ОШ МАМЛЕКЕТТИК УНИВЕРСИТЕТИНИН ЖАРЧЫСЫ. ХИМИЯ. БИОЛОГИЯ. ГЕОГРАФИЯ

ВЕСТНИК ОШСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА. ХИМИЯ. БИОЛОГИЯ. ГЕОГРАФИЯ

JOURNAL OF OSH STATE UNIVERSITY. CHEMISTRY. BIOLOGY. GEOGRAPHY

e-ISSN: 1694-8688
№1(6)/2025, 56-62

ХИМИЯ

УДК: 577.47:546.49(575.6)
DOI: 10.52754/16948688_2025_1(6)_7

КЫРГЫЗСТАНДЫН ТҮШТҮГҮНДӨГҮ СЫМАП-СУРЬМА ПРОВИНЦИЯСЫНДАГЫ ТОПУРАК КАТМАРЫНЫН ООР МЕТАЛЛДАР МЕНЕН БУЛГАНУУСУ

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ТЯЖЁЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ В РТУТНО-СУРЬМЯНЫХ ПРОВИНЦИЯХ ЮГА КЫРГЫЗСТАНА

HEAVY METAL CONTAMINATION OF SOIL PROFILES IN MERCURY-ANTIMONY AREAS OF SOUTHERN KYRGYZSTAN

Иматали кызы Калыскан
Иматали кызы Калыскан
Imatali kyzy Kalyskan

б.и.к., доцент, Ош мамлекеттик университети
к.б.н. доцент, Ошский государственный университет
Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Osh State University
kimatalikyzy@oshsu.kg
ORCID: 0000-0002-7968-3902

Дженбаев Бекмамат Мурзакматович
Дженбаев Бекмамат Мурзакматович
Djenbaev Bekmamat Murzakmatovich

б.и.д., профессор, КРнын УИАнын биология Институту
д.б.н., профессор, Институт биологии НАН КР
Doctor of Biological Sciences, Professor, Institute of Biology, National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic
kimatalikyzy@oshsu.kg

КЫРГЫЗСТАНДЫН ТҮШТҮГҮНДӨГҮ СЫМАП-СУРЬМА ПРОВИНЦИЯСЫНДАГЫ ТОПУРАК КАТМАРЫНЫН ООР МЕТАЛЛДАР МЕНЕН БУЛГАНУУСУ

Аннотация

Бул изилдөө Борбордук Азиянын Айдаркен, Чаувай жана Улуу-Тоо сымап кендеринин биогеохимиялык аймактарында топурактын оор металлдар менен техногендик булгануу деңгээлин комплекс түрдө аныктоого арналган. Узак мөөнөттүү иштетүү жана сымап кендеринин минералдык түзүлүшү топурактын химиялык курамына олуттуу таасир эткен, анын ичинде сымап (Hg), сурьма (Sb), коргошун (Pb), жез (Cu) жана башка оор металлдардын концентрациялары нормадан бир нече эсе жогору экендиги белгилүү болду. Изилдөөнүн методикасында топурактын үлгүлөрүндө оор металлдардын концентрациясын спектралдык, инверсиялык вольт-амперометриялык жана сымапты аныктоодо атомдук-абсорбциондук ыкмалар колдонулду. Айдаркен аймагындагы топуракта сымаптын концентрациясынын техногендик коэффициенти 27,5тен 766,2ге чейин өзгөрүп, санитардык-гигиеналык чектен бир нече эсе жогору экендиги аныкталды. Чаувай жана Улуу-Тоо кендериндеги изилдөөлөрдө оор металлдардын концентрациялары салыштырмалуу төмөн болсо да, узак мөөнөттүү мониторинг жүргүзүү зарылчылыгы бар.

Ачкыч сөздөр: *оор металлдар, сымап, топурак, биогеохимия, концентрация коэффициенти, кларк*

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ТЯЖЁЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ В РТУТНО-СУРЬМЯНЫХ ПРОВИНЦИЯХ ЮГА КЫРГЫЗСТАНА

Аннотация

Данное исследование посвящено комплексной оценке уровня техногенного загрязнения почв тяжёлыми металлами в биогеохимических зонах ртутных месторождений Центральной Азии — Айдаркен, Чаувай и Улуу-Тоо. Длительная эксплуатация месторождений и минералогический состав ртутных руд оказали значительное влияние на химический состав почв. Установлено, что концентрации ртути (Hg), сурьмы (Sb), свинца (Pb), меди (Cu) и других тяжёлых металлов многократно превышают допустимые нормы. В методике исследования использовались спектральный анализ, инверсионная вольтамперометрия, а также атомно-абсорбционные методы для определения ртути. В почвах Айдаркенского района техногенный коэффициент концентрации ртути варьировал от 27,5 до 766,2, что существенно превышает санитарно-гигиенические нормы. Несмотря на относительно низкие концентрации тяжёлых металлов в районах Чаувай и Улуу-Тоо, результаты подчёркивают необходимость проведения длительного экологического мониторинга.

Ключевые слова: *тяжелые металлы, ртуть, почва, биогеохимия, коэффициент концентрации, кларк*

HEAVY METAL CONTAMINATION OF SOIL PROFILES IN MERCURY-ANTIMONY AREAS OF SOUTHERN KYRGYZSTAN

Abstract

This study aims to comprehensively assess the level of technogenic contamination of soils with heavy metals in the biogeochemical zones of mercury deposits in Central Asia — specifically Aydarken, Chauvay, and Uluu-Too. Long-term exploitation and the mineral composition of mercury ores have significantly affected the chemical properties of the soils. Elevated concentrations of mercury (Hg), antimony (Sb), lead (Pb), copper (Cu), and other heavy metals were detected, exceeding permissible limits by several times. The research methodology involved the use of spectrometric analysis, inverse voltammetry, and atomic absorption techniques for mercury detection. In the Aydarken area, the technogenic coefficient of mercury concentration ranged from 27.5 to 766.2, significantly surpassing sanitary and hygienic thresholds. Although the concentrations of heavy metals in the Chauvay and Uluu-Too areas were relatively lower, the findings indicate the need for long-term environmental monitoring.

Keywords: heavy metals, mercury, soil, biogeochemistry, concentration coefficient, Clarke value

Киришүү

Борбордук Азиянын сымап провинциясы, Кыргызстандын түштүгү менен Өзбекстандын аймагын камтып, Айдаркен, Чаувай жана Улуу-Тоо сыяктуу ири сымап кендери менен мүнөздөлөт. Бул объекттердин узак мөөнөттүү эксплуатацияланышы жана сымап кендеринин өзгөчөлүктөрүнөн улам, чоң аймактарда оор металлдар, өзгөчө сымап менен техногендик булганууга дуушар болгон. Оор металлдардын топуракта топтолушун изилдөө — экологиялык изилдөөлөрдүн маанилүү багыттарынын бири болуп эсептелет. Топурак — биосферанын маанилүү компоненти катары химиялык элементтердин атмосферага, гидросферага жана биотага өтүшүн жөнгө салуучу табигый буфердик чөйрө болуп кызмат кылат. Топуракта оор металлдардын табигый концентрациясын аныктоо, булгануу деңгээлин баалоого жана кыртыштын асылдуулугун сактоо менен катар, айыл чарба продукциясынын гигиеналык коопсуздугун камсыздоого багытталган тийиштүү чараларды иштеп чыгууга мүмкүндүк берет. Топурактын оор металлдар менен булганыусу өсүмдүктөрдүн биологиялык азыктуулугунун төмөндөшүнө гана алып келбестен, адамдын жашоо чөйрөсүнүн санитардык-гигиеналык сапатынын начарлашына да себепчи болот (Субанова ж.б., 2024). Бул өзгөчө коркунуч жаратат, анткени өсүмдүктөр патологиялык өзгөрүүлөрсүз жана ууланыу белгилери байкалбастан, адам жана жаныбарлар үчүн кооптуу деңгээлдеги уулуу металлдарды өз курамына топтоп алышы мүмкүн (Алексеев, 1987, 6-б.).

Сымапты казып алуу жана кайра иштетүү процессинде бөлүнүп чыккан уулуу заттар, газдар, чаң жана өндүрүштүк калдыктар топурактын үстүнкү катмарынын химиялык курамын өзгөртүп, анын булганыусуна алып келет. Бул өзгөрүүлөр кыртыштын кычкылдуулугунун (pH) бузулушуна, микроэлементтердин сапаттык жана сандык курамынын өзгөрүшүнө, ошондой эле топурактын микробиологиялык ар түрдүүлүгүнүн кыскарышына жана өсүмдүктөрдүн морфологиялык-анатомиялык структурасынын өзгөрүшүнө алып келет (Алексеев, 1987, 32-б.; Кабата-Пендиас, 1989, 122-б.).

Оор металлдар жана башка техногендик булгоочу заттар менен айлана-чөйрөнүн булганыусу – экологиялык мониторинг системасында эң актуалдуу изилдөө объеукттеринин бири болуп саналат. Бул жагдайда Кыргызстандын түштүгүндөгү техногендик аймактардагы топурактын оор металлдар менен булгануу деңгээлин аныктоо илимий жана практикалык жактан актуалдуу маселелердин катарына саналат.

Изилдөөнүн методдору жана материалдары. Изилдөөнүн объектилери – Айдаркен, Чаувай, Улуу-Тоо биогеохимиялык аймактарынын топурак катмары. Айдаркен сымап провинциясынын топурак катмары негизинен турандык боз топурактар менен көрсөтүлүп, органикалык заттарга жардылыгы, гумустук катмарларынын жука болушу жана карбонаттуулугунун жогору деңгээли менен айырмаланат (Мамытов, 1974, 57-б.; Ройченко, 1960, 35-б.; Иматали кызы, 2017, 258-б). Чаувай кени Баткен облусунун Кадамжай районунда, Алай кырка тоосунун түндүк капталында, Чаувай дарыясынын өрөөнүндө жайгашкан (1914-жылы ачылган). Улуу-Тоо кени Ош облусунун Ноокат районунда жайгашкан (1950-жылы ачылган). Улуу-Тоо сымап кенинин көрүнүшү лиственит-киноварь тибине кирип, төмөнкү жана орто палеозойго таандык терриген-эффузивдик тектерде орун алган (Ермаков, 1991, 26-б.).

Изилдөө 2022-2024-жылдары жүргүзүлдү. Топурак үлгүлөрүн алуу стандарттарга ылайык А горизонтторунан 0-20 см тереңдиктен булганган аймактан аралыкты эске алуу менен жүргүзүлдү (Дженбаев жана Калдыбаев, 2014, 10-б). GPS тин жардамында деңиз

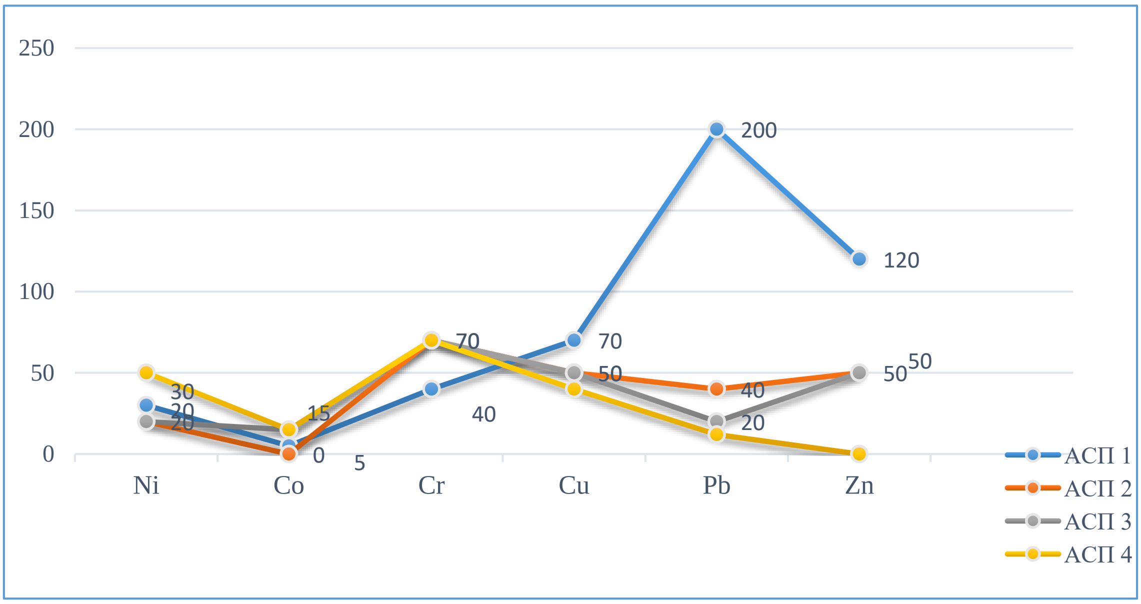
деңгээлинен бийиктиги жана координаттары такталды. Оор металлдардын топурактагы концентрациясы спектралдык жана инверсиялык вольт-амперометриялык метод менен аныкталды.

Изилдөөнүн жыйынтыгы жана талкуулоо

Түштүк Кыргызстан Туран фациясынын бир бөлүгүн түзүп, деңиз деңгээлинен 500–5000 м бийиктикте жайгашкан. Бул аймактын топурак пайда кылуучу түпкү тектери негизинен акиташтуу (карбонаттуу) келип, түз өрөөндөрү төртүнчүлүк мезгилде пайда болгон лесс, кумай топурактар менен шагылдуу конгломерат чөгүндүлөрүнөн турат. Фергана өрөөнү үчүн туран боз топурагы мүнөздүү. Оор металлдардын топтолушу топурактын текстурасы, pH мааниси, катион алмашуу жөндөмдүүлүгү, гумустун горизонтунун калыңдыгы жана органикалык курамы сыяктуу генетикалык мүнөздөмөлөр менен аныкталат. Кычкыл чөйрөдө кадмий, коргошун, цинк, жез жана никель, ал эми кадмий жана кобальттын иондору щелочтуу чөйрөдө олутт уу кыймылдуулукка ээ экени аныкталган (Makeeva and Neverova, 2021).

Топурак үлгүлөрү Айдаркен сымап-техногендик аймагынан 4 участоктон тандалып алынган: №1 участок (үлгү коду – АСП 1, бийиктик – 1684 м, координаттары – N=39,957365, E=71,276305) – калдыктарды сактоочу жайдын аймагы; №2 участок (АСП 2, 1913 м, N=39,949654, E=71,353293) – металлургиялык заводдун аймагы; № 3 участок (АСП 3, 1996 м, N=39,955692, E=71,380153) – Айдаркен шаарынын чыгыш чек арасы; № 4 участок (АСП 5, 2078 м, N=39,961012, E=71,393113) – Айдаркен ашуусу (шарттуу контролдоо зонасы).

Изилдөөлөрдүн жыйынтыгы боюнча (1-сүрөт) никелдин (Ni, кларк = 58 мг/кг) жана хромдун (Cr, кларк = 83 мг/кг) концентрациясы бардык участоктордун топурак үлгүсүндө кларктан төмөн, кобальттын (Co, кларк =18мг/кг) көрсөткүчү калдык сактоочу жайда (АСП 1) кларктан 3,6 эсе төмөн, металлургиялык заводдун аймагындагы топурактын үлгүсүндө кларктан төмөн, калган участокторд о кларктын чегинде экендиги байкалды. Жездин концентрациясы 1-участокто (АСП 1) кларктан 1,5 эсе жогору, калган участоктордогу үлгүлөрдө кларктын чегинде; коргошундун көрсөткүчү калдык сактоочу жайда (АСП 1) кларктан 12,5 эсе, металлургиялык заводдун аймагындагы топуракта (АСП 2) – 2,5 эсе жогору, калган участоктордо кларктын чегинде, цинк – АСП 1 үлгүсүндө – 1,5 эсе кларктан жогору болсо, калган участоктордун топурак үлгүсүндө кларктын чегинде экендиги аныкталды.



1-сүрөт. Оор металлдардын Айдаркен аймагынын топурак каптоосунда кармалышы

Топурактын оор металлдар (ОМ) менен булгануусунун маанилүү көрсөткүчтөрүнүн бири – техногендик концентрация коэффициенти (Кс) жана жалпы булгануу көрсөткүчү (Zc) болуп эсептелет. Кс көрсөткүчү 1ден канчалык ашса, булгануунун коркунучу ошончолук жогору болот (Самойленко ж.б., 2017, 34-б.).

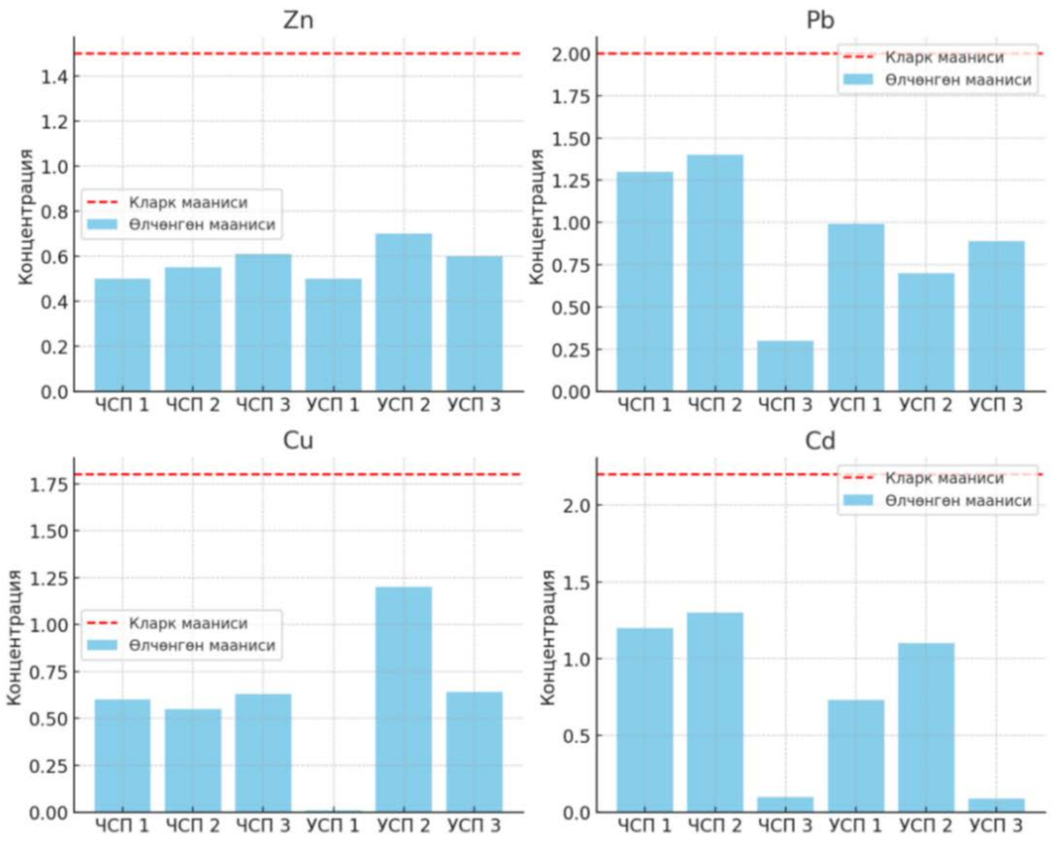
Топурактын оор металлдар менен булгануу коркунучунун даражасын баалоо үчүн Кс, Zc жана Zст (уулуулук коэффициенти эске алынган булгануу көрсөткүчү) көрсөткүчтөрүн эсептедик (табл.1). Жүргүзүлгөн изилдөөлөрдүн жыйынтыгына ылайык, бардык топурак үлгүлөрүндө сымаптын техногендик концентрация коэффициенти 27,5тен 766,2ге чейин жетет (Кс максималдуу мааниси АСП 2 үлгүсүндө). Сымапка коштоочу элемент катары сурьманын Кс көрсөткүчү 26,6дан 111ге чейинки маанини көрсөттү. Топурактарда коргошундун концентрациясынын эң жогорку коэффициенти АСП 1 үлгүсүндө(12,5). Хромдун концентрация коэффициенти бардык изилденген топурак үлгүлөрүндө бирден аз. Никелдин концентрация коэффициенти булганган участоктордо (АСП 1 жана АСП 2 үлгүлөрү) бирден аз, ал эми азыраак булганган участокто (АСП 4 үлгүлөрү) бирден жогору (табл.1).

1-таблица. Техногендик концентрация коэффициенти (Кс) жана топурактын жалпы булгануу көрсөткүчү (Zc) (Айдаркен)

№	*Үлгүлөрдүн коду*	*Hg*	*Ni*	*Co*	*Cr*	*Cu*	*Pb*	*Zn*	*Sb*	Z_c	Z_{cm}
1	АСП 1	516,5	0,51	0,27	0,48	1,48	12,5	1,44	88,8	614,98	798,4
2	АСП 2	766,2	0,34	-	0,84	1,06	2,5	0,6	111	875,54	1260,19
3	АСП 3	77,92	0,86	0,9	0,84	1,06	1,25	0,6	44,4	120,83	160,41
4	АСП 4	27,5	1,2	1,1	0,84	0,85	0,75	-	26,6	51,84	65,96

Жалпы булгануу көрсөткүчү эсептелди. Изилдөөлөрдүн жыйынтыгында, бардык топурак үлгүлөрүндө уулуулук коэффициенти эске алынбаган (Zc) жана эске алынган (Zст) жалпы булгануу көрсөткүчтөрү да кабыл алынуучу деңгээлден жогору (>16). АСП 3 үлгүлөрүндө булгануу көрсөткүчтөрү уулуулук коэффициенти эске алынбаганда Zc боюнча коркунучтуу, ал эми Zст боюнча – абдан коркунучтуу деп бааланат (табл. 1). Сымаптын топурактагы концентрациясы БЧКдан (белгиленген чектеги концентрация) 191 эсе жогору экендиги аныкталган (Imatali kyzy at all., 2024).

Чаувай жана Улуу-Тоо сымап кен аймактарынын ар биринен 3 участок тандалып алынган: ЧСП 1 (байытуучу фабриканын жогорку бөлүгү), ЧСП 2 (калдык топтоочу жайдын үстүнкү бөлүгү), ЧСП 3 (шахтанын төмөнкү бөлүгү); УСП 1 (шахтадан 50 м алыстыкта, табигый топурак), УСП 2 (калдык топтоочу жайдын үстүнкү бөлүгү), УСП 3 (эски фабрикадан 300 м алыстыктагы участок). 2-сүрөттө көрүнүп тургандай Zn жана Cu боюнча УСП үлгүлөрүндө концентрациялар бир аз жогору. Pb жана Cd боюнча ЧСП үлгүлөрүндө концентрациялар жогору, бирок бардык элементтер боюнча концентрациялар кларктык орточо мааниден төмөн.



2-сүрөт. Оор металлдардын топурактагы концентрациясы, мг/кг (Чаувай жана Улуу-Тоо аймактары)

Корутунду. Айдаркен, Чаувай жана Улуу-Тоо сымап аймактарынын топурактарында жүргүзүлгөн изилдөөлөрдүн жыйынтыктары Түштүк Кыргызстан аймагында оор металлдардын, өзгөчө сымап жана сурьманын топурак катмарына техногендик таасири күч экенин көрсөттү. Айдаркен аймагындагы калдык сактоочу жай жана металлургиялык заводдун аймактарында коргошундун, сымаптын жана сурьманын концентрациялары санитардык нормалардан кескин жогору болуп, экологиялык коркунуч жаратат. Топурактагы бул булгоолор өсүмдүк биомассасына жана ал аркылуу азык чынжырчасы аркылуу адам жана жаныбарлардын ден-соолугуна терс таасирин тийгизиши ыктымал. Чаувай жана Улуу-Тоо сымап кендеринде оор металлдардын деңгээли салыштырмалуу төмөн болгону менен, бул аймактарда да үзгүлтүксүз мониторинг жүргүзүлүшү зарыл. Топурактагы оор металлдардын концентрациясын үнөмдүү жана методикалык көзөмөлдөө аркылуу аймактын экологиялык абалы, кыртыштын асылдуулугу жана айыл чарба продукциясынын гигиеналык коопсуздугу сакталат. Жыйынтыктар боюнча айлана-чөйрөнү коргоо, техногендик булганууну кыскартуу жана жергиликтүү калкты коргоо боюнча практикалык сунуштар иштелип чыгышы зарыл.

Адабияттар

1. Алексеев, Ю. В. (1987). Тяжелые металлы. Ленинград: Агропромиздат.
2. Дженбаев, Б. М., & Калдыбаев, Б. К. (2014). Методические указания (отбор проб и пробоподготовка для определения тяжелых металлов в объектах окружающей среды). Бишкек: Илим.

3. Ермаков, В. В., Летунов С.В., Конова Н.И. и др. (1991). Геохимическая экология организмов в условиях Южно-Ферганского ртутного субрегиона биосферы. Труды биогеохимической лаборатории, 22, С. 24–188.
4. Иматали кызы, К. (2017). Региональные особенности содержания ртути в почвенном покрове ртутной провинции Айдаркен (Хайдаркан). Вестник КНАУ им. К. И. Скрябина,(2)(43), 256–260.
5. Кабата-Пендиас, А., & Пендиас, Х. (1989). Микроэлементы в почвах и растениях (пер. с англ.). Москва: Мир.
6. Мамытов, А. М. (1974). Почвы Киргизской ССР. Фрунзе.
7. Ройченко, Г. (1960). Почвы Южной Киргизии. Фрунзе.
8. Самойленко, Г. А., Бондаревич, Е. А., & Концюржинская, Н. Н. (2017). Изучение содержания тяжёлых металлов в почвах и дикорастущих растениях инверсионно-вольтамперометрическим методом. Учебные записки ЗабГУ, 12(1), 31–39. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28858804
9. Субанова, Г., Турсунова, В., Абдирасулова, Ж., Ырысбаев, Э., Карыбекова, А., Субанова, Н., Ырысбаев, А., & Азизбек кызы, А. (2024). “Изучение влияния экологических производственных факторов на расстройство репродуктивной системы женщин старше 35 лет Южного Кыргызстана”. *Вестник Ошского государственного университета*, (2), 154–176. https://doi.org/10.52754/16948610_2024_2_16
10. Imatali kyzy, K., Djenbaev, B., & Abdulazizov, T. (2024). Analysis of the soil cover from the mercury province Aydarken (Kyrgyzstan). BIO Web of Conferences, 100, 04014. https://doi.org/10.1051/bioconf/202410004014
11. Makeeva, N., & Neverova, O. (2021). The influence of soil microorganisms on heavy metal content in the substrate of waste rock dumps. BIO Web of Conferences, 31, 00017. https://doi.org/10.1051/bioconf/20213100017