest was taken as a control. For evaluation the degree of environment transformation as a result of sand excavation several indicators were used. As indicators of physical soil degradation - thickness of organogenic horizon and soil density; for assessment a chemical degradation – content of main nutrients and humus; as an indicator of biological degradation – the level of active microbial biomass. Besides, a potential phytotoxicity was estimated. The study proved: physical and chemical parameters corresponded with the fourth degree of soil degradation, at the same time, biological parameters approximated to parameters of soil from natural territory

Ключевые слова: АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ, ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ, ФИЗИЧЕСКИЕ, БИОЛОГИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПОЧВЫ, КАЧЕСТВО СРЕДЫ

Keywords: ANTHROPOGENIC INFLUENCE, TRANSFORMATION OF NATURAL ENVIRONMENT, PHYSICAL, BIOLOGICAL AND CHEMICAL PARAMETERS OF SOIL, QUALITY OF ENVIRONMENT

**Введение.** Окружающая нас природная среда характеризуется тесной связью всех своих составных частей, осуществляемой благодаря циклическим процессам обмена веществ и энергией. Почвенный покров Земли (педосфера) неразрывно связан этими процессами с другими компонентами биосферы. Необдуманное антропогенное воздействие на отдельные природные компоненты неотвратимо сказывается на состоянии почвенного покрова. Антропогенная трансформация природной среды довольно разнообразна. Однако при всем ее разнообразии конечным результатом продолжительной антропогенной деятельности является формирование техногенных (антропогенных) геохимических ландшафтов [1]. Общеизвестными примерами непредвиденных последствий хозяйственной деятельности человека служат разрушение почв в результате изменения водного режима после вырубki лесов, заболачивание плодородных пойменных земель из-за подъема уровня грунтовых вод после строительства крупных гидроэлектростанций и др. Добыча полезных ископаемых - один из основных видов хозяйственной деятельности человека, приводящий к изменению природной среды: изъятию вещества, нарушению целостности прилегающих к выемкам природных массивов и изменению физических, химических и биологических характеристик окружающей природной среды.

**Цель** данной работы – оценить состояние экосистемы, измененной в результате антропогенного воздействия - выемки песка.

**Задачи:**

- исследовать химические, физические и биологические параметры почвы в песчаном карьере и прилегающей естественной территории;
- оценить степень трансформации природной среды в районе песчаного карьера, используя критерии физической, химической и биологической деградации почвы.

**Объекты и методики.** Исследования проводились в Куярском лесничестве Республики Марий Эл, на территории песчаного карьера, подлежащего рекультивации. Почва в карьере имеет песчаный гранулометрический состав, содержание физической глины не превышает 2,44 %, в составе почвы преобладает фракция мелкого песка.

На прилегающей естественной территории (вершина дюны) состав древостоя: 10С, А=65 лет, Р=0,7, Н=20 м; подрост- единично сосна обыкновенная *Pinus sylvestris* L; подлесок - рябина обыкновенная *Sorbus aucuparia* L, можжевельник обыкновенный *Juniperus communis* L; живой напочвенный покров (ЖНП) – лишайники, мхи, злаки, ландыш майский *Convallaria majalis* L. Состав древостоя на междюнном понижении: 4С 6Б, А=55 лет, Р=0,6, Н=20 м; подрост – сосна обыкновенная, береза повислая *Betula pendula* Roth; ЖНП – плаун булавовидный *Lycopodium clavatum* L, брусника *Vaccinium vitis-idaea* L, осоки, зеленые мхи. На песчаном карьере в живом напочвенном покрове преобладали следующие виды растений: вейник наземный *Calamagrostis epigeios* L, тонконог гребенчатый *Koeleria cristata* L, клевер ползучий *Trifolium repens* L, иван-чай узколистный *Chamerion angustifolium* L, смолевка обыкновенная *Silene vulgaris* L, донник белый *Melilotus albus* Medik, лапчатка прямостоячая *Potentilla erecta* L, щавель малый *Rumex acetosella*, зверобой продырявленный *Hypericum perforatum* L, смолка обыкновенная *Viscaria vulgaris* Bernh, осока *Carex spp* L

Для получения информации об экологической ситуации на объекте была использована комплексная оценка качества окружающей среды.

Для исследования изменений в свойствах почвы был изучен почвенный покров естественных прилегающих к карьере территорий (лес) и территория песчаного карьера.

Отбор и подготовку проб проводили согласно ГОСТ [2]. Для характеристики почвенного покрова отбирался смешанный образец,

который составлялся из 20-25 индивидуальных почвенных образцов отобранных с глубины 0-20 см.

Лабораторные исследования проводили с использованием оборудования ЦКП Поволжского государственного технологического университета.

При определении агрохимических показателей использовались стандартные методики: подвижный фосфор и обменный калий - по Кирсанову, рН солевой вытяжки, гидролитическая кислотность - по Каппену, сумма обменных оснований - трилометрическим способом, рассчитана степень насыщенности основаниями. [3]. Физические свойства исследовались традиционными методами [4,5]. Гранулометрический состав почв изучали на анализаторе размера частиц ANALYSETT 22 MicroTes plus.

Биотестирование выполнялось с использованием стандартизованных тест-культур: микро-водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer) [6]; рачки дафнии (*Daphnia magna* Straus) [7], а так же с использованием семян редиса посевного *Raphanus sativus* L. var. *Radicula* Pers., сорта «Красный с белым кончиком». При биотестировании с использованием семян растений оценивается влияние непосредственного замачивания семян в пробах воды на энергию прорастания (дружность появления проростков редиса – за 3 суток), и биометрические параметры проростков. [8].

Микробиологические исследования почвы проводили по общепринятым в микробиологии методикам [9]. Образцы почв для микробиологического анализа отбирали из слоя почвы 0-20 см методом Красильникова. Учет численности микроорганизмов проводили путем посева на агаризованные питательные среды. Аммонифицирующие бактерии учитывали на мясопептонном агаре (МПА); микроорганизмы, использующие минеральный азот – на крахмалоаммиачном агаре (КАА); микромицеты – на подкисленной среде Чапека; олиготрофы – на

почвенном агаре (ПА); автохтонные микроорганизмы - на нитритном агаре (НА); относительную плотность целлюлозоразрушающих микроорганизмов и азотфиксаторов - методом обрастания комочков почвы на среде Гетчинсона с фильтровальной бумагой и среде Эшби, соответственно [10]. Численность микроорганизмов, выросших на питательных средах, пересчитывали на 1 грамм абсолютно сухой почвы. Интенсивность микробиологических процессов минерализации почвенного органического вещества оценивали по индексам минерализации, олиготрофности и педотрофности [11].

Целлюлозоразрушающую и протеолитическую активность почвы определяли в полевых условиях аппликационным методом [12], аммонифицирующую активность оценивали в лабораторных условиях в соответствии с методикой Т. В. Аристовской [13].

Химические исследования (атомно-абсорбционный метод) проводились согласно стандарту ИСО 11047 и методики ФГУ «ФЦАО», на атомно-абсорбционном спектрометре «АAnalit-400» [14].

*Гамма-спектрометрические* исследования проводились на универсальном спектрометрическом комплексе УСК «Гамма Плюс», по методике «Гамма излучающих радионуклидов в счетных образцах на сцинтилляционном гамма спектрометре с использованием программного обеспечения «Прогресс» [15].

Измерение всех параметров проводили в 3-х кратной повторности. Статистическую обработку результатов проводили с использованием программы Statistica 6.0.

Для определения степени трансформации природной среды в результате выемки песка использовались показатели физической деградации почв- мощность органогенного горизонта и плотность почвы; химической деградации – содержание основных питательных элементов и

содержание гумуса; биологической деградации – уровень активной микробной биомассы и фитотоксичность[16].

**Результаты исследований.** Проведенные исследования показали, что почва естественных биоценозов характеризуются очень низким содержанием гумуса в верхнем минеральном горизонте  $A_1A_2$  (не более 1,9 %) и сильнокислой реакцией среды ( $pH < 4,5$ ) во всем профиле почвы. Содержание подвижного фосфора очень низкое во всех горизонтах за исключением органических (г.  $A_0$ , T) и органо-минеральных горизонтах  $A_0A_1$ , где его содержание очень высокое - 31,3 мг/100 г. Подобная ситуация наблюдается и по содержанию обменного калия: в минеральных горизонтах его содержание очень низкое, а в органогенных – очень высокое - 80-139 мг/100 г.

В песчаном карьере органогенный горизонт отсутствует, количество гумуса в верхнем наносном слое ниже, чем в почве естественной территории, и составляет 0,72 %, реакция среды сильнокислая, содержание подвижного фосфора и обменного калия очень низкое - 1,2 мг/100 г и 1,7 мг/100 г, соответственно.

По плотности сложения почва естественной территории и песчаного карьера так же различаются между собой. Наибольшие различия наблюдаются на глубине 10 см, где плотность сложения почвы в карьере в 1,7 раз выше, чем в лесной почве (табл.1).

Таблица 1.- ОСНОВНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПОЧВЫ ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ

Показатель	Значение показателя	
	Песчаный карьер	Естественная территория (лес)
$pH_{КСЛ}$	4,71	3,9-4,1
Содержание гумуса, %	0,72	1,9
Содержание фосфора, мг/100г	1,2	12-31 (0,6-11)
Содержание калия, мг/100 г	1,7	80-39 (7,8-9,6)
Влажность (0-10см), %	0,51	8,4-36,1
Плотность сложения (0-10см) г/см <sup>3</sup>	1,5	0,7-1,0

Анализ содержания тяжелых металлов в почвах объектов исследования выявило отсутствие превышения допустимых уровней, но в лесной почве их концентрация была выше, чем в почве песчаного карьера (табл. 2). Вероятно, это связано с тем, что в карьере был снят наиболее загрязненный поверхностный слой почвы.

Таблица 2- СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ ОБЪЕКТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объект исследований	Содержание металлов в почве, мг/кг					
	Cu	Cd	Zn	Sr	Pb	Mn
Естественная территория (лес)	2,751± 0,02	0,183± 0,01	2,49± 0,03	0	4,135± 0,01	23,04± 0,5
Песчаный карьер	1,27± 0,01	0	2,37± 0,03	0	0,72± 0,01	8,8± 0,1
ПДК	3,0	0,5	23,0	7,0	32,0	1500,0

Природные и техногенные радионуклиды в почве, взятой для проведения гамма-спектрометрического анализа, присутствовали в следовых количествах.

Биотестирование, выполненное на трех тест-организмах, показало отсутствие токсичности в почвенных вытяжках как с естественных территорий (БКР=1; ТКР=1), так и песчаного карьера (БКР=1; ТКР=1,51). Биотестирование на редисе так же не выявило негативного воздействия – фитотоксичность – менее 1,1 раза.

Определение биологической активности почвы (табл. 3) на объектах исследования выявило отсутствие достоверных различий по таким

Таблица 3. - БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ НА ОБЪЕКТАХ ИССЛЕДОВАНИЯ

Вариант опыта	Биологическая активность почвы		
	Целлюлозоразрушающая активность, %	Аммонифицирующая активность, рН возд. среды	Протеолитическая активность, %
Естественная территория -лес	13,57	7,33	0,71
Песчаный карьер	27,67	6,67	0,51
НСР <sub>05</sub>	3,35	-*	-*

\*- различия на 5% -ном уровне значимости не достоверны

параметрам как аммонифицирующая и протеазная активность и усиление процессов трансформации сложных органических веществ в почве песчаного карьера по сравнению с естественной территорией (табл. 3).

Проведение микробиологического анализа показало, что выемка песка не оказывает существенного влияния на процессы, связанные с трансформацией органических форм азота по сравнению с почвой естественной территории (табл. 4).

Среди микроорганизмов, утилизирующих подвижные формы минерального азота, доминируют актиномицеты. Их численность в почве песчаного карьера увеличивается в 1,5 раза по сравнению с целинной почвой, что свидетельствует об усилении процессов минерализации труднодоступных органических веществ.

Таблица 4. - ЧИСЛЕННОСТЬ ОСНОВНЫХ ЭКОЛОГО-ТРОФИЧЕСКИХ ГРУПП МИКРООРГАНИЗМОВ И ПОКАЗАТЕЛИ АКТИВНОСТИ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПОДЗОЛИСТОЙ ПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

Микроорганизмы, млн. к/г абс. сухой почвы и показатели активности микробиологических процессов	Песчаный карьер	Естественная территория (лес)
Аммонифицирующие	1,02 ± 0,06	1,05 ± 0,05*
Аминоавтотрофы	0,48 ± 0,02	0,49 ± 0,02*
Актиномицеты	0,21 ± 0,01	0,14 ± 0,01
Олиготрофные	1,36 ± 0,05	1,05 ± 0,04
Автохтонные	0,92 ± 0,03	0,21 ± 0,01
Микромицеты	0,007 ± 0,35	0,084 ± 3,94
Целлюлозодеструкторы**	40,0 ± 1,16	54,0 ± 1,83
Азотфиксирующие**	14,0 ± 0,71	0,0 ± 0,0
Коэффициент минерализации (МПА/КАА)	0,47	0,47
Коэффициент педотрофности (ПА/МПА)	1,34	1,00
Коэффициент олиготрофности (НА/МПА)	0,90	0,21

\*- различия на 5% -ном уровне значимости не достоверны;

\*\* - % обрастания комочков почвы

В почве песчаного карьера усиливаются процессы трансформации гумусовых веществ, численность автохтонной микрофлоры увеличивается в 4,4 раза по сравнению с лесной почвой. Наименьшее количество гумусоразлагающих микроорганизмов отмечается в целинной почве.



Процесс трансформации гумуса протекает здесь менее активно, и создаются предпосылки для его синтеза.

Следует отметить невысокую численность микроскопических грибов в составе микробных комплексов исследуемых почв. Наибольшая численность микромицетов выявлена в почве смешанного леса.

Определение микробной биомассы в почве естественной территории и песчаного карьера показало, что биологические параметры почвы, в целом, подверглись наименьшей трансформации в результате выемки песка. Однако, исследование структуры микробного сообщества - изучение количественного, трофического и таксономического состава прокариот и мицелиальных организмов - выявило наличие некоторых различий: в почве песчаного карьера преобладает олиготрофная группировка микроорганизмов, снижена численность аэробных целлюлозоразрушающих бактерий и мицелиальных грибов. Увеличение коэффициентов педотрофности и олиготрофности при одинаковом значении показателя минерализации органических веществ в почве свидетельствует об активности процессов, связанных с утилизацией гумуса и гумусосодержащих соединений.

**Выводы.** Исследование физических и химических параметров почвы свидетельствует об отсутствии в песчаном карьере органогенного горизонта, плотность почвы в 1,7 раза выше, чем на естественной территории, а содержание основных питательных элементов калия и фосфора более чем в пять раз меньше; содержание гумуса снижено более, чем в 2 раза. По биологическим параметрам на объектах резких различий не наблюдается: уровень активной микробной биомассы отличается незначительно, фитотоксичность почвы не выявлена.

Использование показателей и критериев деградации почв позволило сделать вывод о степени трансформации объекта исследований – песчаного карьера: физические и химические параметры свидетельствуют

о четвертой степени деградации почвы, в то время как биологические параметры близки к показателям почвы с естественной территории.

#### Литература:

1. Алексеенко, В. А. Эколого-геохимические аспекты антропогенной трансформации природной среды / В.А. Алексеенко // Антропогенная трансформация природной среды: материалы междунар. конф. - Пермь, 2010. Т. 1., Ч. 1. - С. 20-33.
2. ГОСТ 28168-89. Почвы. Отбор почв. М., 1989
3. Аринушкина, Е. В. Руководство по химическому анализу / Е.В. Аринушкина. - Москва: МГУ, 1979. - 487 с.
4. Вадюнина, А.Ф. Методы исследования физических свойств почв / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. - М.: Агропромиздат, 1986.- 415 с.
5. Астапов, С.В. Почвенная съемка: Методы изучения водно-физических свойств почв и грунтов / С.В. Астапов, С.И. Долгов. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – С. 299-330.
6. Природоохранные нормативные документы федеративные - ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.10-04 (ПНД Ф Т 16.1:2.3:3.7-04). Токсикологические методы. Методика определения токсичности проб поверхностных пресных, грунтовых, питьевых, сточных вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer). Красноярск, 2007. 36 с.
7. Природоохранные нормативные документы федеративные - ПНД Ф Т 14.1:2:4.12-06 (ПНД Ф Т 16.1:2:3:3.9-06). Токсикологические методы. Методика определения токсичности водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов, питьевой, сточной и природной воды по смертности тест-объекта *Daphnia magna* Straus. Красноярск, 2006. 46 с.
8. Кабиров, Р. Р. Разработка и использование многокомпонентной тест – системы для оценки токсичности почвенного покрова городской территории/ Р. Р. Кабиров, А. Р. Санитова, Н. В. Суханова // Экология, 1997. - №6. – С. 411.
9. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д. Г. Звягинцева. М., 1991. 304 с.
10. Теппер, Е. З. Практикум по микробиологии / Е.З. Теппер, В.К. Шильникова, Г.И. Переверзева. - М., 2004. - 256 с.
11. Муха, В.Л. О показателях, отражающих интенсивность и направленность почвенных процессов / В.Л. Муха // О показателях, отражающих интенсивность и направленность почвенных процессов: Труды ХарСХИ. - Харьков, 1980. Т. 273. С.13–16.
12. Малюта, О. В. Экологический мониторинг: метод. указания / О.В. Малюта, А.Р. Григорьева. - Йошкар-Ола, 2011. - 125 с.
13. Аристовская, Т. В. Экспресс-метод определения биологической активности почвы / Т.В. Аристовская, М.В. Чугунова // Почвоведение. - 1989.- № 11.- С.142-147.
14. Методика выполнения измерений валового содержания меди, кадмия, цинка, свинца, никеля, марганца, кобальта, хрома методом атомно-абсорбционной спектроскопии. – М.: Изд. ФГУ «ФЦАО», 2007. Экз. 04889. 20 с.
15. Методика измерения активности радионуклидов в счетных образцах на сцинтилляционном гамма-спектрометре с использованием программного обеспечения «Прогресс». М.: ВНИИФТРИ, 1996.-37с.
16. Титова, Т.В. Рекомендации по оценке экологического состояния почв как компонента окружающей среды / Т.В. Титова, Е.В. Дабахова, М.В. Дабахов. - Н. Новгород, 2004. - 68с.

### References

1. Alekseenko, V. A. Jekologo-geohimicheskie aspekty antropogennoj transformacii prirodnoj sredy / V.A. Alekseenko // Antropogennaja transformacija prirodnoj sredy: materialy mezhdunar. konf. - Perm', 2010. T. 1., Ch. 1. - S. 20-33.
2. GOST 28168-89. Pochvy. Otbory pochv. M., 1989
3. Arinushkina, E. V. Rukovodstvo po himicheskomu analizu / E.V. Arinushkina. - Moskva: MGU, 1979. - 487 s.
4. Vadjunina, A.F. Metody issledovanija fizicheskikh svojstv pochv / A.F. Vadjunina, Z.A. Korchagina. - M.: Agropromizdat, 1986.- 415 s.
5. Astapov, S.V. Pochvennaja s#emka: Metody izuchenija vodno-fizicheskikh svojstv pochv i gruntov / S.V. Astapov, S.I. Dolgov. – M.: Izd-vo AN SSSR, 1959. – S. 299-330.
6. Prirodoohrannye normativnye dokumenty federativnye - PND F T 14.1:2:3:4.10-04 (PND F T 16.1:2:3:3.7-04). Toksikologicheskie metody. Metodika opredelenija toksichnosti prob poverhnostnyh presnyh, gruntovyh, pit'evykh, stochnyh vod, vodnyh vytjazhek iz pochv, osadkov stochnyh vod i othodov po izmeneniju opticheskoj plotnosti kul'tury vodorosli hlorella (*Chlorella vulgaris* Beijer). Krasnojarsk, 2007. 36 s.
7. Prirodoohrannye normativnye dokumenty federativnye - PND F T 14.1:2:4.12-06 (PND F T 16.1:2:3:3.9-06). Toksikologicheskie metody. Metodika opredelenija toksichnosti vodnyh vytjazhek iz pochv, osadkov stochnyh vod i othodov, pit'evoj, stochnoj i prirodnoj vody po smertnosti test-ob#ekta *Daphnia magna* Straus. Krasnojarsk, 2006. 46 s.
8. Kabirov, R. R. Razrabotka i ispol'zovanie mnogokomponentnoj test – sistemy dlja ocenki toksichnosti pochvennogo pokrova gorodskoj territorii/ R. R. Kabirov, A. R. Sanitova, N. V. Suhanova // Jekologija, 1997. - №6. – S. 411.
9. Metody pochvennoj mikrobiologii i biohimii / pod red. D. G. Zvjaginceva. M., 1991. 304 s.
10. Tepper, E. Z. Praktikum po mikrobiologii / E.Z. Tepper, V.K. Shil'nikova, G.I. Pereverzeva. - M., 2004. - 256 s.
11. Muha, V.L. O pokazateljah, otrazhajushhih intensivnost' i napravlennost' pochvennyh processov / V.L. Muha // O pokazateljah, otrazhajushhih intensivnost' i napravlennost' pochvennyh processov: Trudy HarSHI. - Har'kov, 1980. T. 273. S.13–16.
12. Maljuta, O. V. Jekologicheskij monitoring: metod. ukazanija / O.V. Maljuta, A.R. Grigor'eva. - Joshkar-Ola, 2011. - 125 s.
13. Aristovskaja, T. V. Jekspress-metod opredelenija biologicheskoj aktivnosti pochvy / T.V. Aristovskaja, M.V. Chugunova // Pochvovedenie. - 1989.- № 11.- S.142-147.
14. Metodika vypolnenija izmerenij valovogo sodержanija medi, kadmija, cinka, svinca, nikelja, marganca, kobal'ta, hroma metodom atomno-absorbcionnoj spektrometrii. – M.: Izd. FGU «FCAO», 2007. Jekz. 04889. 20 s.
15. Metodika izmerenija aktivnosti radionuklidov v schetnyh obrazcah na scintilljacionnom gamma-spektrometre s ispol'zovaniem programmnoho obespechenija «Progress». M.: VNIIFTRI, 1996.-37s.
16. Titova, T.V. Rekomendacii po ocenke jekologicheskogo sostojanija pochv kak komponenta okruzhajushhej sredy / T.V. Titova, E.V. Dabahova, M.V. Dabahov. - N. Novgorod, 2004. - 68s.