



UDK:631.416:581.192:504.5

Dilafroz U IBRAGIMOVA,
Magistrant, O'zbekiston Milliy universiteti, Toshkent, O'zbekiston
Irodaxon I.KARIMOVA,
PhD, dotsent, O'zbekiston Milliy universiteti, Toshkent, O'zbekiston
E-mail: Iro.fiziologiya@gmail.com, ORCID: 0009-0007-8794-3042

Professor, b.f.d M. Abdullayeva taqrizi asosida

HEAVY METAL AND MINERAL ELEMENT ACCUMULATION IN AGRICULTURAL PLANTS UNDER TECHNOGENIC POLLUTION CONDITIONS

Annotation

This article investigates the accumulation characteristics of inorganic elements in certain agricultural plants growing in the vicinity of the Yangi Angren Thermal Power Plant, located in the Tashkent region of Uzbekistan, which is considered an environmentally unfavorable area. Wheat ears, wheat stems, alfalfa, and maize stems were selected as the study objects. The concentrations of selected chemical elements were determined in the plant samples. The results showed that the concentrations of heavy metals and mineral elements in industrially developed areas were significantly higher than those in the control areas. In particular, elevated accumulation of Pb, Cd, As, Mn, and Al was observed in alfalfa and maize stems. The obtained results confirm the technogenic impact on the environment surrounding the Yangi Angren Thermal Power Plant and demonstrate the importance of plants as bioindicators of environmental pollution.

Keywords: heavy metals, New Angren Thermal Power Plant, bioindicators, alfalfa, corn, wheat, technogenic pollution, environmental monitoring.

АККУМУЛЯЦИЯ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ И МИНЕРАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В РАСТЕНИЯХ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Аннотация

В данной статье изучены особенности накопления неорганических элементов в некоторых сельскохозяйственных растениях, произрастающих в окрестностях Янги-Ангренской тепловой электростанции Ташкентской области Узбекистана, относящейся к экологически неблагоприятным территориям. В качестве объектов исследования были выбраны колосья пшеницы, стебли пшеницы, люцерна и стебли кукурузы. В образцах растений было определено содержание отдельных химических элементов. Результаты показали, что концентрации тяжёлых металлов и минеральных элементов в промышленно развитых районах достоверно выше по сравнению с контрольными территориями. Особенно высокое накопление элементов Pb, Cd, As, Mn и Al было выявлено в люцерне и стеблях кукурузы. Полученные результаты подтверждают техногенное воздействие на окружающую среду в районе Янги-Ангренской ТЭС и свидетельствуют о важности растений как биоиндикаторов загрязнения окружающей среды.

Ключевые слова: тяжёлые металлы, Ново-Ангренская ТЭС, растения-индикаторы, люцерна, кукуруза, пшеница, техногенное загрязнение, биоиндикация.

TEXNOGEN IFLOSLANISH SHAROITIDA QISHLOQ XO'JALIK O'SIMLIKLARIDA OG'IR METALLAR VA MINERAL ELEMENTLAR AKKUMULYATSIYASI

Annotatsiya

Ushbu maqolada O'zbekistonning ekologik noqulay bo'lgan hududi Toshkent viloyatining Yangi Angren issiqlik elektr stansiyasi atrofida o'suvchi ayrim qishloq xo'jalik o'simliklari tarkibidagi anorganik elementlarning to'planish xususiyatlari o'rganildi. Tadqiqot obyekti sifatida bug'doy boshog'i, bug'doy poyasi, beda va makkajo'xori poyasi tanlandi. O'simlik namunalarida ayrim kimyoviy elementlarning miqdori aniqlandi. Natijalarga ko'ra, sanoati rivojlangan hududlarda og'ir metallar va mineral elementlar konsentratsiyasi nazorat hududlariga nisbatan ishonchli darajada yuqori ekanligi aniqlandi. Ayniqsa, beda va makkajo'xori poyasida Pb, Cd, As, Mn va Al elementlarining yuqori darajada to'planishi kuzatildi. Olingan natijalar Yangi Angren IES atrofidagi muhitning texnogen ta'sirga uchraganligini va o'simliklarning bioindikator sifatida ahamiyatini tasdiqlaydi.

Kalit so'zlar: qo'rg'oshin, og'ir metallar, atrof muhit ifloslanishi, bug'doy boshog'i, bug'doy poya, beda, makkajo'xori poya.

Kirish. Jahonda bugungi kunda og'ir metall tuzlarini atrof-muhitga tarqalishi natijasida tabiatda, tirik organizmlarda yuzaga kelayotgan patologik holatlarning oldini olish va davolashga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Atrof-muhitning ifloslanishining asosiy sabablaridan biri og'ir metall tuzlarining tuproq va suv muhitida yig'ilishidir. Og'ir metall tuzlarining asosiy vakillaridan qo'rg'oshin, simob, nikel, mis, rux va xrom hisoblanadi. Sanoati rivojlangan davlatlarda olib borilgan monitoringlar natijalarida ularning havoda, tuproqda va suvdagi miqdori bir necha barobar ortganligi qayd qilingan. Ular, asosan, sanoat chiqindilari, transport, qishloq xo'jaligi mahsulotlari hamda pestitsid va gerbitsidlar orqali tuproqqa tushadi. Ushbu ksenobiotiklar boshqa bir qator ekotizimlarni o'zgartirishi bilan birga, ayniqsa tuproq, suv, o'simliklarning ekologik holatini, balki unda kechadigan biokimyoviy jarayonlarni ham o'zgarishiga olib kelgan. Natijada ular o'simliklar tomonidan o'zlashtirilib, oziq zanjiri orqali organizmga tushadi. Og'ir metallar ta'sirida aholi o'rtasida turli kasalliklar, jumladan diabet bilan kasallanish holatlari sezilarli ortgan. Sanoat tarmoqlaridan chiqayotgan toksik elementlar qishloq xo'jaligi mahsulotlarini yetishtirish maqsadida foydalaniladigan tuproqlarning fizik-kimyoviy xossalari o'zgarishiga sabab bo'lgan [1,2].

Atrof-muhitga kadmiy (Cd) yoki qo'rg'oshin (Pb) ta'siri mustaqil ravishda 2-toifa diabet va surunkali buyrak kasalligi xavfining oshishi bilan bog'liqdir. Olib borilgan tadqiqotlarda zaharli metallarni bir vaqtning o'zida ta'sir qilishi natijasida Cd va Pb moddalarining birgalikda ta'sir qilishi buyrak funksiyasi va diabet xavfiga teng darajada ta'sir qilishini ko'rsatadi [3].

Mavzuga oid adabiyotlarning tahlili. Ohirgi yillarga kelib fan-texnikaning rivojlanishi natijasida yer sharining deyarli ko'pgina hududlarida turli xil sanoat chiqindilari, tog'-kon sanoati, metallurgiya korxonalari va transport vositalari ta'sirida og'ir metallar bilan ifloslanishi global ekologik muammolardan biriga aylandi. Og'ir metallar tuzlari organizmda yuqori kumulyativ xususiyatga ega bo'lib, biosferada uzoq vaqt saqlanib qolishi bilan alohida xavf tug'diradi. Ushbu og'ir metallar tuzlarining ichida qo'rg'oshin (Pb), kadmii (Cd), simob (Hg), nikel (Ni), xrom (Cr) va mishyak (As) kabi elementlar o'simliklarga orqali oziq zanjiriga kirib, inson salomatligiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Tekshiruvlarga ko'ra, hozirgi kunda iste'mol qilinayotgan oziq-ovqat tarkibida og'ir metallar tuzlarining miqdori ko'payib ketganligi kuzatilgan [9,10]. Jahon sog'liqni saqlash tashkilotining bergan ma'lumotlariga ko'ra, og'ir metallar bilan ifloslangan hududlarda o'suvchi turli xil qishloq xo'jalik ekinlarida ushbu elementlarning to'planishi aholi o'rtasida turli surunkali kasalliklar, jumladan endokrin, yurak-qon tomir va onkologik kasalliklarning ko'payishiga olib kelishi mumkin. Aholi o'rtasida eng ko'p iste'mol qilinadigan cho'y tarkibi tekshirilganda turli og'ir metallar bilan birga qo'rg'oshin ionlarining ham miqdori ruxsat etilgan me'yorlardan ortganligi ko'rsatilgan. Bu holat atrof-muhitning ko'proq qo'rg'oshin tuzlari bilan ifloslanishidan darak beradi [11]. Ayniqsa 2-tip diabet kasalligini keltirib chiqarishi bo'yicha ma'lumotlar mavjud [3]. O'simliklarda og'ir metallarning to'planishiga asosiy ta'sir qiluvchi omillar qatoriga tuproqning mexanik tarkibi, pH ko'rsatkichlari, gumus miqdori, o'simlikning qanday turligi va noqulay ekologik muhit kiradi. Olingan ma'lumotlarga ko'ra, o'simliklarga og'ir metallar asosan ildiz tizimi orqali o'zlashtiriladi, so'ngra ularning ma'lum qismi barg, poya hamda generativ organlarga o'tadi. Muallifning ta'kidlashicha, qo'rg'oshin va kadmii kabi elementlar yuqori toksiklik xususiyatiga ega bo'lib, o'simlik fiziologik jarayonlarining izdan chiqishiga sabab bo'ladi [4]. O'simliklar ustida olib borilgan tajribalarda shu narsa ma'lumki, qo'rg'oshinni ta'sir ettirish natijasida dastlabki ikki hafta davomida o'simlik tarkibidagi antioksidantlik xususiyatiga ega bo'lgan ayrim fermentlar miqdori ko'tarilib, keyinchalik esa keskin kamayishi kuzatilgan [13]. Oziq mahsulotlari orqali organizmga tushgan qo'rg'oshin birinchi navbatda og'izdagi so'lak bezlari faoliyatini buzilishiga sabab bo'ladi. Olti hafta davomida hayvonlarda o'tkazilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, tajriba guruhidagi hayvonlar so'lak bezida metallarning to'planishi 50 mg/kg dan 1000 mg/kg gacha ko'tarilgan bo'lib, buning natijasida bezlarning sekretorlik faoliyati kuchaygan [12]. Og'ir metallarning agroekotizimlarda tarqalish xususiyatlarini tahlil qilinganda shu narsa ma'lum bo'ldiki, sanoat rivojlangan hududlar atrofida yetishtiriladigan turli xil qishloq xo'jalik mahsulotlari tarkibida kadmii va qo'rg'oshin miqdori nazorat hududlariga nisbatan bir necha barobar yuqori bo'lishi ko'rsatilgan [5]. Ushbu masala Markaziy Osiyo mamlakatlarida ham dolzarb hisoblanib, Qozog'iston va O'zbekistonning sanoatlashgan hududlarida tuproq va o'simliklarda og'ir metallarning yig'ilishi bo'yicha tadqiqotlar o'tkazilgan va unga ko'ra metallurgiya korxonalariga yaqin hududlarda kadmii, qo'rg'oshin va rux miqdori yuqori darajada ekanligi aniqlangan [6].

Shunday qilib, adabiyotlar tahlili O'zbekistonning ekologik noqulay, ayniqsa sanoati rivojlangan hududlarida o'suvchi o'simliklarda og'ir metallar to'planishi yuqori darajada bo'lishi mumkinligini ko'rsatadi. Biroq beda, makkajo'xori va bug'doy kabi muhim oziq-ovqat va yem-xashak ekinlarida og'ir metallarning organlar bo'yicha (barg, poya, boshog) taqsimlanish xususiyatlari hali yetarli darajada o'rganilmagan. Shu sababli mazkur yo'nalishdagi tadqiqotlar ekologik xavfni baholash va aholi salomatligini muhofaza qilish nuqtai nazaridan muhim ahamiyat kasb etadi. Respublikamizda ham sanoati rivojlangan hududlarning tuproq, suv va o'simliklar tarkibi o'rganilganda og'ir metallar tuzlarining ulushi bir necha barobarga ortishi qayd qilingan. Olib borilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, Orol bo'yi hududlarining ichimlik suvi tarkibi tekshirilganda Li, B, Mn, Fe, Se, Br, Sr, Ba, Cd, Co kabi elementlar, qishloq xo'jaligi mahsulotlarida (bug'doy, guruch va boshq.) esa Al, Cr, Fe, Cd, Pb, Ni va Sb kabi moddalar ruxsat etilgan me'yordan bir necha barobarga ortib ketganligi qayd qilingan [14].

Tadqiqot metodologiyasi. Tadqiqotni olib borishda uning asosiy obyekti sifatida beda (*Medicago sativa* L.), makkajo'xori (*Zea mays* L.) va bug'doy (*Triticum aestivum* L.) o'simliklarining barg, poya va boshog (don) qismlaridan olingan namunalar tekshirildi. Olingan namunalarni vegetatsiya davrining tegishli fazalarida yig'ib olindi. O'simlik namunalari laboratoriya sharoitida distillangan suv bilan yuvilib, tozalandi. Olingan namunalarni filtr qog'oz yordamida quritilib, 60–70°C haroratda termostatda doimiy massagacha quritildi. Har bir quritilgan namuna farfor hovonchada maydalanib, 1 mm li elakdan o'tkazildi va gomogen holatga keltirildi. Tahlil uchun har bir namunadan 1,0 g aniq o'lchamda olinadi va tekshirish jarayoniga tayyorlandi.

O'simlik namunalari tekshirishda konsentrlangan nitrat kislotasi (HNO₃, 65 %) va perxlorat kislotasi (HClO₄, 70 %) aralashmasida amalga oshirildi. Bunda 1,0 g maydalangan namunaga 10 ml HNO₃ qo'shib, 12 soat davomida xona haroratida ushlab turilib, so'ngra elektr plitkada 120–140°C haroratda qizdirildi. Organik moddalarning asosiy qismi parchalangandan keyin 2–3 ml HClO₄ qo'shildi va eritma tiniq, rangsiz holatga kelguncha qizdirishda davom ettirildi. Hosil bo'lgan obyekt, ya'ni mineralizat sovutilgandan keyin distillangan suv yordamida 25 ml o'lchov kolbasiga o'tkazildi va belgilangan hajmgacha yetkazildi. Olingan eritmalar filtrlanib, tahlil uchun tayyor holga keltirildi va atom-absorbtion spektrofotometr (AAS) yordamida aniqlandi.

Tahlil va natijalar. Tadqiqotda davomida natijalar shuni ko'rsatdiki, Yangi Angren IES atrofida o'sayotgan o'simliklarda turli kimyoviy elementlar, jumladan og'ir metallarning to'planishi kuzatildi. Olingan tadqiqot natijalariga ko'ra, Yangi Angren IES atrofida o'suvchi barcha o'simliklarda og'ir metallar miqdorining nazorat ko'rsatkichlariga nisbatan sezilarli darajada ortishi qayd qilindi.

Og'ir metallarning eng tipik vakili bo'lgan qo'rg'oshin (Pb) ning yuqori konsentratsiyada uchrashi beda o'simligida aniqlanib, 13,08±2,3 mg/kg ni tashkil qildi. Bu ko'rsatkich bug'doy boshog'ida 6,2±1,1 mg/kg ni tashkil qilib nazoratga nisbatan 10,7 barobarga ortgan, bug'doy poyasida 7,1±2,0 mg/kg ni tashkil qilib nazoratga nisbatan 13,5 barobarga va makkajo'xori poyasida 8,3±1,8 mg/kg ni tashkil qilib nazoratga nisbatan 8,4 barobarga ortishi qayd qilindi. Kadmii (Cd) moddasi ham beda o'simligida yuqori akkumulyatsiya qobiliyatini namoyon qilib, nazoratga nisbatan juda katta ko'rsatkichlarda ortishni namoyon qildi va 18,3±1,1 mg/kg ni tashkil qildi, makkajo'xori poyasida esa 10,3±1,0 mg/kg da qayd etildi. Rux (Zn) elementining akkumulyatsiyalanishi ham eng yuqori ko'rsatkichi bedada namoyon bo'lib, 284,1±1,6 mg/kg ni tashkil qildi. Rux elementi bug'doy poyasida 175,3±2,8 mg/kg va makkajo'xori poyasida esa 192,6±1,2 mg/kg aniqlandi. Mis (Cu) ham bedada yuqori miqdorda to'plangan bo'lib, uning konsentratsiyasi 104,2±1,6 mg/kg ni tashkil qildi. Temir (Fe) va alyuminiy (Al) elementlari tahlili bedaning ushbu elementlarni ham faol o'zlashtirishini ko'rsatdi. Temirning eng yuqori konsentratsiyasi bedada 120,0±1,4 mg/kg, alyuminiyning eng yuqori miqdori esa 189,0±1,2 mg/kg bo'ldi. Bug'doy boshog'ida Fe va Al miqdori mos ravishda 109,0±1,4 va 104,0±2,4 mg/kg ni tashkil etdi (1-jadval).

1-jadval

Toshkent viloyatining Yangi Angren issiqlik elektr stansiyasi atrofida o'suvchi ayrim o'simliklarning tarkibidagi anorganik moddalarning uchrash ko'rsatkichlari (M± m, n=6-8)

№	Diapozon	O'simlik nomi	Kimyoviy elementlar					
			Γ	Pb	Cd	Zn	Cu	Fe
1	530 v-1	Bug'doy boshog	N	0,579±0,01	0,014±0,001	23,4±1,7	25,2±1,3	22,1±1,2
			T	6,2±1,1***	2,3±1,5***	148,4±2,3***	46,7±2,1*	109,0±1,4***
2	530 v-2	Bug'doy poya	N	0,526±0,02	0,046±0,001	13,1±0,3	22,1±1,2	92,8±2,1
			T	7,1±2,0***	5,1±1,2***	175,3±2,8***	62,3±3,2***	103,1±1,4***
3	530 v-3	Beda	N	1,079±0,01	0,039±0,001	42,4±3,2	18,3±1,0	78,4±2,1
			T	13,08±2,3***	18,3±1,1***	284,1±1,6***	104,2±1,6***	120,0±1,4***

4	530 v-4	Makka Jo'xori poya	G	0,979±0,01	0,051±0,001	82,4±4,1	19,1±1,0	92,1±2,1	78,9±3,1
			T	8,3±1,8***	10,3±1,0***	192,6±1,2***	99,5±1,3***	58,0±3,1***	115,0±4,3***

*-P<0,05; **-P<0,01; ***-P<0,001 n- nazoratga nisbatan ishonchlilik darajasi

2-jadval

Toshkent viloyatining Yangi Angren issiqlik elektr stansiyasi atrofida o'suvchi ayrim o'simliklarning tarkibidagi anorganik moddalarning uchrash ko'rsatkichlari (M± m, n=6-8)

№	ID	O'simlik nomi	Kimyoviy elementlar						
			G	K	Ca	Na	Mg	As	Mn
1	530 v-1	Bug'doy boshqoq	N	1800,6±15,1	180,2±1,3	46,9±3,2	456,0±3,5	0,04±0,01	0,9±0,01
			T	10941,8±9,7***	1140,0±12,3***	236,4±1,4***	972,1±6,4***	2,57±0,1***	23,79±1,3***
2	530 v-2	Bug'doy poya	N	6700,3±5,4	670,1±5,3	76,1±2,5	544,2±4,2	0,12±0,01	0,22±0,01
			T	20349,4±2,4***	1287,2±11,5***	293,1±3,4***	1230,4±3,4***	3,06±0,3***	14,43±2,3***
3	530 v-3	Beda	N	9800,1±7,7	780,5±6,3	346,3±4,2	1020,5±4,5	0,49±0,02	0,6±0,03
			T	29648,2±2,1***	19233,0±4,8***	524,1±4,2**	2297,3±3,5***	3,54±0,9***	51,64±3,4**
4	530 v-4	Makka jo'xori poya	N	6789,1±4,3	560,1±4,2	95,2±2,7	879,6±1,2	0,1±0,01	0,3±0,01
			T	35658,3±3,2***	5780,4±4,8***	583,3±4,5***	4268,3±4,6***	2,31±2,3***	45,07±2,3***

*-P<0,05; **-P<0,01; ***-P<0,001 n- nazoratga nisbatan ishonchlilik darajasi

Makroelementlar orasida kaliyning eng yuqori miqdori makkajo'xori poyasida aniqlanib, 35658,3±3,2 mg/kg ga yetdi. Kalsiy bedada 19233,0±4,8 mg/kg, magniy makkajo'xori poyasida 4268,3±4,6 mg/kg va natriy ham makkajo'xori poyasida 583,3±4,5 mg/kg miqdorda qayd etildi. Bu ko'rsatkichlar mazkur o'simliklarning mineral elementlarni intensiv ravishda akkumulyatsiya qilish xususiyatiga ega ekanligini ko'rsatadi. Mishyak (As) va marganes (Mn) bo'yicha eng yuqori ko'rsatkichlar bedada kuzatildi. Xususan, miqdori 3,54±0,9 mg/kg, Mn miqdori esa 51,64±3,4 mg/kg ni tashkil qildi. Makkajo'xori poyasida marganes 45,07±2,3 mg/kg bo'lib, bedadan keyingi yuqori ko'rsatkich sifatida qayd etildi (2-jadval).

Xulosa va takliflar. Olingan natijalardan ko'rinib turibdiki, o'simliklarning turiga qarab og'ir metallarni o'zlashtirish va to'plash darajasi sezilarli darajada farq qiladi. Bu holat o'simliklarning morfofiziologik xususiyatlari, ildiz tizimi va metabolik faolligi bilan bog'liq. Beda va makkajo'xori kabi o'simliklar yuqori biomassa ega bo'lib, ular tuproqdan mineral va metall elementlarni faol o'zlashtirish xususiyatiga ega [7, 8]. Shu sababli ularda og'ir metallar ko'proq to'planishi kuzatiladi. Bu esa ularni bioakkumulyator o'simliklar sifatida baholash imkonini beradi.

Og'ir metallarning o'simliklarda to'planishi esa oziq zanjiri orqali inson organizmiga o'tib, turli patologik holatlarni keltirib chiqarishi mumkin. Xususan, qo'rg'oshin, kadmiy va arsen kabi elementlar organizmda oksidativ stressni kuchaytirib, fermentlar faoliyatini buzadi va glukozal almashinuviga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Bu jarayonlar natijasida insulin rezistentligi rivojlanib, qandli diabet kelib chiqishi xavfi ortadi. Shu nuqtayi nazardan qaraganda, ekologik ifloslangan hududlarda yetishtirilgan qishloq xo'jaligi mahsulotlarining xavfsizligiga alohida e'tibor qaratish zarur. Olingan natijalar boshqa tadqiqotlar ma'lumotlari bilan ham muvofiq kelib, og'ir metallarning o'simliklar orqali inson salomatligiga salbiy ta'sir ko'rsatishini tasdiqlaydi.

ADABIYOTLAR

- Wang. X., Wang. L., Zhang. Q., Liang. T., Li. J., Hans. Chr., Hansen. B., Shahee. S. M., Antoniadis V., Bolan. N., Rinklebe. J. Integrated assessment of the impact of land use types on soil pollution by potentially toxic elements and the associated ecological and human health risk // *Environmental Pollution* 299 (2022) 118911. – R. 1-9
- Wu. Y., Liu. Q., Ma. J., Zhao. W., Chen. H., Qu. Y. Antimony, beryllium, cobalt and vanadium in urban park soils in Beijing: Machine learning-based source identification and health risk-based soil // *Environmental Pollution* Volume 293, 15 January 2022, 118554
- Yimthiang S, Pouyfung P, Khamphaya T, Kuracaid S, Wongrith P, Vesey DA, Gobe GC, Satarug S. Effects of Environmental Exposure to Cadmium and Lead on the Risks of Diabetes and Kidney Dysfunction. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 Feb 16;19(4):2259.
- Kabata-Pendias A. *Trace Elements in Soils and Plants*. – 4th ed. Boca Raton: CRC Press, 2011. – 534 p.
- Alloway B.J. *Heavy Metals in Soils*. – Dordrecht: Springer, 2013. – 614 p.
- Mamut A., Eziz M., Mohammad A. Heavy metal accumulation and health risk assessment in agricultural soils and crops near industrial areas // *Environmental Monitoring and Assessment*. – 2017. – Vol. 189. – P. 1–12.
- Nagajyoti P.C., Lee K.D., Sreekanth T.V.M. Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: a review // *Environmental Chemistry Letters*. – 2010. – Vol. 8. – P. 199–216.
- Tóth G., Hermann T., Da Silva M.R., Montanarella L. Heavy metals in agricultural soils of the European Union // *Environmental International*. – 2016. – Vol. 88. – P. 299–309.
- Дячук Т.И. Содержание тяжелых металлов в молочных продуктах и рыбе в Новосибирской области // *Материалы 8-й международной экологической студенческой конференции*. Новосибирск, 2003. – С.4-5.
- Василевский А.М. Риски для здоровья населения Красноярского края, обусловленные потреблением продуктов питания, загрязненных тяжелыми металлами // *Вопр. Питания*, 2009. – Т.78. – №1. – С.63-68.
- Черков Н.В. Содержание тяжелых металлов в различных видах байхового чая // *Вопросы питания* – 2010. – Т. 79. – №4. – С. 39-4.
- Новикова М.А., Пушкарев Б.Г., Судаков Н.П., Никифоров С.Б., Гольдберг О.А. Явербаум П.М. Влияние хронической свинцовой интоксикации на организм человека // *Сибирский медицинский журнал (Иркутск)*. 2013. – №2. – С.13-16.
- Кобринец Л.А. Изменение активности ферментов антиоксидантной системы у проростков люпина вызванной действием соединений свинца // *Вестник Брестского государственного технического университета*, 2012. – №2. – С.86-89.
- Разаков Р.М., Рахмонов Б.А., Косназаров К.А. Экотоксикологическая оценка источников питьевого водоснабжения в Приаралье // *Экологическое образование и устойчивое развитие* // *Международная научно-практическая конференция*. – Нукус, 2004. – С. 112-113.