DOI: 10.33942/sititpr202208 **УДК 662, 613,13: 621,311,22: 502/504**

ЖЫЛУУЛУК ЭЛЕКТР СТАНЦИЯЛАРЫНАН ЧЫККАН ЧЫМЫН КҮЛҮНҮН ЖАНА КҮЛ ТӨГҮҮЧҮ ЖАЙЛАРЫНЫН АЙЛАНА – ЧӨЙРӨГӨ ТИЙГИЗГЕН ТААСИРИ

Жапакова Б.С.
«Техносфералык коопсуздук» кафедрасынын улук окутуучусу, И. Раззаковатындагы КМТУ, Бишкек шаары, Ч. Айтматов 66, e-mail:burul.japakova@mail.ru

Аннотация. *Бул статьяда жылуулук электр станцияларынан чымын кулу менен абага чыккан зыяндуу заттар жана кул таштоочу жайлардын айлана чойрого тийгизген таасири каралды. Учурда Кыргызстанда көмүр менен иштеген электр станциялары (ЖЭБ) энергиянын 10пайызын гана өндүргону менен абаны алда канча зыяндуу заттар менен былгап жатканы ачык байкалууда. Бишкек ЖЭБнин кул тогуучу жайынын азыркы абалы ото коопту болуп турат. Күлдүн минералдык бөлүгүнүн негизги компоненттери болуп кремнийдин, алюминийдин, темирдин жана кальцийдин оксиддери саналат . Ошол эле учурда күл жана шлак калдыктары аз өлчөмдөгү өсүмдүктөр үчүн маанилүү жана керектүү микроэлементтердин (темир, марганец, жез, цинк, молибден ж. б.) олуттуу концентрациясын камтыйт. Бирок алардын бардыгы, эгерде алардын колдо болгон формаларынын концентрациясы белгилүү чектен ашса, өсүмдүктөргө терс таасирин тийгизиши мүмкүн. Кээ бир оор металлдар аз концентрацияда да бардык тирүү жандыктар үчүн коркунучтуу.Көмүрдү майдаланган абалда куйгузгондо элементтердин, алардын термодинамикалык жана химиялык касиеттеринин жана бирикмелеринин олуттуу кайра бөлүштүрүлүшү (кобальт, никель, цинк) негизинен шлактарга топтолгон жана күл пайда кылуучу минералдарда бекитилген. Жана ошондой эле статьяда ЖЭБден чыккан кулдорду кайра иштетуу жолу менен,айлана чойрого тийгизген зыянын азайтуу жолдору каралган.*

Түйүндүү сөздөр: *чымын күлү, көмүр төгүүчү жай, уулу микроэлементтер, нымдаштыруу, айлана-чөйрө, шлак, от казан.*

ВОЗДЕЙСТВИЕ ЗОЛЫ И ЗООТВАЛОВ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Жапакова Б.С.
ст. преподаватель кафедры «Техносферная безопасность», КГТУ им. И. Раззакова, г. Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66, e-mail: burul.japakova@mail.ru

Аннотация. *В данной статье рассматривается влияние вредных веществ и сухой золы, выделяемых тепловыми электростанциями и их влияние на окружающую среду. В настоящее время угольные электростанции (ТЭС) Кыргызстана вырабатывают только 10 процентов своей энергии, но расположены в открытых полях, которые загрязняют воздух гораздо большим количеством вредных веществ. Текущее состояние золоотвалов Бишкекской ТЭЦ очень опасное. Основными компонентами минеральной части золы являются оксиды кремния, алюминия, железа и кальция. В то же время золошлаковые остатки содержат значительные концентрации микроэлементов (железо, марганец, медь, цинк, молибден и др.), важных и необходимых для малых предприятий. Однако все они могут негативно воздействовать на растения, если концентрация их доступных форм превышает определенный предел. Некоторые тяжелые металлы, даже в небольших концентрациях, опасны для всего живого. Значительное перераспределение элементов, их термодинамических и химических свойств и соединений (кобальт, никель, цинк) при дроблении угля в дробленом состоянии в основном сосредоточено в шлаках и закреплено в золообразующих минералах. Также в статье*

рассматриваются способы снижения экологического ущерба за счет утилизации отходов ТЭЦ.

Ключевые слова: *сухая зола, угольная свалка, ядовитые микроэлементы, увлажнение, окружающая среда, шлаки, котел.*

ENVIRONMENTAL IMPACT OF ASH AND DUMPS OF THERMAL POWER PLANTS

Zhapakova B.S.
Art. Lecturer of the Department "Technospheric Safety", Kyrgyz State University. I. Razzakova, Bishkek, Ch. Aitmatov Ave. 66, e-mail: burul.japakova@mail.ru

Annotation. *This article discusses the impact of harmful substances and dry ash emitted by thermal power plants and their impact on the environment. Currently, Kyrgyzstan's coal-fired power plants (TPPs) generate only 10 percent of their energy, but are located in open fields that pollute the air with much more harmful substances. The current state of the ash dumps of the Bishkek CHPP is very dangerous. The main components of the mineral part of the ash are oxides of silicon, aluminium, iron and calcium. At the same time, ash and slag residues contain significant concentrations of trace elements (iron, manganese, copper, zinc, molybdenum, etc.), which are important and necessary for small enterprises. However, all of them can adversely affect plants if the concentration of their available forms exceeds a certain limit. Some heavy metals, even in small concentrations, are dangerous to all living things. A significant redistribution of elements, their thermodynamic and chemical properties and compounds (cobalt, nickel, zinc) during crushing of coal in a crushed state is mainly concentrated in slags and fixed in ash-forming minerals. The article also discusses ways to reduce environmental damage through the disposal of CHP waste.*

Key words: *dry ash, coal dump, toxic trace elements, moisture, environment, slag, boiler.*

Киришуу

Жылуулук жана электр энергиясынын керектөөсү өсүүшүнө байланыштуу, жылуулук электр станцияларында көмүрдү колдонуунун кажети көбөйдү.Анын кесепети айлана-чөйрөгө, өсүмдүктөргө үзгүлтүксүз зыян алып келүүдө. Энергетика тармагында атмосферага зыяндуу чымын күлү менен СО2, күкүрт оксиддери, азоттун чыгуу маселеси көп көңүл бурууну талап кылат. Мындай зыяндуу газдарды азайтуу боюнча атайын иштелип чыккан программалар бар. Ошол эле учурда көмүрдүн курамындагы микроэлементтердин, көмүр менен иштеген жылуулук электр станцияларынан чыккан зыяндуу чымын күлүнүн жана күл төгүүчү жайларда чогулган шлактардын калдыктарынын чыгышынын, айлана чөйрөгө терс таасирин тийгизүүсүн азайтуу маселелерине, салыштырмалуу азыраак көңүл бурулат. [1] Геохимиктер көмүрдүн органикалык эмес затынын химиялык курамында элементтердин эки тобун ажыратышат. Алардын бирине негизги күл түзүүчү элементтер кирет: Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, K, S, P. Алар көмүрдөгү органикалык эмес заттардын жалпы массасынын болжол менен 99пайызын түзөт. Экинчи топтогу микроэлементтер көмүрдүн жалпы органикалык эмес затынын 1пайыздан ашпаганын түзөт.Геохимиялык классификацияга [2], ылайык, концентрацияланган өзгөчөлүгү боюнча

микроэлементтерге иш жүзүндө 0,1–0,001% (1000–10 г/т), сейрек кездешүүчү элементтер – 0,001–0,00001% (10–0,1 г/т) жана 0,00001% дан аз (0,1 г/т кем) камтылышы менен өтө сейрек кездешүүчү .Көмүрдү колдонууда адамдарга жана айлана-чөйрөгө олуттуу таасирин тийгизген коркунучтуу элементтердин олуттуу көлөмү чогулат. Чымын күлүндө кээ бир микроэлементтердин жогорку концентрациясы 3-таблицада көрсөтүлөт.

Таблица 1

Ар кандай көмүрдөгү жана алардын күлүндөгү микроэлементтердин орточо мазмуну

Микроэлемент	Көмүр	Күл	Топтолуу даражасы
Be	2.7	10.5	>3.8
Cd	1.8	9.0	5.0
V	24.7	120.4	4.8
Cu	11.8	60	5.1
Zn	28	140.1	5.0
Hq	0.15	0.9	6.0
Pb	12.8	63.3	4.9
As	18.8	94.0	5.0
Ni	10.4	50.5	4.9

ЖЭСтерде кармалып алынган чымын күлдүн же күлдүн жана шлак калдыктарынын курамындагы микроэлементтердин салыштырмалуу жогору болушу баалуу элементтерди пирометаллургиялык жана гидрометаллургиялык ыкмалар же алардын айкалышуусу менен өнөр жайлык экстракциялоону өндүрүүгө мүмкүндүк берерин белгилешет. [4], [5].

Адистердин маалыматы боюнча [6] көмүрдөгү урандын орточо (Кларк) курамы 3,6 г/т, ал эми күрөң көмүр үчүн торий 6,3 г/т, таш көмүрдө 3,5 г/т.

Кларктан бир же эки эсе жогору концентрациядагы уранды камтыган көмүр дүйнөнүн көптөгөн өлкөлөрүндө белгилүү: Россияда, Түркияда, Францияда, АКШда жана башкалар. Белгилей кетсек, көпчүлүк көмүр кендеринде көмүрдөгү уран менен торийдин курамы кларктык мааниден ашпайт, бирок уран менен торийдин кларктык курамы бир нече эсе ашкан кендер бар. Анын үстүнө бул кендер эч кандай радиациялык жана гигиеналык көзөмөлсүз иштетилет, көмүр ЖЭСте, от казан колдонулган иш каналарда жана жеке үйлөрдүн мештеринде колдонулат. Мындай көмүрдүн күйүүсүнүн натыйжасында пайда болгон чымын күл жана шлактар табигый радионуклиддерге (ТРН) байылат. Курамында радионуклиддердин көптүгү бар

көмүрдү пайдаланган ТЭСтин күл жана шлак төгүүчү жайлары кеңири аймактарды ээлеп, жыл өткөн сайын чындыгында ТРНнин техногендик кендерин түзүүдө. Белгиленгендей [7] ЖЭСтин күл төгүүлүүчү жайларына, атайын зарыл комплекстүү чаралар көрүлгөн учурда да, мындай кампалар жайгашкан аймакта гана эмес, алардан алыскы аймактарда да курчап турган чөйрөгө терс таасирин тийгизет. Суу бассейнинин уулуу кошулмалардын агындылары менен чаңданышына жана булганышына алып келиши мумкун. Жер кыртышынын үстүнкү катмарында күл компонентинин олуттуу курамы ЖЭСтин кул тогуучу жайынан 1 кмге чейинки радиуста табылган [7]. Уулуу элементтердин концентрациясы күл төгүүчү жайлардын жанындагы жайыттарда мал жеген тоютта көбөйгөндүгү аныкталган.

Химиялык заттардын жол берилүүчү концентрациясынын санитардык ченемдерине ылайык күл жана шлак калдыктарына чектеш кыртышта элементтердин жол берилген максималдуу концентрациясынан ашуусу белгиленген. Таштандылардагы оор металлдардын кыймылдуу формаларынын максималдуу концентрациясы жез, никель, цинк жана коргошун боюнча байкалган. Ванадийдин, мышьяктын, никельдин, цинктин, марганецтин жана хромдун жогорку концентрациясы күл төгүүчү жайлардын сууда эрүүчү формаларында да, күл төгүүчү жайларга жакын жер астындагы жана жер үстүндөгү сууларда да байкалат.

ЖЭСтин күлүндө уулуу микроэлементтердин курамы негизги элементтерден тышкары: Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, K, ЖЭС түтүнүнүн катуу бөлүкчөлөрүндө оор металлдар бар. ЖЭСте көмүрдүн органикалык заттары күйгөндө металлдар бууланып, алардын бир бөлүгү аэрозолдордо конденсацияланып, буу менен учат. Бууланган металлдын дагы бир бөлүгү күлдүн бөлүкчөлөрүндө конденсацияланат. Майда бөлүкчөлөр эң чоң бетке ээ болгондуктан, аларда металл бууларынын конденсациясы жана трансформациясы болот [8].

Таблица 2

Күйүүчү станциялардын иштөөсүнөн чыккан оор металлдардын эмиссиясы [3]

Оор металлдар	Оор металлдардын атмосферага чыгуусу
Zn	11100
Ni	4860
Cu	3040
Pb	1930
Cr	1170
Hq	245
Cd	203

Окумуштуулардын изилдөөлөрүнө таянсак [9] ЖЭСте көмүр жагылганда атмосферага чыккан чымын күлүндө орточо төмөнкү заттар киришет:

- аларда камтылган Al, Co, Fe, Mn, Na, Se жалпы массасынын 10% кем эмес;
- 30% Cr, Cu, Ni, V;
- 50% Ag, Cd, Pb, Zn;
- 100% As, Br, Cl, Hg, Sb жана Sc.

ЖЭСтен күлдүн учуучу бөлүкчөлөрүн алып жүрүүгө болгон аралыктар жана алардын атмосфералык жаан-чачындар менен бирге жайгашуусу күлдүн физикалык касиеттерине, аба ырайынын шарттарына, шамал гүлүнө ж.б. көз каранды. Диаметри 10 микрон же андан көп болгон бөлүкчөлөр кыйла тез жайгашат жана алардын таасири ЖЭСке жакын жерде, 3 км радиуста байкалат. 10 нанометрден жана өзгөчө 2,5 нанометрден кичине бөлүкчөлөр отурукташканга чейин жүздөгөн километрди басып өтүшү мүмкүн. Аэрозолдор көбүнчө металлдар үчүн конденсация ядросу катары кызмат кылат [8]. Атмосферага чыккан зыяндуу заттарды кыскартуу боюнча энергетиктер тарабынан көрүлгон чараларга карабастан ЖЭСтин иштешинин натыйжасында атмосферага оор металлдардын чыгышы жыл сайын өсүп барат. 2-таблицада [8] баштапкы булакка шилтеме кылуу менен 1990-жылы Евробиримдиктин 15 өлкөсүндө ЖЭСтерде ар кандай бассейндерден көмүрдү жагуу учурунда күл менен атмосферага бөлүнүп чыккан микроэлементтердин орточо мазмуну жөнүндө маалымат берилген.

ЖЭСтерден болүнүп чыккан зыяндуу күлдүн курамындагы нанобөлүкчөлөр жогорку биологиялык активдүүлүккө ээ болгондуктан, тирүү системалардын организмине оңой кирип, бардык органдарга жана ткандарга таралышат[8]. Белгилүү болгондой, оор металлдар жердин кыртышында салыштырмалуу тез чогулат жана андан өтө жай чыгарылат, бул дан эгиндерин айдоо аянттарында, жайыттарда, чабындыларда, көп жылдык өсүмдүктөргө, калктуу конуштарда фонго салыштырмалуу, алардын деңгээли жогорулашына алып келет. Эл аралык изилдөөлөрдө ЖЭСтен атмосферага сымаптын эмиссиясынын проблемасына, сымаптын эмиссиясынын биосферага жана адамдын ден соолугуна тийгизген терс таасирине көп көңүл бурулат. Америка Кошмо Штаттарынын жана Батыш Европанын энергетиктери энергетикалык от казандарда сымаптын атмосферага чыгарылышын азайтуунун ар кандай ыкмаларын киргизүү менен тынымсыз алектенишет. 2000-жылы АКШнын айлана чөйрөнү коргоо агенттиги сымаптын эмиссиясына мыйзам чегинде чектөө киргизгенин жарыялаган. Бул мыйзамга ылайык, көмүр менен иштеген ТЭЦтен сымаптын чыгышы 90%га кыскарышы керек [10]. Тилекке каршы, Кыргызстанда көмүр менен иштеген ТЭЦтен атмосферага чыккан сымаптын терс таасиринен айлана-чөйрөнү коргоо боюнча эч кандай чаралар көрүлбөй жатат. Бир нече илимий борборлор

– БААУнун Тянь-Шань аналитикалык борбору (ТАК), ЕККУнун Академиясы, ошондой эле Курчап турган чөйрөнү жана өнүгүүнү изилдөө борбору (CER) жана Борбордук Азиядагы Америка университетинин Колдонмо геология бөлүмү – изилдөө жүргүзүшуп, Бишкектин абасынын булганышы боюнча акыркы бир нече жылдагы абал - 2019-2021-ж. – кыш айлары болуп көрбөгөндөй өскөн. Өткөн кышта Бишкекте бир нече жолу абанын булганышын көзөмөлдөгөн локалдык датчиктер бир нече күн катары менен абада PM2.5 концентрациясынын кооптуу деңгээлинен ашканы катталган. Кыргыз Республикасындагы MoveGreen жаштардын экологиялык кыймылынын маалыматы боюнча, 2020-жылдын декабрь - 2021-жылдын январь айларында PM2.5 орточо суткалык концентрациясы Кыргызстандын тиешелүү ченемдеринен 8-12 эсеге ашкан.Белгилеп кетчү нерсе,Бишкек шаарынын абасынын булганышы кышкы сезондо күчоп баштайт,себеби эн негизги аба булгоочу булактардын бири Бишкек ЖЭБи болуп эсептелинет.

[10] боюнча, «дисперсияны эске алуу менен (көмүрдө иштеген ТЭСтин бийик морлору болгон учурда) түтүн газдары менен атмосферага бөлүнүп чыккан зыяндуу заттардын жер үстүндөгү абадагы концентрациясы салыштырмалуу төмөн болуп чыгат жана адамдын ден соолугуна коркунуч туудурбайт, бирок атмосфералык зыяндуу заттар жерге жамгыр, кар жана кургак чаң менен кайтып келет. Мындай осумдукторду тамак-ашка колдонуу адамдын ден соолугуна терс таасирин тийгизет, ал эми боюнда бар аялдарга эң эле коркунучтуу болот. Кээ бир коркунучтуу элементтер азык чынжыр аркылуу өтүп, неврологиялык ооруларды пайда кылат, адамдын жүрөк-кан тамыр системасына терс таасирин тийгизет». Акыркы жылдарда жаш балдардын нерв системасынын оорулары менен оорушунун көбөйушун жана онкологиялык оорулардын өсушун дагы байкасак болот. Ар кандай курактагы адамдар аш-казан оорулары менен ото көп жабыркап келишуудө, эн эле өкунучтуусу тез эле төртунчу стадиядагы рак оорусуна айланып жатат.

Жылуулук электр станциялпрында от казандан чыккан кулду ар кандай жолдор аркылуу кармап калышат. Ал жонундо [11] кененирээк анализ жазалып, маалымат берилген. Бишкек шаарынын ЖЭБинде от казандардан чыккан түтүндү тазалоонун үч түрү колдонулат. Биринчиден от казандан жогорку температура менен чыккан тутун нымдуу күл тазалоочу аппараттан өтөт,ал жерде жогорку температура менен келе жаткан түтүнгө атайын химиялык жол менен тазаланган суу кошулуп,парга айлануу менен от казанда күйбөй калган көмүрдун калдыктарын жана чымын күлдөрду нымдаштырып кармап калат. Экинчиден сууга аралашпай калган өтө майда чымын күлү электростатикалык чыпкалоодон өтөт. Жогоруда кармалып калынган күлдөр,чымын күлдөру апараттан күүлүп шлак түтүгү аркулуу шаардан анча алыс эмес жайгашкан күл жыйноочу жайга төгүлөт. Мындан тышкары 2015-жылы Бишкек ЖЭБи

, ТВЕА компаниясы аркылуу модернизацияланып заманбап түтүндү күкүртсүздөндүрүү жайы курулган. Азыр ал дагы иштеп жатат. Негизи ушул үч этап тазалоодон өткөндөн кийин Бишкек ЖЭБинин түтүн чыкчуу түтүктөрүнөн, адамдын көзүнө байкалгыс түтүн гана чыгуусу керек эле. Эмне үчүн куз-кыш мезгилдеринде ЖЭБден капкара тутун чыгып жатканынын [12] жагылып жаткан көмурдун сапаттарына салыштырмалуу анализ жазалып көмурдун породалары от казандардан чыгып жаткан кулгө туздөн туз байланыштуу экени аныкталган. Акыркы жылдары ЖЭБден 1000-2000м аралыкта жашаган калктын респиратордук оорулары менен ооруганын талдоо учурунда, оорулардын үлүшү жогору деген жыйынтыкка алып келди. Курч оорулардын ичинен биринчи орунда жогорку дем алуу жолдорунун оорулары, бронхит, бронхиалдык астма,тери оорулары тезден өсүүдө. [8].

Дагы бир койгойду маселе ЖЭБдин кул жыйноочу жайынын азыркы абалы. Ал жерде бир гана кул эмес, көмурдун дагы от казанда куйбой калган калдыктарын кезиктирүүгө болот. Ден соолугуна зыян экенине карабастан ал жерде 200дөн ашык адам көмур чөгултуп кышы-жайы дебей журушөт. Алардын кээ бири чогулкан көмурлөр менен уй булөөсун багышса,кээ бири уйун жылытуу максатында колдонушат. Тилекке каршы кул тогулуучу жайга мамлекет тарабынан дагы,ЖЭБ тарабынан дагы анча конул бурулбагандай.

ЖЭБден чыккан күлдөрдү азайтуунун бир нече жолу бар.Биринчиден от казандарда долбоорлонгон көмүр жагылса,көмүр толугу менен күйүп кетмек.Жана көмүрдүн сапатына дагы көп көнүл бурулуп,күлдүүлүгү аз бирок жогорку каллориялу көмүрдүн жагылуусу керек. Көмүр ЖЭБге келгенде лабороторияга үлгүсү алынып текшерилет,бирок ошол эле учурда мамлекет тарабынан дагы эл аралык денгээлде көмүрдүн сапатын текшерүүчү лабораториялар салынып, тынымсыз текшерилип турушу керек деп эсептейм.Экинчиден күл кармап калуучу аппараттардын иштешин жакшыртуу керек. Үчүнчүдөн күл жыйноочу жайларда шлак аралашкан сууларды тундуртуп,атайын чыпкалоодон өткөрүп ,зыяндуу заттардан тазалап,кайра иштетүүгө болот.Тазаланган суунун топуракка синиши дагы коркунуч жаратпайт.Ал эми тундуруп алынган күлдү кайта беш багытта иштетсе болот: курулуш материалдарында(кирпич, цемент, блоктор), жол курулушунда, толтуручтар өндүрүшүндө, айыл чарбасында, курулуш проекттерде(дубал материалдары).

Корутунду

Жогоруда берилген маалыматтарга таянып төмөнкудөй тыянакка келсек болот: көмүрдү энергия алып жүрүүчү катары гана кароого болбойт,бул татаал минерал жана комплекстүү «зыяндуу ресурс», аны колдонуу биосферага жана адамдын ден соолугуна олуттуу терс таасирин тийгизет. Бишкек ЖЭБи айлана-чөйрөнү микроэлементтердин булганышынын туруктуу булагы болуп калууда. Бул көп сандагы зыяндуу

микроэлементтердин күл жана шлак төгүүчү жайда топтолушунун натыйжасында пайда болот. Коопту аймактарда жашаган калкка зыяндуу заттардын терс таасирин азайтуу үчүн көмүрдүн курамындагы микроэлементтердин курамына да, көмүр менен иштеген ЖЭБтин күлүндөгү мындай элементтердин курамына да жакшы уюштурулган көзөмөл менен бирге жогорку эффективдүү күл жыйноочу аппараттарга өтүшү керек. Түздөн түз абага чыгып жаткан зыяндуу заттардын көлөмү ,ЖЭБде акыркы жылдары жагылып жаткан көмурдун сапатына байланыштуу.Ошондуктан көмурду кылдаттык менен тандап жагуу керек.Кул төгулуучу жайды мамлекет өз көзөмөлүнө алып, кайра шлакты иштетуу чаралары көрулушу керек.

КОЛДОНУЛГАН АДАБИЯТТАР:

1. ***Рихванов Л.П., Ершов В.В., Арбузов С.И.*** *Комплексное эколого-геохимическое исследование углей // Уголь. 1998. №2. С. 54–57.*
2. ***Кропп Л.И., Стырикович М. А., Хорьков А. В.*** *Использование энергетических углей и экологические стандарты // Теплоэнергетика. 1997. №2. С. 7–12;*
3. ***Шпирт М.Я., Пунанова С.А.*** *Сравнительная оценка микроэлементного состава углей, нефтей и сланцев // Химия твердого топлива. 2007. №5. С. 15–28.*
4. ***Шпирт М.Я., Нукенов Д.Н., Пунанова С.А.*** *Принципы получения соединений ценных металлов из горючих ископаемых // Химия твердого топлива. 2013. №2. С. 3–13.*
5. ***Чебаненко Б. Б., Майсюк Е.П.*** *Оценка экологической опасности при использовании органических топлив // Экологические проблемы угледобывающей отрасли в регионе при переходе к устойчивому развитию: Тр. междунар. науч.-практ. конф. Т. 2. Кемерово: Кузбассвузиздат, 1999. С. 219–227.*
6. ***Юдович Я.Э., Кетрис М.П., Мерц А.В.*** *Элементы-примеси в ископаемых углях. Л.: Наука. – 1985. – 239 с.*
7. ***Сысоев Ю.М., Барабошкина Т.А.*** *Некоторые аспекты оценки воздействия золоотвалов ТЭС на окружающую среду // Энергетик. 1997. №6. С. 6–8.*
8. ***Глущенко Н.Н., Ольховская И. П.*** *Экологическая безопасность энергетики. Свойства частиц летучей золы ТЭС, работающих на угле // Изв. РАН. Энергетика. 2014. №1. С. 20–27.*
9. ***Кизильштейн Л.Я., Левченко С.В.*** *Элементы-примеси и экологические проблемы угольной энергетики // Теплоэнергетика. 2003. №12. С. 14–19.*
10. ***Котлер В.Р., Сосин Д.В.*** *ТЭС и проблема выбросов ртути // Энергохозяйство за рубежом. 2009. №1. С. 25–28.*
11. ***Жапакова Б.С.,****Сравнительный анализ газоочистных аппаратов//Известия КГТУ .2021.№60.С*
12. ***Жапакова Б.С.,****Влияние сжигания угля на атмосферу//Вестник КРСУ.2021.Том21,№12.С.173-177*