

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 1, Number 439 (2020), 31 – 37

<https://doi.org/10.32014/2020.2518-170X.4>

UDC 502.64; 504.054; 550.42

S. Kh. Soltanov¹, Kh. B. Yunusov², Yu. A. Yuldashbayev³, S. V. Zolotarev³, D. A. Baimukanov⁴

¹Moscow Region State University, Moscow, Russia;

²Samarkand Institute of Veterinary Medicine, Samarkand, Republic of Uzbekistan;

³Russian State Agrarian University -Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev, Moscow, Russia;

⁴Educational Scientific and Production Center Bayserke-Agro LLP, Talgar district, Almaty region, Kazakhstan.

E-mail: sej99@yandex.ru, unn59@mail.ru, zoo@rgau-msha.ru, dbaimukanov@mail.ru

MODERN GEOCHEMICAL STATE OF THE ENVIRONMENT OF THE ADJACENT TERRITORIES OF THE DOMODEDOVO MOSCOW AIRPORT

Abstract. The main parameters of the geochemical state of the environment (E) and their change as a result of the functioning of the apron of the Domodedovo Moscow Airport are considered. The qualitative and quantitative composition of the polluting elements is presented. The features of elements of soil contamination are studied. The carried out theoretical and practical work allowed compiling tables of total and active forms of pollutants in the studied soils. Recommendations have been developed to prevent and reduce the negative environmental impact on the soil of the aerodrome and nearby natural-anthropogenic areas during the operation of transportation hub facilities by creating phytobuffers.

Key words: Domodedovo Airport, geochemical barrier, hyperaccumulants, apron complex, soil, pollutants, rare metals, phytobuffer, phytoremediation, environmental safety.

The relevance of the topic. At the present stage of social development, the Domodedovo Airport is becoming the most important link in the transportation system not only of the Russian Federation, but of the whole of Eastern Europe. Being a part of the Moscow aviation hub along with the Sheremetyevo and Vnukovo airports, it is one of the fastest-growing, innovative and attractive civil aviation facilities in Russia. The total passenger flow in 2018 amounted to about 29.4 million people [1], which is the second result in the Russian Federation after Sheremetyevo Airport (33.7 million).

The increase in the size of airport infrastructure due to the construction of a new runway (RWY), passenger and cargo terminals, transport interchange for 43 km of the A-105 highway causes an emphasis of anthropogenic pressure on nature. The transformation processes of the environment (E), related activities trigger the mechanisms of migration and redistribution of chemical elements, the occurrence of anthropogenic anomalies and increasing their background values.

The technogenic transformation of the airport landscape is a consequence of mechanical disturbances of the natural surface (a creation of the aerodrome, a construction of infrastructure, installation of heating mains and pipelines), hydrodynamic disturbances of the geological environment (changes in the level of ground and underground water) and the geochemical impact on individual components of landscapes [2]. One of the strongest influence on living organisms and the most common chemical pollution is entering the soil of heavy metal compounds.

The natural presence of metals in soils and plants is a reference point in determining ecosystem changes. Exceeding the level of natural content is a cause for beginning to determine the anomalies reason. They can have both a natural genesis and an artificial one. Transformations in the environment have a long accumulative effect and influence human health, so the determination of the geochemical situation of the territory is an extremely urgent issue.

Materials and methods of research. The study was conducted using the following materials: articles [3] and theses for the degree of candidate of science [4]; Volume 2 of the Master layout plan for the development of the Domodedovo district of the Moscow region for 2014 [5]; Volume 3 of the Master plan of the Domodedovo urban district for 2006 [6]; “Ecology and environment of the Domodedovo urban district for 2015-2019” municipal program [7], and the Information release annual report “On the state of natural resources and the environment of the Moscow region in 2018” [8].

At the first stage, samples and soil were collected nearby the airport, the coordinates of the collection point are [55.433993; 37.873778]. Then, as a result of the analyzes performed by the ELAN-6100 mass spectrometer using the methodology [9, 10] of the Academic Council for Analytical Techniques (ACAT) No. 499-AЭC/MC and ACAT No. 500-MC and Lumachrome liquid chromatograph, the data are shown in tables 1, 2. The gross content in the soils of the studied chemical elements above the maximum permissible concentration (MPC) is summarized in table 1.

Research results. The study revealed the presence of fifty metals, both heavy and rare, as well as radioactive ones. This fact should not set at a gaze since the activity of any aviation enterprise is associated with the use of high-tech alloys containing almost all known elements of the periodic table. Changes in the geochemical environment are influenced by diffusing emissions from stationary and mobile sources inside and outside the airport.

Table 1 – The content of gross forms of pollutants in the soil sample

Chemical element	Soil horizon, mg/kg		MPC, mg/kg
	A	B	
Copper	2.9	5.54	3.0
Nickel	3.26	6.52	4.0
Benzopyrene	0.0025	0.0025	0.002
Chromium	6.8	15.2	6
Arsenic	1.52	2.52	2.0

The increased pollutant values in horizon **B** are accounted for the actively ongoing process of introducing chemically aggressive substances. Nickel and chromium are important chemical elements in the production of aircraft engines and alloys that also contain arsenic. At high temperatures, the studied elements are emitted to the environment due to the wear of aircraft structures. Various compounds are formed due to the content of mineral impurities (ash) in the fuel composition.

Lead, zinc, and cadmium belong to a separate group. Their compounds are the most studied metallic ecotoxicants. It is worth noting that the research on technogenic soil pollution was conducted around the airport, in the zone of its influence [3].

Table 2 contains the results of recent measurements with primary data obtained by other researchers. The analyses indicate a decrease in the concentration of metals and their compounds.

Table 2 – The content of active forms of elements (mg/kg) in the soil in comparing 2007 and 2016

Chemical element	Soil horizon /year of investigation				MPC	Background content
	A ₂₀₀₇	A ₂₀₁₆	B ₂₀₀₇	B ₂₀₁₆		
Cadmium	0.13	0.0028	0.33	0.0168	1	1.97
Lead	2.34	0.72	4.33	1.3	32	3.4
Zinc	1.3	1.02	2.73	1.68	23	2.754

* 2007 data taken from source [3].

Recently, the main reason is a decrease in passenger traffic and, as a consequence, a decrease in the number of flights. A positive trend is also associated with a new type of aircraft engine and more environmentally friendly jet fuels.

The insertion of metal elements with gas and dust exhausts onto the surface of the soil, and then into the soil solution, leads to the formation of various compounds. A typical scheme of transformation and movement of the main ecotoxicant metals in the soil is presented in figure 1.

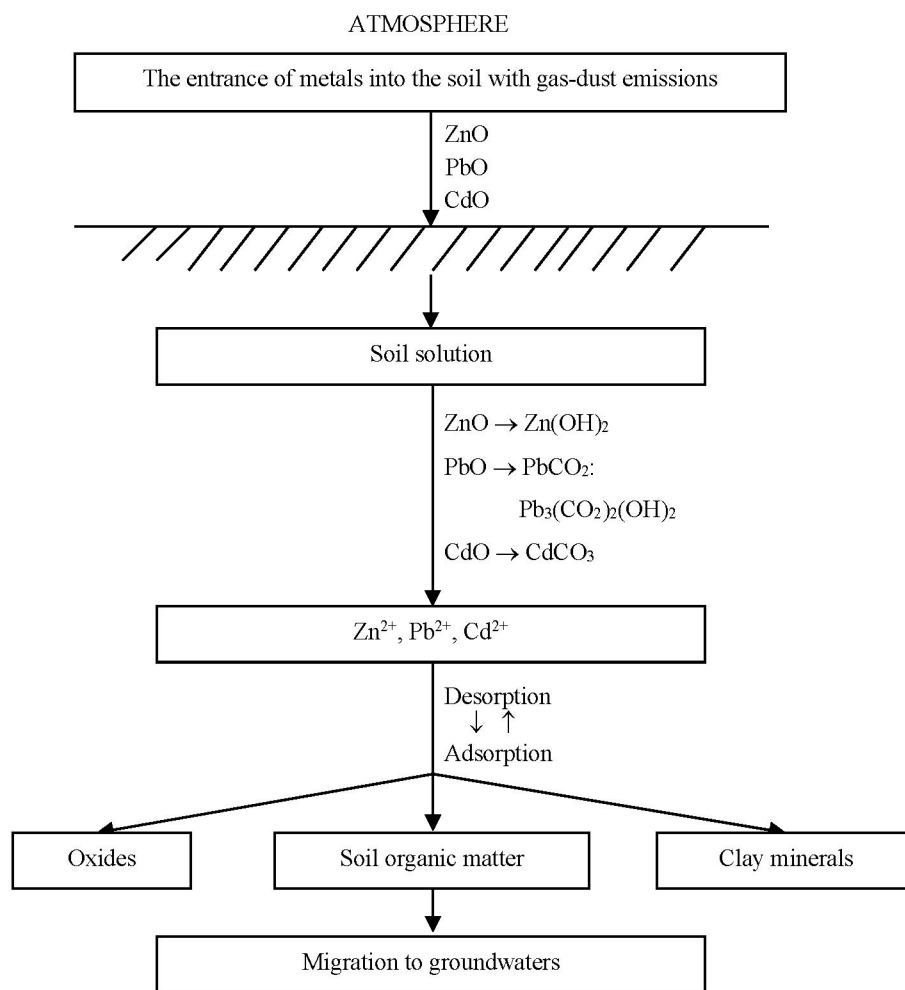


Figure 1 – Transformation and migration of heavy metals in soil [13]

Lead oxides are poisonous, belong to the 1st hazard class. In flora and fauna, bioaccumulation of lead carbonate may be observed. The substance affects the blood, bone marrow, central and peripheral nervous systems, kidneys. The result of this process is anemia, hemolysis, and encephalopathy. The toxic impact causes serious impairment of human reproductive function [17].

Cadmium oxide is the 1st hazard class substance. Inhalation of its vapor can be fatal and carcinogenic [16]. Cadmium carbonate is a water-insoluble compound. Due to its inertness, there is no strong interaction with the ecosystem, on the other hand, it removes cadmium from the cycle, which leads to its accumulation and the occurrence of geochemical anomalies.

To stabilize the geochemical situation near the airport, it is necessary to create an engineered barrier with calcium carbonate on the way of acidic waters, forming streams and ground flows through the drainage system. This will make a concentration of copper, zinc, cadmium and other pollutant metals at its border, thereby localizing pollution foci.

Engineering geochemical barriers can also belong to the oxidizing, hydrogen sulfide, gley, and sorption classes. The most promising way to neutralize the negative impact of the airport system on the geochemistry of the surrounding landscape is to create phytobuffers with high absorption capacity. Plants with significant sorption properties should be included in their composition.

Representative model objects can be zinc hyperaccumulants, represented mainly by plants of the mustard family (Brassicaceae). Over-accumulation of cadmium and lead is a very rare occurrence among higher plants. The ability to accumulate cadmium is known only about the glaucous pennycress (*Thlaspi caerulescens*), as well as the rockcress (*Arabidopsis halleri*). Brown mustard (*Brassica juncea*) can accumulate several heavy metals such as Cd, Cu, Ni, Pb, Se, Zn [14].

The reduced level of impact on the environment is associated primarily with a decrease in the number of takeoff and landing operations, which directly depends on the number of performed flights. Even though the airport experiences a difficult economic period, the environmental component of the enterprise is on the right track.

Thanks to this research, the following results were obtained:

- the geochemical environmental state of the surrounding area of Domodedovo Moscow Airport is described;
- the main pollutants of the soil cover of the landscape near the transport facility were identified;
- the content of gross forms of pollutants (copper, nickel, benzopyrene, chromium, arsenic) in the soil sample was established;
- the content of active forms of metal pollutants (cadmium, lead, zinc) in the soil sample was defined.

The obtained pollutant values were compared with the data of previous years, which made it possible to observe the dynamics of changes in the geochemical conditions of the territories around the aviation hub.

**С. Х. Солганов¹, Х. Б. Юнусов²,
Ю. А. Юлдашбаев³, С. В. Золотарев³, Д. А. Баймұқанов⁴**

¹Мәскеу мемлекеттік облыстық университеті, Мәскеу, Ресей;

²Самарқанд ветеринарлық медицина институты, Самарқанд, Өзбекстан Республикасы;

³ФМББМ ЖББ "К. А. Тимирязев атындағы Мәскеу ауылшаруашылық академиясы –
Ресей мемлекеттік аграрлық университеті", Мәскеу, Ресей;

⁴ЖШС "Оқу ғылыми-өндірістік орталығы "Байсерке-Агро",
Талғар ауданы, Алматы облысы, Қазақстан

"ДОМОДЕДОВО" МӘСКЕУ ӘУЕЖАЙЫ МАҢЫНДАҒЫ ҚОРШАҒАН ОРТАНЫҢ ҚАЗІРГІ ГЕОХИМИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЫ

Аннотация. Қоғамның қазіргі даму сатысында «Домодедово» әуежайы тек РФ ғана емес, Шығыс Еуропаның да маңызды транспорттық тізбегі болып келеді. Сондай-ақ «Шереметьево» және «Внуково» әуежайларымен қатар, Мәскеу авиациялық торабының құрамындағы, Ресей аумағындағы тез дамушы, инновациялық азаматтық авиация нысаны. 2018 жылғы жалпы жолаушылар ағымы – 29,4 млн адам, бұл көрсеткіш РФ бойынша «Шереметьево» (33,7 млн) әуежайынан кейінгі екінші орынды білдіреді.

«Шереметьево» және «Внуково» әуежай инфрақұрлымының жаңа ұшып-қону жолағын (ҰҚЖ), жолаушы және жүк терминалдарын, А-105 тас жолының 43 км-де жол қиылыстарын салу табиғатқа түсетін антропогенді салмақты күшейтті. ҚО өзгерту процестері және осыған байланысты іс-шаралар химиялық элементтердің көшуі мен қайта бөлінуі механизмін іске қосады. Антропогендік құбылыстардың орын алуы және олардың фондық мәндерінің ұлғаюы.

Әуежай ландшафтын техногенді өзгерту – табиғи жамылғыны механикалық бұзу (аэродром жасау, инфрақұрлым нысандарын салу, жылу құбырларын және құбыр желілерін өткізу), геологиялық ортаның гидродинамикалық бұзылуы (жер асты су деңгейлерінің өзгеруі) және ландшафттың жекелеген компоненттеріне геохимиялық әсер ету. Әсері бойынша тірі ағзаға күшті әсер ететін және кең таралған химиялық ластаушы ауыр металлдардың қосындыларының топырақ жамылғысына түсуі болып табылады.

Экожүйедегі өзгерістерді анықтау үшін топырақта және өсімдікте металдардың болуы есеп нүктесі болып табылады. Өзіндік мөлшерінен асқан жағдайда ауытқу мөлшерін анықтауды бастау керек. Олар табиғи немесе жасанды генезистерге ие болуы мүмкін. ҚО орын алатын өзгерістер созылмалы аккумулятивті әсерге ие болғандықтан, адам денсаулығына әсер етеді, сондықтан аумақтың геохимиялық жағдайын анықтау өзекті мәселе.

Мәскеу «Домодедово» әуежайы комплексінің қызмет ету нәтижесіндегі қоршаған ортаның және геохимиялық параметрлердің негіздері қарастырылған. Ластаушы элементтердің сандық және сапалық құрамы келтірілген. Топырақ жамылғысын ластаушы элементтердің ерекшеліктері зерттелген. Өткізілген теориялық және практикалық жұмыстар топырақ жамылғысындағы жылдық және күнделікті ластаушы заттардың кестесін жасауға мүмкіндік берді. Фитобуфер жасау арқылы транспорттық байланыс нысандарын

эксплуатациялау барысындағы топырақ жамылғысына әсер ететін кері экологиялық әсерді төмендетудің ұсыныстары жасалды.

Әуежай маңындағы геохимиялық жағдайды тұрақтандыру үшін дренажды жүйе арқылы түзілетін қышқылды су, жерасты суларының жолына кальций карбонатынан жасанды бөгет жасау керек. Мыс, мырыш, кадмий және басқа да ластаушы – металдардың шекарасында мүмкіндік береді, осы арқылы ластаушы көздерді шоғырландырады.

Жасанды биохимиялық кедергілер тотықтырғыш, күкіртсутекті, глейлі, сорбционды класқа жатуы мүмкін. Әуежай жүйесінің маңайындағы ландшафтқа кері әсерін шектеудің айтарлықтай тиімді тәсілі сіңіру қабілеті жоғары – фитобуфер жасау.

Қоршаған ортаға әсер ету деңгейінің төмендеуі ұшып – қону іс-шараларының азаюымен байланысты. Әуежайдың экономикалық кезеңі айтарлықтай болмаса да, экологиялық жағдайында шешу керек мәселелер бар (сөйлем дұрыс құралмаған).

Жүргізілген зерттеулер барысында келесідей нәтижелер алынды: Мәскеу «Домодедово» әуежайына қарасты аумақтың ҚО геохимиялық жағдайы сипатталды; көлік нысандары маңындағы жерлердің топырақ жамылғысын ластаушы негізгі поллютанттар анықталды; топырақ үлгісіндегі поллютанттардың жылдық формалары (мыс, никель, бенз(а)пирен, хром, мышьяк, мырыш) мөлшері анықталды; топырақ жамылғысындағы жылжымалы металл ластаушылардың (кадмий, қорғасын, мырыш) мөлшері анықталды.

Поллютанттардың алынған мәндері алдыңғы жылғы мәліметтермен сәйкестендірілген. Әуежай маңындағы геохимиялық жағдайдың өзгеріс динамикасын бақылауға мүмкіндік берді.

Түйін сөздер: әуежай "Домодедово", геохимиялық кедергі, гипераккумулянттар, перрондық кешен, топырақ жамылғысы, поллютанттар, сирек металдар, фитобуфер, фиторемедиация, экологиялық қауіпсіздік.

С. Х. Солтанов¹, Х. Б. Юнусов²,
Ю. А. Юлдашбаев³, С. В. Золотарев³, Д. А. Баймуканов⁴

¹Московский Государственный Областной Университет, Москва, Россия;

²Самаркандский институт ветеринарной медицины, Самарканд, Республика Узбекистан;

³ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет –
Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева», Москва, Россия;

⁴ТОО «Учебный научно-производственный центр «Байсерке-Агро»,
Талгарский район, Алматинская область, Казахстан

СОВРЕМЕННАЯ ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ МОСКОВСКОГО АЭРОПОРТА «ДОМОДЕДОВО»

Аннотация. На современном этапе развития общества аэропорт «Домодедово» становится важнейшим звеном транспортной системы не только РФ, но и всей Восточной Европы. Входя в состав Московского авиационного узла наряду с аэропортами «Шереметьево» и «Внуково», является одним из самых быстроразвивающихся, инновационных и привлекательных объектов гражданской авиации на территории России. Общий пассажиропоток за 2018 года составил порядка 29,4 млн. человек, что является вторым результатом по РФ после аэропорта «Шереметьево» (33,7 млн).

Увеличение размеров аэропортовой инфраструктуры за счёт строительства новой взлетно-посадочной полосы (ВПП), пассажирского и грузового терминалов, транспортной развязки на 43 км трассы А-105 становится причиной усиления антропогенной нагрузки на природу. Процессы преобразования окружающей среды (ОС), связанные с ней мероприятия, запускают механизмы миграции и перераспределения химических элементов, возникновения антропогенных аномалий и повышения их фоновых значений.

Техногенная трансформация аэропортового ландшафта – следствие механических нарушений естественной природной поверхности (создание аэродрома, строительства объектов инфраструктуры, проведение теплотрасс и трубопроводов), гидродинамических нарушений геологической среды (изменения уровня грунтовых и подземных вод) и геохимического воздействия на отдельные компоненты ландшафтов. Одним из сильнейших по действию на живые организмы и наиболее распространенным химическим загрязнением является попадание в почвогрунты соединений тяжелых металлов.

Естественное присутствие металлов в почвах и растениях является точкой отсчёта при определении изменений в экосистеме. Превышение уровня природного содержания – повод для начала определения причин возникновения аномалий. Они могут иметь как естественный генезис, так и искусственный.

Преобразования в ОС имеют длительный аккумулятивный эффект и сказываются на здоровье человека, поэтому определение геохимической обстановки территории чрезвычайно актуальный вопрос.

Рассмотрены основные параметры геохимической обстановки окружающей среды (ОС) и их изменение в результате функционирования перронного комплекса московского аэропорта «Домодедово». Представлен качественный и количественный состав загрязняющих элементов. Изучены особенности элементов загрязнения почвогрунта. Проведенная теоретическая и практическая работа позволила составить таблицы валовых и подвижных форм поллютантов в исследованных грунтах. Разработаны рекомендации по предотвращению и снижению отрицательного экологического эффекта на почвогрунты аэродрома и близлежащих природных-антропогенных участков при эксплуатации объектов транспортного узла с помощью создания фитобуферов.

Для стабилизации геохимической обстановки вокруг аэропорта необходимо создать искусственный барьер из карбоната кальция на пути кислых вод, образующих ручьи и грунтовые потоки через дренажную систему. Это позволит концентрироваться меди, цинку, кадмию и другим металлам-поллютантам на его границе, тем самым, локализуя очаги загрязнения.

Искусственные геохимические барьеры могут относиться также к окислительному, сероводородному, глеевому, сорбционному классу. Наиболее перспективный способ нейтрализации отрицательного воздействия аэропортовой системы на геохимию прилегающего ландшафта – создание фитобуферов с высокой поглощательной способностью. В их состав должны быть включены растения со значительной сорбцией.

Снизившийся уровень воздействия на окружающей среды (ОС) связан, прежде всего, с уменьшением количества взлётно-посадочных операций, что напрямую зависит от количества выполненных рейсов. Несмотря на то, что аэропорт переживает не лучший экономический период, экологическая составляющая предприятия находится на верном пути.

Благодаря проведенному исследованию получены следующие результаты: описана геохимическая обстановка ОС прилегающих территорий московского аэропорта «Домодедово»; определены основные загрязнители почвенного покрова земель вблизи транспортного объекта; установлено содержание валовых форм поллютантов (меди, никеля, бенз(а)пирена, хрома, мышьяка) в почвенном образце; установлено содержание подвижных форм металлов-загрязнителей (кадмия, свинца, цинка) в почвенном образце.

Полученные значения поллютантов сопоставлены с данными предыдущих лет, что позволило наблюдать динамику изменений геохимической обстановки территорий вокруг авиационного узла.

Ключевые слова: аэропорт «Домодедово», геохимический барьер, гипераккумулянты, перронный комплекс, почвогрунты, поллютанты, редкие металлы, фитобуфер, фиторемедиация, экологическая безопасность.

Information about authors:

Soltanov S.Kh., doctoral candidate, Moscow Region State University, Moscow, Russian Federation; sej99@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6002-2509>

Yunusov Kh.B., Candidate of Science in Chemistry, Doctor of Science in Biology, professor, Rector of the Samarkand Institute of Veterinary Medicine, Samarkand, Republic of Uzbekistan; un59@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7271-7922>

Yuldashbayev Yu.A., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Dean of the Faculty of Zootechnics and Biology, Professor of the Department of Private Zootechnics, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia; zoo@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7150-1131>

Zolotarev S.V., Doctor of Engineering Sciences, professor of the Department of Landscape Architecture of the Russian State University - K.A. Timiryazev Moscow Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation; zoo@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0784-0398>

Baimukanov D.A., Corresponding member of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Doctor of Science in Agriculture, chief researcher of the Educational Scientific and Production Center Bayserke-Agro LLP, Talgar district, Almaty region, Kazakhstan; dbaimukanov@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4684-7114>

REFERENCES

[1] Volumes of traffic through the airports of Russia (2019). January-June 2018 [Electronic resource] URL: <http://www.favt.ru/dejatelnost-ajeroporty-i-ajerodromy-osnovnie-proizvodstvennie-pokazateli-aeroportov-obyom-perevoz/> (Date of access: 10.08.2019).

[2] Machulina N.Yu. (2015). Geochemistry of the environment. Textbook (ISBN 978-5-88179-906-9). Ukhta. USTU (Ukhta State Technical University). 154 p. (in Russ.).

[3] Belobrov V.P., Golubev S.V. (2007). Technogenic soil pollution in the zone of influence of the Domodedovo Airport. Agrochemical Bulletin. Moscow. N. 5. P. 26-28 (in Russ.).

- [4] Golubev S.V. (2007). Soil pollution of the Domodedovo district with heavy metals. Dis. ... Cand. science in Geography. Specialty 03.00.27. Moscow. 128 p. (in Russ.).
- [5] The official website of the urban district of Domodedovo. (2007). Department of Architecture and Organization of Construction. Volume II - Environmental Protection of the Master Plan of the Domodedovo Urban District of the Moscow Region. [Electronic resource] URL: https://www.domod.ru/city/grad/orgtrt_grad/16761 (Date of access: 09.07.2017).
- [6] The official website of the urban district of Domodedovo. (2017). Department of Architecture and Construction Organization. Volume III - Environmental Protection of the Master Plan of the Domodedovo Urban District of the Moscow Region. [Electronic resource] URL: https://www.domod.ru/city/grad/gp3.htm?sphrase_id=457 (Date of access: 19.07.2017).
- [7] Decree dated 09.10.2014 No. 4578 On approval of the municipal program of the Domodedovo urban district. (2018). Ecology and environment of the Domodedovo urban district for 2015-2019. " [Electronic resource] URL: https://www.domod.ru/city/economies/economic_programs/arhiv_mp/38244/ (Date of access: 12.05.2018).
- [8] The official website of the Ministry of Ecology and Nature Management of the Moscow Region. (2019). Information release. On the state of natural resources and the environment of the Moscow region in 2018. [Electronic resource] URL: http://mep.mosreg.ru/deyatelnost/analiticheskie_doklady_i_obzory/13-05-2016-11-48-22-informatsionnyy-vypusk-o-sostoyanii-prirodnykh-res (Date of access: 11.08.2017)
- [9] EED F 16.1;2.2:3.39-03 Quantitative chemical analysis of soils. (2003). The methodology for measuring the mass fraction of benzopyrene in samples of soils, clays, solid waste, bottom sediments by high performance liquid chromatography using Lumachrome liquid chromatograph (in Russ.).
- [10] EED F 16.1;2.2.22-98. (1998). Methodology for measuring the mass fraction of oil products in mineral, organogenic, organomineral soils. Approved by the National environmental protection committee of the Russian federation 10.11.1998 (in Russ.).
- [11] Ecology (air transport). (2015). Guide to the study of discipline and the implementation of tests. Moscow. MSTU CA (Moscow State Technical University of Civil Aviation). 48 p. (in Russ.).
- [12] Perelman A.I. (1989). Geochemistry. (ISBN 5-06-000472-4). Moscow. Graduate School. 528 p. (in Russ.).
- [13] Perelman A.I., Kasimov N.S. (1999). Geochemistry of the landscape. (ISBN 5-75-940077-0). Moscow. Astrea. 768 p. (in Russ.).
- [14] Titov A.F., Talanova V.V., Kaznina N.M. (2011). The physiological basis of plant resistance to heavy metals. Manual. Institute of Biology, Karelian Research Center, Russian Academy of Sciences. (ISBN 978-5-9274-0491-9). Petrozavodsk: Karelian SC RAS. 77 p. (in Russ.).
- [15] Orlov D.S. (1985). Soil chemistry. Moscow. MSU Publishing House. 376 p. (in Russ.).
- [16] Lewis, Richard J., Sr. Hawley's condensed chemical dictionary, 13th ed., 1997, p. 189.
- [17] Institute of Industrial Safety, Labor Protection and Social Partnership. (2017). Card substance. Lead carbonate. [Electronic resource] URL: <https://www.safework.ru/content/cards/RUS0999.HTM>. (Date of access: 11.08.2017)