

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПОЧВОГРУНТОВ УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ КАК ЭЛЕМЕНТ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ

Лукашов С.В., Иванченкова О.А.

ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», Брянск,
e-mail: sergelukashov@yandex.ru

Целью настоящей работы являлось описание принципов и методологии физико-химического, микробиологического и радиологического исследования почвогрунтов при проведении инженерно-экологических изысканий. На конкретном примере рассмотрен комплексный анализ состояния почвогрунтов в пределах участка предполагаемой застройки, включающий полный микробиологический анализ, определение содержания нефтепродуктов, тяжелых металлов, бенз(а)пирена и радиологическое обследование почвогрунтов (гамма-спектрометрия проб почвогрунтов). Обоснованы принципы выбора физико-химических и микробиологических методов комплексного анализа почвогрунтов. Усовершенствованы методики пробоподготовки для определения содержания в почвогрунтах бенз(а)пирена и подвижных форм тяжелых металлов, а также методика определения концентраций тяжелых металлов, выходящих за верхние аналитические пределы, для образцов почвогрунтов с высоким содержанием элементов. Проведены экспериментальные исследования по определению состава микробиологического сообщества почвогрунтов обследуемой территории. В исследуемых образцах почвогрунтов определены концентрации бенз(а)пирена, нефтепродуктов, тяжелых металлов. Выполнено радиологическое обследование проб почвогрунта. На основании полученных экспериментальных данных проведена оценка состояния почвогрунтов урбанизированной территории предполагаемой застройки. Показано, что микробиологические показатели не превышают допустимых значений, также не было выявлено превышений ПДК по бенз(а)пирену. В исследуемых образцах почвогрунта установлено превышение содержания нефтепродуктов и тяжелых металлов: цинка и меди. Не выявлено превышений по суммарному содержанию естественных радионуклидов, а содержание радия-226, являющегося родоначальником радона – 222, соответствует средним значениям радия в песках различных месторождений. Описанный подход к комплексному анализу почвогрунтов может быть использован при проведении инженерно-экологических изысканий для определения возможности последующей застройки урбанизированной территории.

Ключевые слова: инженерно-экологические изыскания, нефтепродукты, почвогрунт, тяжелые металлы, бенз(а)пирен, радионуклиды, нефтепродукты

ANALYSIS OF THE STATE OF SOILS IN URBANIZED TERRITORIES AS AN ELEMENT OF ENGINEERING AND ENVIRONMENTAL SURVEYS

Lukashov S.V., Ivanchenkova O.A.

Bryansk State Engineering-Technological University, Bryansk, e-mail: sergelukashov@yandex.ru

The purpose of this work was describe principles and methodology physical, chemical, microbiological and radiological research soils during engineering and environmental surveys. On a concrete example, comprehensive analysis state soils within proposed development site is considered, including complete microbiological analysis, determination content petroleum products, heavy metals, benz(a)pyrene and radiological examination soils (gamma-spectrometry soil samples). The principles choosing physical, chemical and microbiological methods complex analysis soil are substantiated. Improved methods of sample preparation for determining the content of Benz(a) pyrene and mobile forms of heavy metals in soils, as well as methods for determining the concentrations of heavy metals beyond the upper analytical limits for soil samples with a high content of elements. Experimental studies were conducted determine composition microbiological community soils in surveyed territory. Concentrations benz(a) pyrene, petroleum products, and heavy metals were determined in studied soil samples. Radiological examination soil samples was performed. Based on experimental data obtained, assessment soil condition urbanized territory proposed development was carried out. It was shown that microbiological indicators do not exceed permissible values, and no excess for benz(a)pyrene was detected. The studied soil samples showed an excess content petroleum products and heavy metals: zinc and copper. No excess in total content natural radionuclides was detected, and content radium-226, which is the parent radon – 222, corresponds to average values radium in sands various deposits. The described approach complex analysis soils can be used when conducting engineering and environmental surveys to determine possibility further development urbanized territory.

Keywords: engineering and environmental surveys, petroleum products, soil, heavy metals, Benz (a) pyrene, radionuclides, petroleum products

В настоящее время в нашей стране, как и во всем мире, промышленность характеризуется высокими темпами индустриализации, что является причиной появления большого количества участков урбанизи-

рованной территории, нарушенной вследствие антропогенной деятельности. В связи с этим возникает проблема оценки степени нарушения данной территории при составлении прогнозов возможности ее

дальнейшего использования или восстановления. Поэтому организация и проведение инженерно-экологических изысканий является актуальной практической задачей на стадиях разработки предпроектной и проектной документации в соответствии с действующим экологическим законодательством [1; 2].

Одним из элементов инженерно-экологических изысканий является анализ почвогрунтов обследуемой территории. Это обусловлено необходимостью получения сведений о состоянии почвы и грунтов с целью определения пригодности территории для планируемых видов деятельности, так как почвогрунты являются важной составляющей окружающей среды, выполняя глобальные и биогеоценотические (экосистемные) функции [3].

По мнению большинства авторов, работы по проведению почвенно-грунтовых исследований должны отвечать следующим основным принципам: системности, объективности и достоверности полученных данных, научности, практической значимости [4; 5].

В соответствии с изложенными принципами комплекс работ по исследованию почвогрунтов должен включать: анализ запланированных проектной документацией решений для постановки целей и задач исследования; подбор методов исследования, обеспечивающих всестороннее изучение объекта и воспроизводимость результатов; оценку полученных результатов исследования; разработку практических рекомендаций для корректировки проектных решений [4; 6]. Следует отметить, что состав комплекса работ по проведению исследования почвогрунтов может меняться в зависимости от вида намечаемой деятельности, географического положения обследуемой территории, степени антропогенной нарушенности ландшафта и др. [4].

В настоящей работе мы попытаемся рассмотреть подходы к организации и проведению исследований, связанных с анализом почвогрунтов урбанизированной территории в рамках проведения инженерно-экологических изысканий.

Урбанизированная территория характеризуется высокой степенью техногенного изменения пространства, загрязнения химическими соединениями (солями тяжелых металлов, нефтепродуктами, бенз-а-пиреном), наличием патогенной микрофлоры, а иногда и содержанием радиоактивных изотопов. Все перечис-

ленное предопределяет программу инженерно-экологических изысканий в целом и почвенно-грунтовых исследований в частности [4; 5].

По нашему мнению, в состав работ, связанных с анализом почвогрунтов урбанизированной территории, должны в обязательном порядке включаться: общая характеристика, полный микробиологический анализ, определение содержания нефтепродуктов, тяжелых металлов, бенз(а)пирена и радиологическое обследование (гамма-спектрометрия), так как данный комплекс исследований позволит наиболее объективно оценить степень нарушенности исследуемого объекта.

Целью настоящей работы являлось описание на конкретном примере принципов и методологии физико-химического, микробиологического и радиологического исследования почвогрунтов при проведении инженерно-экологических изысканий на урбанизированной территории.

Материалы и методы исследования

Исследования почвогрунтов проводились в рамках инженерно-экологических изысканий при обследовании участка в пределах г. Брянска Брянской области, с целью определения возможности его дальнейшей застройки.

Отбор проб почвогрунта производили в соответствии с требованиями, предъявляемыми к отбору проб и проведению химического, бактериологического, гельминтологического анализа почв, методом определения физических характеристик грунтов [7; 8].

Комплексный микробиологический анализ проводили в соответствии с методикой [9], осуществляя посев на набор питательных сред для выделения микрофлоры, характерной для исследуемого образца почвогрунта. Для анализа микробценоза применяли мясопептонный агар, содержание патогенной микрофлоры определяли на селективных средах. Микроскопические исследования проводили с помощью микроскопа «Минимед-501».

Определение содержания бенз(а)пирена в почвогрунте проводили с помощью высокоэффективного жидкостного хроматографа UltiMate 3000 с флуориметрическим детектором по известной методике [10]. Пробоподготовку выполняли по усовершенствованной нами методике, включающей очистку экстракта бенз-а-пирена на оксиде алюминия и безводном сульфате

натрия с последующим элюированием смесью хлористого метилена и гексана.

Содержание нефтепродуктов исследовали на инфракрасном фурье-спектрометре ФСМ-1201, снимая спектр экстракта нефтепродуктов относительно чистого четыреххлористого углерода. Показания переводили в значение оптической плотности и по калибровочной кривой определяли концентрацию.

Определение тяжелых металлов проводили атомно-абсорбционным методом на МГА-915. Определение концентраций тяжелых металлов, выходящих за верхние аналитические пределы для образцов почвогрунтов с высоким содержанием элементов, проводили по усовершенствованной нами методике на спектрометре универсальном рентгеновском СУР-01 Renom. Возбуждение рентгеновской флуоресценции проводилось трубкой с медным анодом при напряжении 30 кВ и силе тока 2-2.8 мА в зависимости от образца. Для детектора от характеристического излучения меди использовался ванадиевый фильтр.

Для проведения исследований по определению содержания естественных радионуклидов в образцах почвогрунтов использовался гамма-спектрометрический метод.

Математическая обработка осуществлялась с применением программного комплекса Mathcad.

Результаты исследования и их обсуждение

В качестве объекта исследования были выбраны почвогрунты в пределах участка, отведенного под планируемую застройку в черте г. Брянска Брянской области. Поскольку участок расположен в пределах промышленной зоны, а его территория имела признаки техногенного изменения, требовалось провести оценку степени ее нарушенности и выдать рекомендацию о возможности использования в намечаемой хозяйственной деятельности. Так как исследование почвогрунтов являлось одним из основных элементов проводимых инженерно-экологических изысканий, в настоящей работе описан комплексный подход к их анализу.

В ходе рекогносцировочного обследования территории участка были определены точки отбора проб почвогрунта (рис. 1).

В каждой точке было отобрано по 3 образца с различной глубиной: 0,2, 0,5, 1 м. Пробы маркировались последовательной нумерацией.

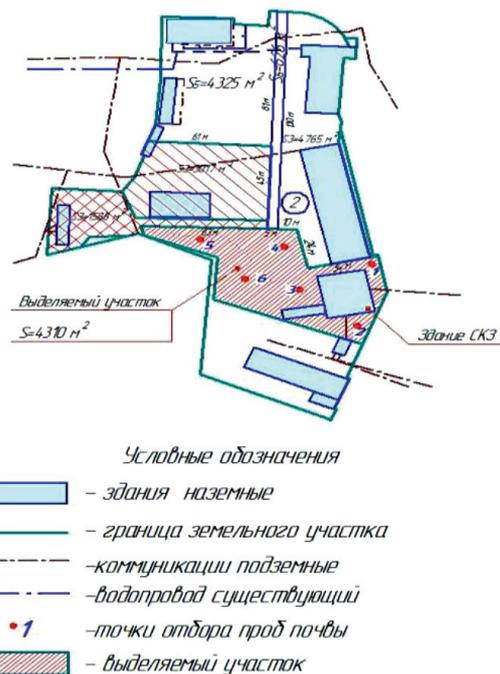


Рис. 1. Схема ситуационного плана расположения участка планируемой застройки

Для выбора методов комплексного исследования почвогрунтов необходимо было сделать общий физический анализ и провести их классификацию [2; 8]. Было установлено, что все отобранные образцы представляют собой несвязный минеральный грунт (песок), загрязненный твердыми коммунальными (ТКО) и промышленными отходами. Среди основных видов ТКО следует выделить пластик, промасленную ветошь, отходы древесины. К промышленным отходам были отнесены фрагменты отработанных масляных фильтров и элементы металлических конструкций, разрушенных коррозией, обнаруженные в точках отбора проб 1 и 5 (рис. 1). Наличие промышленных отходов на обследуемой территории очевидно, по-видимому, граничащим с ней предприятием по ремонту дизелей. На основании полученных данных было принято решение провести микробиологический анализ, исследование на содержание нефтепродуктов и бенз-а-пирена, определение тяжелых металлов в образцах отобранных проб почвогрунтов.

Результаты микробиологических исследований приведены в табл. 1. Установлено, что микробиологическое сообщество во всех пробах почвогрунтов представлено бактериями родов *Bacillus* и *Actinomyces*. Количество обнаруженных бактерий зави-

сит от глубины взятия пробы – уменьшается от поверхности к более глубоким уровням (табл. 1).

Из данных, представленных в табл. 1, видно, что содержание кишечной палочки и энтерококков составляет менее 1 КОЕ/г при разных разведениях для всех проб почвогрунта, не превышая установленные значения.

В процессе гельминтологических исследований яиц гельминтов не выявлено. Полученные микробиологические показатели изученных образцов почвогрунтов позволяют рекомендовать рассматриваемую территорию для планируемой застройки.

Поскольку рекогносцировочное обследование выявило следы загрязнения территории горюче-смазочными материалами, были проведены исследования по определе-

нию нефтесодержащих веществ в отобранных образцах почвогрунта.

Нефть является сложным комплексом органических соединений, каждое из которых представляет потенциальную опасность для окружающей среды. Однако загрязнение имело незначительный локальный характер, в связи с чем был выбран метод валового определения содержания нефтепродуктов [11].

Вследствие того что бенз-а-пирен проявляет канцерогенные свойства, аккумулируется в почвогрунтах, способен накапливаться в живых организмах [11], нами была обоснована необходимость его определения.

Результаты исследований почвогрунтов на содержание нефтепродуктов и бенз-а-пирена представлены в табл. 2.

Таблица 1

Результаты микробиологического исследования почвогрунтов

Нумерация пробы	Показатель	Усредненные значения КОЕ/г (различные разведения)	
		10-2	10-3
1, 4, 7, 10, 13, 16	<i>Bacillus</i>	15,4	4,6
	<i>Actinomyces</i>	9,0	2,7
2, 5, 8, 11, 14, 17	<i>Bacillus</i>	10,1	4,0
	<i>Actinomyces</i>	6,3	2,4
3, 6, 9, 12, 15, 18	<i>Bacillus</i>	8,3	2,2
	<i>Actinomyces</i>	4,1	1,4
1, 4, 7, 10, 13, 16	Индекс бактерий группы кишечной палочки	Менее 1	Менее 1
	Индекс энтерококков	Менее 1	Менее 1
2, 5, 8, 11, 14, 17	Индекс бактерий группы кишечной палочки	Менее 1	Менее 1
	Индекс энтерококков	Менее 1	Менее 1
3, 6, 9, 12, 15, 18	Индекс бактерий группы кишечной палочки	Менее 1	Менее 1
	Индекс энтерококков	Менее 1	Менее 1

Таблица 2

Содержание нефтепродуктов и бенз-а-пирена в образцах почвогрунта

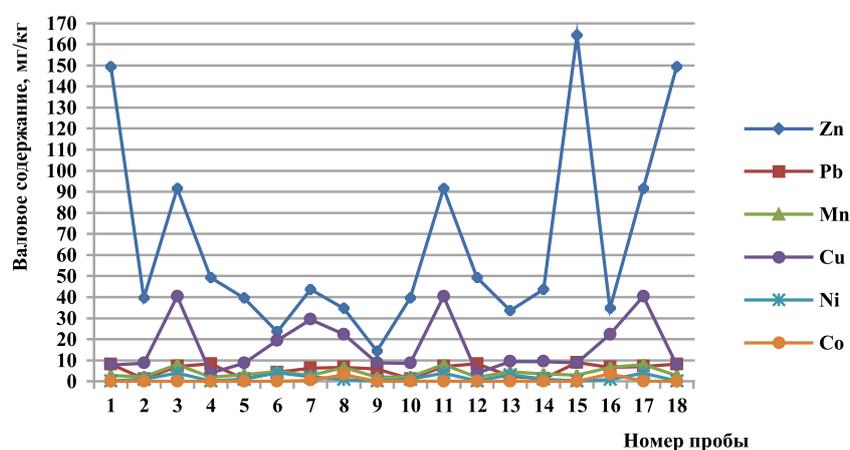
№ пробы	Содержание, мг/кг		№ пробы	Содержание, мг/кг	
	нефтепродуктов	бенз-а-пирена		нефтепродуктов	бенз-а-пирена
1	181,5	0,0095	10	15,9	0,0013
2	53,8	0,0007	11	9,2	0,0008
3	22,7	0,0003	12	1,4	0,0003
4	85,3	0,0003	13	176,3	0,0138
5	33,4	0,0001	14	21,1	0,0094
6	10,3	0,0001	15	2,3	0,0009
7	30,7	0,0009	16	65,4	0,0083
8	7,4	0,0008	17	28,8	0,0013
9	6,6	0,0003	18	3,5	0,0005

Из полученных данных видно, что в пробах № 1, 13 (соответствуют точкам отбора проб 1 и 5) превышены значения, установленные СП 11-102-97 «Инженерно-экологические изыскания для строительства» по содержанию нефтепродуктов. Превышений предельно допустимых концентраций по бенз-а-пирену не установлено. По содержанию нефтепродуктов почвогрунты относятся к малозагрязненным.

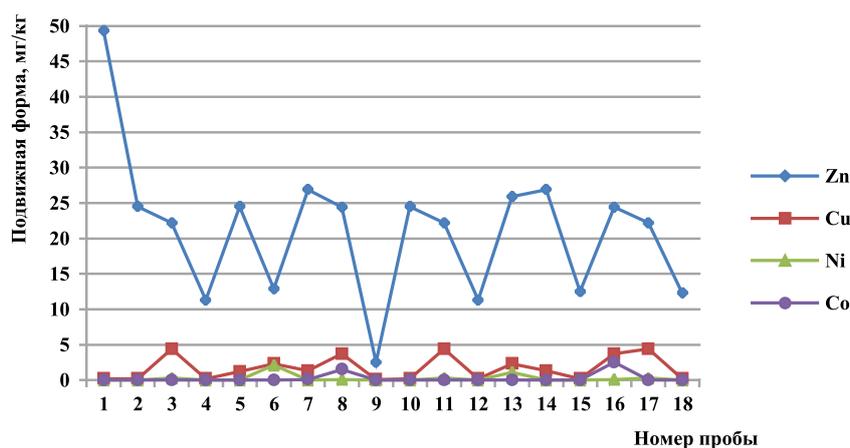
В рамках комплексного анализа почвогрунтов обследуемой территории было проведено определение содержания тяжелых металлов, так как они представляют повышенную опасность для окружающей среды [12].

Поскольку в почвогрунтах исследуемого типа ионы тяжелых металлов могут содержаться в виде солей карбонатов, галогенидов, сульфатов и сульфидов, которые предположительно имеют различную растворимость, необходимо определять как валовое их содержание, так и концентрацию подвижных форм. Результаты исследований содержания тяжелых металлов в исследуемых образцах почвогрунта представлены на рис. 2.

Из представленных данных видно, что наблюдается превышение значений ПДК по Zn и Cu в 1,2 и 1,5 раза соответственно, что позволяет отнести почвогрунт к слабозагрязненным, а обследуемый участок к пригодным для промышленной застройки.



а)



б)

Рис. 2. Результаты анализа почвогрунта обследуемой территории:
 а) валовое содержание тяжелых металлов в пробах почвогрунта;
 б) содержание тяжелых металлов в подвижной форме в пробах почвогрунта

Таблица 3

Средние значения природных радионуклидов в образцах почвы обследуемой территории

№ пробы	Содержание радионуклидов, Бк/кг, среднее			
	Ra-226	Th-232	K-40	A _{эфф} , уд. эффективная активность
2, 5, 8, 11, 14, 17 (мокрая)	11,1 ± 7,3	2,7 ± 4,3	72,2 ± 36,3	21,1 ± 9,8
2, 5, 8, 11, 14, 17 (сухая)	6,8 ± 6,7	1,9 ± 4,2	104,5 ± 39,9	18,7 ± 9,4
1, 4, 7, 10, 13, 16 (мокрая)	10,3 ± 7,7	2,2 ± 4,7	78,6 ± 40,2	20,3 ± 10,5
1, 4, 7, 10, 13, 16 (сухая)	9,2 ± 7,8	3,1 ± 4,9	100,9 ± 43,6	22,3 ± 10,8
Среднее	9,35 ± 7,3	2,48 ± 4,4	89,05 ± 40,0	20,6 ± 10,1

В связи с тем что территория Брянской области пострадала при аварии на Чернобыльской АЭС [13], нами было проведено радиологическое обследование почвогрунтов. Результаты измерения содержания удельной активности естественных радионуклидов в образцах почвы представлены в табл. 3.

Анализ данных, представленных в таблице 3, показывает, что суммарное содержание естественных радионуклидов не превышает требований СанПиН 2.6.1.2523-09 (НРБ-99/2009). Содержание радия-226, являющегося родоначальником радона – 222, соответствует средним значениям радия в песках различных месторождений.

Таким образом, по результатам проведенного комплексного анализа почвогрунтов можно сделать вывод о возможности промышленной застройки обследуемой территории.

Выводы

На конкретном примере описаны принципы и методология физико-химического, микробиологического и радиологического исследования почвогрунтов при проведении инженерно-экологических изысканий на урбанизированной территории.

Проведен комплексный анализ почвогрунтов, по результатам которого сделана оценка возможности использования обследуемой территории для последующей застройки.

Усовершенствованы методики пробоподготовки для определения содержания в почвогрунтах бенз(а)пирена и подвижных форм тяжелых металлов, а также методика определения концентраций тяжелых металлов, выходящих за верхние аналитические пределы для образцов почвогрунтов с высоким содержанием элементов.

Описанный в работе подход к комплексному анализу почвогрунтов может быть использован при проведении инженерно-

экологических изысканий для определения возможности намечаемой хозяйственной деятельности.

Список литературы / References

1. Лонзингер А.В. Роль инженерно-экологических изысканий грунтов в комплексе исходно-разрешительных мероприятий при новом строительстве // Наука и Мир. 2014. № 2(6). С. 238–240.
2. Lonzinger A.V. Position of engineering and environmental survey of subsoils in the complex of preliminary permissions at new construction // Nauka i Mir. 2014. № 2(6). P. 238–240 (in Russian).
3. Новых Л.Л. Современные проблемы почвенных исследований при проведении инженерно-экологических изысканий // Вестник ТГУ. 2014. Т. 19. № 5. С. 1466–1449.
4. Novykh L.L. Modern problems of soil research during engineering and environmental surveys // Vestnik TGU. 2014. V. 19. № 5. P. 1466–1449 (in Russian).
5. Окопелова А.А., Желтобрюхов В.Ф., Стяжин В.Н., Кожевникова В.П. Полиэлементная токсикация почв: монография. Волгоград: ВолгГТУ, 2015. 148 с.
6. Okolelova A.A., Zheltobryukhov V.F., Sazhin V.N., Kozhevnikova V.P. Semi-element detoxification of soils: monograph. Volgograd: VolgGTU, 2015. 148 p. (in Russian).
7. Никитин А.В., Мингазова Н.М., Гарипова Л.Ф. Методы оценки экологического состояния территорий, рекомендуемые при проведении инженерно-экологических изысканий // «Экономика в меняющемся мире» Материалы Экономического форума с международным участием. Сборник научных статей. Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2017. С. 304–306.
8. Nikitin A.V., Mingazova N.M., Garipova L.F. Methods of assessing the ecological state of territories recommended for engineering and environmental surveys // «Economy in a changing world» Materials of the Economic forum with international participation. Sbornik nauchnykh statey. Kazan': Kazanskiy (Privolzhskiy) federal'nyy universitet, 2017. P. 304–306 (in Russian).
9. Ледашева Т.Н., Пинаев В.Е. Обзор зарубежных публикаций по вопросам оценки современного состояния окружающей среды и оценки воздействия на окружающую среду // Интернет-журнал «Наукovedение». 2017. Т. 9. № 1. [Электронный ресурс]. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/16EVN117.pdf> (дата обращения: 18.04.2020).
10. Ledashcheva T.N., Pinaev V.E. Review of foreign publications on the assessment of the current state of the environment and environmental impact assessment // Internet-zhurnal «Naukovedeniye». 2017. V. 9. № 1. [Electronic resource]. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/16EVN117.pdf> (date of access: 18.04.2020) (in Russian).
11. Меньшикова Е.А., Ждакаев В.И. Оценка экологического состояния грунтов городских территорий // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2017. № 17. С. 220–223.
12. Menshikova E.A., Zhdakaev V.I. Assessment of the ecological state of soils of urban territories // Geologiya i poleznyye

iskorayemyye Zapadnogo Urala. 2017. № 17. P. 220–223 (in Russian).

7. Титова В.И., Дабахова Е.В., Дабахов М.В., Ветчинников А.А. Значение и нормативно-методическое обеспечение этапа пробоотбора почв в почвенно-экологических исследованиях // Проблемы агрохимии агрохимии и экологии. 2013. № 1. С. 53–55.

Titova V.I., Dabakhova E.V., Dabakhov M.V., Vetchinikov A.A. The role and the normative-methodical support of the stage of soil sampling in the soil-ecological studies // Problemy agrokhimii agrokhimii i ekologii. 2013. № 1. P. 53–55 (in Russian).

8. ГОСТ 17.4.4.02-2017 Межгосударственный стандарт «Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа». М.: Стандартинформ, 2018. 21 с.

9. Методические рекомендации методы микробиологического контроля почвы. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200087788> (дата обращения: 18.04.2020).

Methodological recommendations methods of microbiological control of soil. Electronic Fund of legal and normative-technical documentation. [Electronic resource]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200087788> (date of access: 18.04.2020) (in Russian).

10. МУК 4.1.1274-03 Методы контроля. Химические факторы. Измерение массовой доли бенз(а)пирена в пробах почв, грунтов, донных отложений и твердых отходов

методом ВЭЖХ с использованием флуориметрического детектора [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200034302> (дата обращения: 18.04.2020).

11. Окпелова А.А., Желтобрюхов В.Ф., Стяжин В.Н., Кожевникова В.П. Особенности накопления и трансформации нефтепродуктов в почве: монография. Волгоград: ВолГТУ, 2015. 104 с.

Okolelova A.A., Zheltobryukhov V.F., Sazhin V.N., Kozhevnikova V.P. Features of accumulation and transformation of petroleum products in the soil: monograph. Volgograd: VolgGTU, 2015. 104 p. (in Russian).

12. Капралова О.А., Колесников С.И., Денисова Т.В., Казеев К.Ш., Налета Е.В. Влияние загрязнения тяжелыми металлами на биологические свойства почв г. Ростова-на-Дону: монография. Ростов-на-Дону: Изд. ЮФУ, 2014. 148 с.

Kapralova O.A., Kolesnikov S.I., Denisova T.V., Kazeev K.Sh., Naleta E.V. Influence of heavy metal pollution on the biological properties of soils in Rostov-on-don: monograph. Rostov-na-Donu: Izd. YuFU, 2014. 148 p. (in Russian).

13. Лукашов С.В., Пархоменко В.И., Гамазин В.П., Хохлова М.В. Защита окружающей среды и человека от различных факторов природного и техногенного происхождения на территории Брянской области: монография / Под общ. ред. Цубловой Е.Г. Брянск: ФГБОУ ВО БГИТУ, 2019. 382 с.

Lukashov S.V., Parkhomenko V.I., Gamazin V.P., Khokhlova M.V. Protection of the environment and human from various factors of natural and technogenic origin in the territory of the Bryansk region: monograph / Pod obshch. red. Tsubloyoy Ye.G. Bryansk: FGBOU VO BGITU, 2019. 382 p. (in Russian).