

М.Б. Нұрпейісова¹ , **О.С. Курманбаев²** , **Ж.М. Жұматаева^{2,*}** ,
Ж.К. Алимсеитова² , **С.А. Неверов³** 

¹Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Қазақстан, Алматы қ.

²Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

³Н.А. Чинакала атындағы тау-кен институты, Ресей, Новосибирск қ.

*e-mail: zhazka07@mail.ru

ТОПОЦЕНТРАЛІК ПРОЕКЦИЯДА ГЕОДЕЗИЯЛЫҚ НЕГІЗ ҚҰРУДЫҢ ӘДІСІ

Координаттарды анықтаудың жерсеріктік технологияларын іске асыру жер қойнауын игеру кезінде геодезиялық негіз құру және кеніштерде маркшейдерлік-геодезиялық жұмыстарды жүргізу үшін жаңа мүмкіндіктер ашады. Осыған байланысты эллипсоидтың бетінде автоматтандырылған әдіспен алынған координаттарды қалыпты тік сызыққа бағытталған көлденең жергілікті проекцияға аударудың маңызы өте зор. Бұл жағдайда кейбір ауытқуларды басқаруға және берілген дәлдік параметрлеріне сәйкес келетін жергілікті аймақтық проекция таңдауға мүмкіндік туады. Бұл тәсіл жер қойнауын игеру кезінде геодинамикалық полигон (ГДП) құруда, және де жобалық шешімдерді нақтылы жерге көшіруге мүмкіндік береді. Мақалада топоцентрлік координаттары бар жергілікті тегіс бетті қолданудан тұратын геодинамикалық полигонды қалыптастырудың өзекті ұстанымы ұсынылған. Топоцентрлік координаттарда құрылған ГДП-да геоцентрлік координаттар минималды түрде бұрмалануларға ие, және бұл тәсілмен бүгінде геодезиялық жұмыстардың үлкен үлесі орындалады.

Есептеулер және өлшеу нәтижелерін теңестіру жүргізілетін геоцентрлік жүйеден топоцентрлік жүйеге (топоцентрлік координаттары бар геоцентрлік координаттардың жазық проекциясы) координаттарды аударудың, өлшеу нәтижелерін теңестірудің нақтылы мысалдары келтірілген. Гаусс-Крюгердің аймақтық координаталар жүйесіне қатысты нәтижелерді салыстыру маңыздылығы, деректерді ұсынудың дәстүрлі формаларын сақтай отыра координаттарды бір жүйеден екінші жүйеге ауыстыру мүмкіндігі және өлшеу нәтижелерін бағалау көрсетілген.

Зерттеу нәтижелері «Орталық Қазақстанның кен орындарын ауқымды игеру кезінде жер бетінің баяу деформациялық процестерін кешенді мониторингтеу» гранттық қаржыландыру жобасын орындауда тау-кен кәсіпорындарда енгізілді, сондай-ақ Satbayev University оқу процесінде пайдаланылды.

Түйін сөздер: кен орны, игеру, мониторинг, геодинамикалық полигон, геодезиялық торап, координаттар жүйесі, картографиялық проекциялар, жерсеріктік жүйе, өлшеу дәлдігін бағалау.

M.B. Nurpeisova¹, O.S. Kurmanbayev², Zh.M. Zhumataeva^{2,*},
J.K. Alimseitova², S.A. Neverov³

¹Kazakh National Research Technical University named after K. I. Satpayev, Kazakhstan, Almaty

²Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

³Institute of Mining them. N. A. Chinakala, Russia, Novosibirsk

*e-mail: zhazka07@mail.ru

Methodology for creating a geodetic basis In topocentric projection

The introduction of satellite technologies for determining coordinates opens up new opportunities both for creating a geodetic basis for the development of the subsoil, and for the production of surveying and geodetic works at mines. In this regard, it seems very promising to transfer the coordinates obtained by an automated method on the surface of an ellipsoid to a horizontal local projection oriented normally to a vertical line. At the same time, it is possible to control this deviation and select a local area that meets the specified accuracy parameters. Such an approach to the creation of a geodynamic polygon (GDP) during the development of the subsoil will certainly make it possible to more accurately make design decisions in kind. The article proposes an up-to-date approach to the formation of a geodynamic polygon, which consists in the use of a local flat surface with topocentric coordinates. The GDP created

in topocentric coordinates has minimal distortions relative to geocentric coordinates, in which the lion's share of geodetic work is carried out today.

Calculations and concrete examples of the translation of coordinates from a geocentric system to a topocentric one (a flat projection of geocentric coordinates with topocentric coordinates) are given, in which the measurement results are equalized. It is important to note that the results are compared with respect to the Gauss-Kruger zonal coordinate system. The possibility of translating coordinates from one system to another is demonstrated in order to preserve traditional forms of material presentation and measurement evaluation.

Key words: deposit, development, monitoring, geodynamic polygon, geodetic network, coordinate systems, cartographic projections, satellite system, measurement accuracy assessment.

М.Б. Нурпейісова¹, О.С. Курманбаев², Ж.М. Жұматаева^{2,*},
Ж.К. Алимсеитова², С.А. Неверов³

¹Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева, Казахстан, г. Алматы

²Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

³Институт горного дела им. Н. А. Чинакала, Россия, г. Новосибирск

*e-mail: zhazka07@mail.ru

Методика создания геодезической основы на топоцентрической проекции

Внедрение в жизнь спутниковых технологий определения координат открывает новые возможности как для создания геодезической основы при освоении недр, так и производства маркшейдерско-геодезических работ на рудниках. В этой связи представляется весьма перспективным перевод координат, получаемых автоматизированным способом на поверхности эллипсоида, на горизонтальную локальную проекцию, ориентированную нормально отвесной линии. При этом возможно управление этим отклонением и выбор локальной области, отвечающей заданным параметрам точности. Такой подход к созданию геодинамического полигона (ГДП) при освоении недр безусловно позволит точнее выносить проектные решения в натуру. В статье предложен актуальный подход к формированию геодинамического полигона, заключающийся в применении локальной плоской поверхности с топоцентрическими координатами. ГДП, созданный в топоцентрических координатах, имеет минимальные искажения относительно геоцентрических координат, в которых сегодня выполняются львиная доля геодезических работ. Приводятся выкладки и конкретные примеры перевода координат из геоцентрической системы в топоцентрическую (плоская проекция геоцентрических координат с топоцентрическими координатами), в которой производится уравнивание результатов измерений.

Ключевые слова: месторождение, освоение, мониторинг, геодинамический полигон, геодезическая сеть, системы координат, картографические проекции, спутниковая система, оценка точности измерений.

Кіріспе

Жыл сайын жер бетіндегі адамдар саны артып келеді, жақын арада біз шикізат тапшылығы сияқты проблемаға тап боламыз, содан кейін игеруге күрделі тау-кен геологиялық жағдайларында орналасқан, үлкен тереңдікте жатқан немесе тау-кен аудандарындағы экологиялық жағдайды қиындататын кен орындары тартылады (Мельников, 2010:21).

Қазақстанда тау-кен өнеркәсібі халықты жұмыс орындарымен қамтамасыз ету бойынша жетекші салалардың бірі болып табылады. Бүгінгі таңда минералдық шикізатты толық өндіруге үлкен тереңдікте және күрделі тау-кен-геологиялық жағдайларда орналасқан пай-

далы қазба кен орындары белсенді пайдалануға берілуде. Мұндай жағдайда геомеханикалық және геодинамикалық процестерге байланысты аса қолайсыз теріс технологиялық, экологиялық және экономикалық салдар ғана емес, кейде адам өлімдеріне де әкеліп соғуымен бірге адам шығынына әкелуі мүмкін. Мәселен Германияда, АҚШта, Польшада, Чехословакияда техногендік жер сілкіністер де болды. Ресейде бұл мәселе СУБРда, калий тұзды Верхнекаменск кен орны және Хибин апатит-нефелин кеніштерінде әлі күнге дейін күн тәртібінен түспей тұр (Мельников, 2010:26).

Осының барлығы тау-кен жұмыстарының кең көлемде жүргізілуі әсерінен геологиялық орта геодинамикалық режимінің өзгеруінің

тікелей салдары болып табылады, және бұл «Жезқазған» табиғи-техникалық жүйесінде (ТТЖ) жүргізілген көп жылдық ғылыми зерттеулердің нәтижелерімен расталып отыр. «Жезқазған» жүйесі бірнеше кеніштер, қалдық қоймалары бар байыту фабрикалары, Қарағанды, Балқаш, Жезқазған және Сәтбаев қалаларындағы мыс балқыту зауыттары бар Орталық Қазақстанға тиесілі ірі инфрақұрылым және де ол экологиялық мәселелерді жанжақты зерттеуге мүмкіндік беретін, қоршаған ортаға антропогендік әсердің күшті субъектісі болып табылады (Михайлова, 2018:137).

Бұл рудалы аудан туралы заманымыздың заңғар ғалымы Қ.И.Сәтбаевтың «Жезқазған мыс кен ауданы және оның минералдық байлықтары» (1932 ж.) және «Орталық Қазақстанның болжамдық металлогениялық картасы» (1950ж.) деген еңбектерінде жазған және ол бүгінгі таңда «Жезқазған мысы – ел ырысы» деген ұранға айналып отырғаны баршаға белгілі. Ғұлама ғалымның сол еңбегінің жемісін бүгінгі ұрпақ көріп отыр. Бүгінде мыс кенінің барланған қорлары біртіндеп өңделіп, болашақта қиындықтарды болдырмау үшін, Жезқазған өңірін тағы 40-50 жылға ұзарту үшін қосымша кен қорын және Ұлытау ауданындағы Жезқазған және Сәтбаев қалаларының маңындағы жаңа кен орындарын анықтау қажеттілігі туындады. Қазіргі уақытта Орталық Қазақстанның минералдық-шикізат базасы кеңейуде.

Міне осындай кең ауқымды тау-кен жұмыстарын жүргізуде әлемдік практикада геомеханикалық мәліметтерді жинау үшін жергілікті жердегі өлшеулерде инновациялық әдістер мен заманауи аспаптарды (мәселен, лазерлік, интерферометриялық аспаптар, GPS-технологиялар т.с.с.) қолдану арқылы шешілуде. Ол үшін геодезиялық негіз құрылады. Геодезиялық негізді құру – кендері игеру кезіндегі жер бетінің деформациялану процессін мониторингтеу кезінде және орындалатын жұмыстың сапасын анықтайтын басты міндеттердің бірі (Soria-Ruiz, 2007:3655).

Зерттеу материалдары мен әдістері

Алға қойылған міндеттерді шешу үшін геодинамикалық процестерді зерттеу мен оның геодезиялық негізін құру саласындағы отандық

және шетелдік бай тәжірибеге талдау жасаудан, заманауи геодезиялық құрылғыларды пайдаланып кеңістік геоцентрлік координаттар жүйесінен жазық топоцентрлік жүйеге көшудегі ауытқуларды талдаудан, өлшеу нәтижелеріне баға беруден, ұсыныстар мен әдістемеледі өндіріске енгізуден тұратын кешенді әдістер пайдаланылды.

Деректер көзіне шолу. Жекелеген кеніштерде тек геомеханикалық процестерді зерттеу жүргізіліп келді және осы бағытта бай ғылыми тәжірибесі бар. Ал соңғы жылдары Қазақстанда және шет елдерде жоғары кернеулі жартасты таужыныстары массивтерінде, ауқымды көлемде тау-кен жұмыстарын жүргізу – массивтегі тау жыныстарының кернеулі жай-күйінің өзгеруіне, деформациялануына және Жердің тектоникалық белсенділігінің жаһандық геодинамикалық процестерімен салыстырғанда енді аз болып табылмайтын сапалы жаңа жағдайға әкелді (Трубецкой, 2020:5).

Сондықтан кеншітерді тау-кен геофизикалық және жерсеріктік геодезиялық әдістер арқылы геомеханикалық және геодинамикалық процестердің байланысын егжей-тегжейлі зерттеуге болатын бірегей табиғи зертханалар ретінде қарастыру қажет. Осындай кен орындарның бірі Орталық Қазақстанның Ұлытау ауданында Жезқазған кенішінің солтүстігінде 30-45 км қашықтықтағы Жыланды мыс кен орының картасы (1-сурет). Кен орны 1938-1940 жылдары ашылды және Қ.И.Сәтбаевтың оның жетекшілігімен алғашқы геологиялық-барлау жұмыстары жүргізілді (Нурпейсова, 2016:215).

Зерттеуді талдау көрсеткендей, бүгінгі күні GPS- өлшеу деректері негізінде нүктелердің координаттарын анықтау дәлдігін арттыру бойынша зерттеулер сұранысқа ие болып отыр. Бұл тәсіл, әсіресе, мемлекеттік геодезиялық желі жеткіліксіз дамыған Жыланды тобының бес кен орнын бір мезгілде (ауқымды) игеру кезінде тиімді. Ұлытау облысында игеріліп жатқан кен орындарын қамтамасыз ету, қалалар мен кенттер салу үшін мемлекеттік геодезиялық торап (МГТ)-ты дамыту (жиілету), сондай-ақ қандайда бір жазық координаттар жүйесін пайдалану туралы маңызды мәселе болып тұр (Zhang, 2022:21).



1-сурет – Жыланды кен орынының картасы

Зерттеу нәтижелері және талқылау

Маркшейдерлік – геодезиялық жұмыстардың сапасын айқындайтын жер қойнауын игеру кезіндегі басты міндеттердің бірі-геодезиялық негізді құру. Бүгінгі таңда жаһандық навигациялық спутниктік жүйелер (бұдан әрі-ЖНЖЖ) өлшеу дәлдігін арттыруды қамтамасыз ете отырып, әртүрлі мақсаттағы геодезиялық тораптарды құру үшін кеңінен қолданылады. Оларды қолдану инженерлік тапсырмаларды орындау кезінде ыңғайлы, бірақ координаттарды геодезиялық жүйеден белгілі бір тегіс проекцияға ауыстырумен байланысты, өйткені практикалық іс жүргізу тікбұрышты координаттардың жазық жүйелерімен байланысты. Қазақстанда геодезиялық негізді құрудың дәстүрлі тәсілі Гаусс-Крюгер проекциясында

анықталған, жазық тікбұрышты координаттарды пайдаланумен байланысты.

Бұл ретте, бірнеше кен орындарын ауқымды игеру кезінде геодинамикалық полигон (ГДП) құруға арналған геодезиялық-маркшейдерлік жұмыстар жазық проекцияны пайдалануға бейімделген. Мемлекеттік геодезиялық торап (МГТ) пункттерінің координаттарын Гаусс-Крюгер проекциясына ауыстырудың жолға қойылған алгоритмі жергілікті учаскелер үшін геодезиялық негіз құруды қамтамасыз етеді. Алайда, ЖНЖЖ технологиясын қолдану және координаттардың оңтайлы жазық проекциясын таңдау негізінде арнайы геодинамикалық полигон (ГДП) пункттері координаттарының дәлдігін едәуір арттыру мүмкіндігі Гаусс-Крюгер проекциясына балама проекцияларды пайдалану мәселесін қарастыруды өзекті ете түседі.

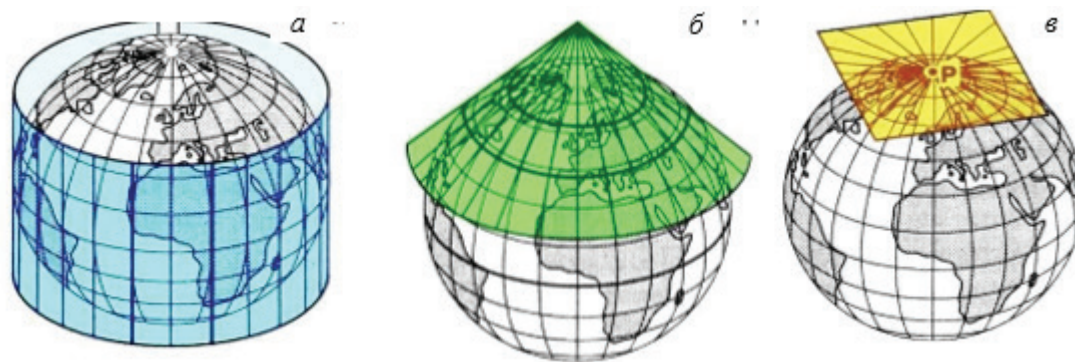
Сонымен қатар, геоцентрлік координаттарды жазық аймақтық координаттар жүйесіне аудару дәлдігі аймақтың осьтік меридианынан алыстаған сайын айтарлықтай төмендейтіні белгілі (Duo, 2016:08).

Жерсеріктік технологиялардың деректері негізінде әртүрлі картографиялық жазық проекцияларды құру тақырыбы көптеген ғылыми басылымдарда жарияланған (Bazaluk, 2022:4).

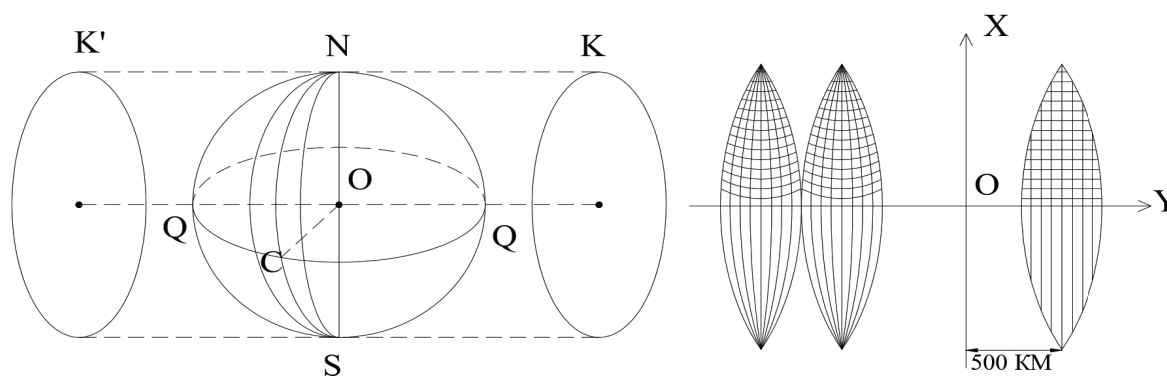
Картографиялық проекция (КП) – бұл жер эллипсоидының бетін жазықтыққа белгілі бір математикалық жолмен бейнелеу. КП немесе кен орындарын игерудің жұмыс пландарын құру кезінде ауытқулар немесе бейнелеу қателері бо-

луы сөзсіз. КП-ларда ішінара сығылысу немесе созылулар сезінеді, яғни масштабтың өзгеруі. КП параллельдер мен меридиандардың бағыттарына байланысты азимутальды, конустық, цилиндрлік және т.б. болып бірнеше түрге бөлінеді (2-сурет).

Цилиндрлік картографиялық проекциялардың ішінде ең кеңінен қолданысқа ие болғандары Меркатор, Ламберт және Гаусс-Крюгер проекциялары. 1825 жылы К.Гаусс әзірлеген және көпшілікке ұсынған проекцияны бір ғасырға жуық уақыттан кейін Л.И. Крюгер (1857 – 1923) математикалық түрде сипаттаған. Кейіннен бұл проекция «Гаусс Крюгер проекциясы» деп аталды, (3-сурет).



а- цилиндрлік; б-конустық; в-азимуттық
2-сурет – Картографиялық проекциялардың түрлері



3-сурет – Гаусса-Крюгер картографиялық проекциясы

Гаусс-Крюгер проекциясы цилиндрдегі жер эллипсоидының бетін бейнелейді. Сфера беті осьтік меридианның екі жағына 3° -тан бөлініп ішіне цилиндрге орналастырылған. Бұл жағдайда 6° деп аталатын аймақ пайда болады. Суреттен көрініп тұрғандай, проекциядағы экватор сызығы осьтік меридианға перпендикуляр түзу сызық болып келеді. Бұл проекциядағы бағыттар

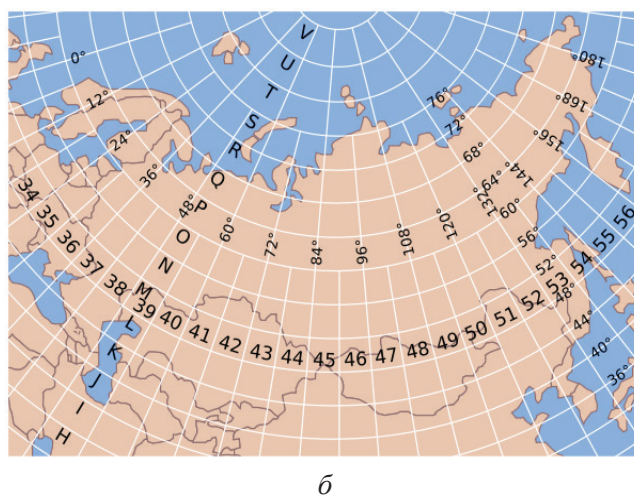
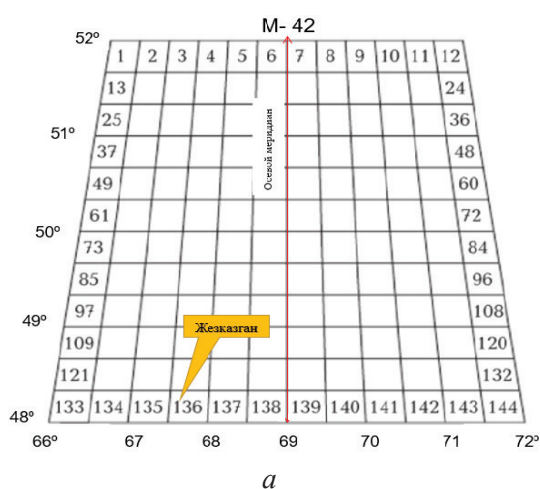
осьтік меридиан мен экваторға жататын координаттар сияқты іс жүзінде бұрмаланбай беріледі.

Әмбебап көлденең Меркатор (UTM – Universal Transverse Mercator) проекциясын 1940 жылдары АҚШның әскери инженерлер корпусы жасаған. Алғашқы жылдары UTM проекциясы карталарды құру үшін пайдаланылды, бүгінде ол WGS84 эллипсоидына негіз болды. Гаусс-Крю-

гер проекциясындағы тікбұрышты координаттарды (X_{Gauss} , Y_{Gauss}) Меркатор проекциясының тікбұрышты координаттарына (X_{UTM} , Y_{UTM}) түрлендіру кезінде $k_0=0,9996$ масштаб коэффициентін ескеру қажет. Гаусс-Крюгер мен UTM проекцияларының негізгі айырмашылығы аймақтың осьтік меридианындағы деформация коэффициентінің мәні болып есептеледі. Гаусс-Крюгер проекциясында көрсетілген коэффициент $m_0=1$ -ге тең. UTM проекцияларындағы масштаб коэффициентінің мәні: $k_0=0,9996$ тең, бұл аймақтың осьтік меридианы үшін жарам-

ды. Аймақтың басқа нүктелерінде коэффициент әртүрлі мәндерге ие болып келеді, яғни осьтік меридианнан алыстаған сайын бір координаталық жүйеден екіншіге көшу дәлдігі төмендей түседі.

Келесі 4,а-суретінде WGS84 UTM жүйесіндегі топографиялық карталардың номенклатурасы көрсетілген. Карталардың макетін және номенклатурасын пайдалана отырып, 1:1 000 000 (М-42) масштабында Жыланды кен орындары тобының (Жезқазған облысы) орналасқан жерлері анықталды; 1:100,000 (М-42-136), 1:10,000 (М-42-136-А-2-1) (4, б-сурет).



4-сурет – Жыланды мыс кен орындарының топографиялық картада орналасуы;
а) 1:1 000 000 (М-42) масштабтағы және
б) 1:100000 (М-42-136) масштабты карталар

Геодезиялық негізді құру – кендері игеру кезіндегі жер бетінің деформациялану процессін мониторингтеу кезінде және орындалатын жұмыстарының сапасын анықтайтын басты міндеттердің бірі. Бүгінгі таңда жаһандық радионавигациялық жерсеріктік жүйелер (бұдан әрі- ЖРНЖЖ) өлшеу дәлдігін арттыруды қамтамасыз ете отырып, әртүрлі мақсаттағы геодезиялық тораптарды құру үшін кеңінен қолданылады.

Геодезиялық негіз құрудың дәстүрлі әдісі Гаусс-Крюгер проекциясында есептелетін жазық тік бұрышты координаталарды және қалыпты биіктіктерді пайдаланумен байланысты (Антонович, 2006:360). Биіктікке келетін болсақ, оларды анықтау геометриялық нивелирлеумен орындалуы тиіс. Алайда пландық координаттарды анықтаудың және олармен жұмыс істедудің ең тиімдісі – топоцентрлік координаттар жүйесін

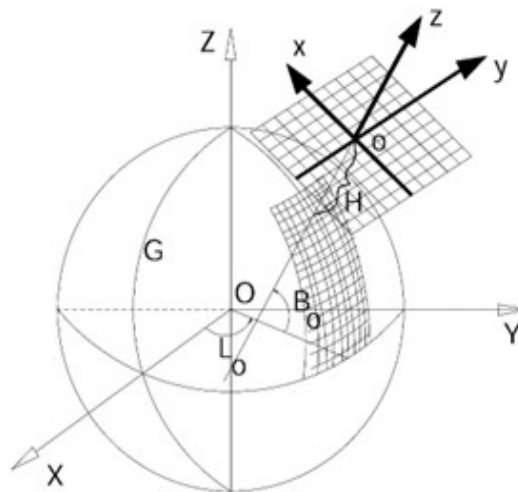
қолдану деп білеміз. Бұл жердегі мәселе, талап етілетін дәлдікті қамтамасыз ете отырып, геодезиялық жұмыстарды жүргізудің, Гаусс-Крюгерден ерекше арнайы геодезиялық координаттар проекциясын пайдалану туралы болып отыр. Сонымен қатар, координаттарды Гаусс-Крюгер проекциясына ауыстыру мүмкіндігі бар, бұл топоцентрлік бетті салыстыруды, тандауды және қолдануды негіздеуді қамтамасыз етеді.

ЖРНЖЖ-технологиясын қолданудың дәстүрлі тәсілі геодезиялық торап пункттерінің координаталарын айқындаудан, координаталардың геоцентрлік жүйесіндегі өлшеу нәтижелерін теңестіруден, одан кейін – геодезиялық координаталарға (B, L) және бұдан әрі – тік бұрышты аймақтық координаттар жүйелеріне түрлендіруден тұрады. Геодезиялық өлшеулердің басты қағидаты – олардың бірлігін қамтамасыз ету. Алайда, геодезиялық то-

рап пункттерінің дәлдігі осьтік меридианнан алшақтаған сайын UTM немесе Гаусс-Крюгер проекциясында айтарлықтай бұрмаланатыны белгілі. Құл мәселелер, көбінесе топоцентрлік координаттарды пайдаланудың ұсынылып отырған әдістемесінде, алынып тасталады.

Ұсынылып отырған әдіс жерсеріктік анықтамаларды жергілікті топоцентрлік координаталар жүйесіне (Local topocentric coordinate system) түрлендіру болып табылады, онда теңдестіру тахеометриялық өлшемдер негізінде жүргізіледі. Айта кету керек, топоцентрлік координаттар немесе Жер массасының орталығына қарай қалыпты нүктесі бар геоцентрлік координаталардың жазықтық проекция туралы сөз болып отыр. Қазіргі уақытта геодезиялық тораптарды жиілендіру маңызды мәселе болып отыр және бұл Орта Азияның бірқатар елдерде қолданылуда.

Жергілікті топоцентрлік тік бұрышты жазық жүйе, жер бетіндегі геоцентрлік жүйенің басталу нүктесінен O_1 үдемелі тасымалдау арқылы алынады (5-сурет). Осылайша, біз геоцентрлік жүйенің тиісті осьтеріне параллель осьтері бар топоцентрлік жүйені (топоцентрлік беттегі тік бұрышты координаталардың жүйесін, одан әрі мәтін бойынша топоцентрлік жүйе) аламыз. O_1 – координаттар жүйесінің басы. O_z осі зениттік бағыт O_1 арқылы өтіп, нормальды қалыпқа сәйкес келеді. O_x осі осьтік меридиан бойынша бағытталған (солтүстікке қарай бағытталған). Оу осі Ox және Oz осьтеріне перпендикуляр орналасқан. Демек, бұл – координаталардың геоцентрлік жүйесін координаталардың топоцентрлік жүйесіне түрлендірудің (проекциялаудың) нәтижесі болып табылады. Бұл ретте топоцентрлік жүйедегі ГРНЖЖ өлшеу мәндері шамалы бұрмаланады (Нурпеисова, 2022:19).



5-сурет – Топоцентрлік координаттар жүйесі

Геоцентрлік жүйеден жергілікті топоцентрлік жүйеге координаттарды түрлендіру былайша жүргізіледі (Кравчук, 2010:35):

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = R^T \begin{bmatrix} X - X_0 \\ Y - Y_0 \\ Z - Z_0 \end{bmatrix}, \quad (1)$$

мұндағы $(x \ y \ z)^T$ – топоцентрлік жүйедегі координаталар; $(X \ Y \ Z)^T$ – геоцентрлік жүйедегі координаталар; $(X_0 \ Y_0 \ Z_0)^T$ – референцтік торап пунктінің геоцентрлік жүйедегі координаталары; B_0, L_0 – референц торабы пунктінің геодезиялық

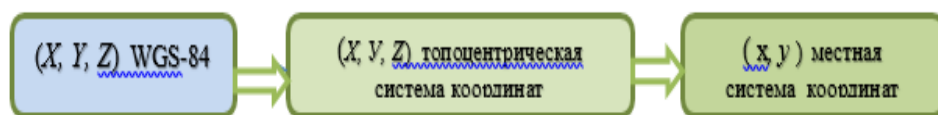
жүйедегі координаталары; R – түрлендіру (бұру) матрицасы.

$$R^T = \begin{bmatrix} -\sin B_0 \cos L_0 & -\sin B_0 \sin L_0 & \cos B_0 \\ -\sin L_0 & \cos L_0 & 0 \\ \cos B_0 \cos L_0 & \cos B_0 \sin L_0 & \sin B_0 \end{bmatrix}. \quad (2)$$

(2)- формуладан x, y координаталарының геодезиялық биіктікке тәуелсіздігін байқаймыз. Жергілікті топоцентрлік координаталар жүйесінде Z осінің бағыты эллипсоид бетіне

тік орналасқан.. Түрлендіру параметрлерін таңдауды нормальды салмақ сызығымен теңестіру арқылы жасауға болады. Сонымен қатар, топоцентрлік жүйедегі P_0 бастапқы нүктесінің кез келген биіктігін таңдауға болады

(салыстырмалы түрде жер бетіне жақын. Бұл координаталар жүйесіндегі x, y координаталары зерттеу нысанының жазықтығында орналасады. Бұл жағдайда түрлендіру тәртібі 6-суретте көрсетілген схема бойынша анықталады:



6-сурет – WGS-84 координаталар жүйесін топоцентрлік координаталар жүйесі арқылы жергілікті жер жүйесіне түрлендіру схемасы

Түрлендіру бірнеше кезеңде жүзеге асырылады:

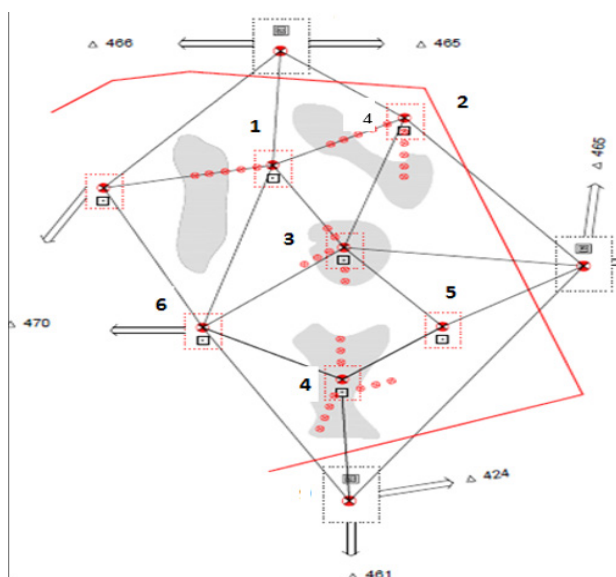
1-кезең. Құрылысқа арналған эталондық инженерлік-геодезиялық желі нүктелері үшін геодезиялық координаттарға (В, Л, Н) түрлендірілетін ҒНЖЖ технологияларын қолдану арқылы кеңістіктік тікбұрышты координаттар (X, Y, Z) анықталады.

2-кезең. ҒНЖЖ өлшеу нүктелерінің координаталары геоцентрлік координаттар жүйесінен жергілікті топоцентрлік координаттар жүйесіне түрлендіріледі.

3-кезең Жергілікті координаталар жүйесіндегі координаталары белгілі (x', y') тораптың бастапқы нүктелерінің координаталарынан топоцентрлік жүйеге түрлендіру параметрлері Гельмерт формулалары арқылы

есептеледі. ҒНЖЖ өлшемдері жүргізілген және топоцентрлік координаттар жүйесіне түрленетін торап нүктелердің координаттары шахталарда маркшейдерлік және геодезиялық жұмыстарды жобалау және орындау үшін қолданылатын жергілікті координаттар жүйесімен сәйкестендіріледі (Balandin, 2016:90).

Әрі қарай есептелген түрлендіру параметрлерін пайдалана отырып, қалған нүктелердің координаталары жергілікті құрылыс координаттар жүйесіне қайта есептеледі. Бұл алгоритм Орталық Қазақстандағы (7-сурет) кен орындарының Жыланды топтарын игеру кезінде 6 пункттен тұратын геодинамикалық полигон үшін іске асырылды. 465, 466, 470, 424 – бастапқы тармақтар дәлдіктің II класына сәйкес келеді. (7-сурет).



7-сурет – Жыланды кен орындары аумағындағы геодинамикалық полигонның схемасы

Нүктелердің координаттары 69° осьтік меридианы бар 42 аймақ үшін Гаусс – Крюгер проекциясында анықталған (сурет 4.6), содан кейін MT-2008 координаттар жүйесіне ауыстырылды. Зерттеу объектісінің бойлығы $66^\circ 22' 03''$. Осьтік меридианнан 60 км-ден астам қашықтықта тегіс тікбұрышты координаттар жер бетінің деформациясын анықтау үшін қабылданбайтын айтарлықтай бұрмалануларға ие болады.

Далалық жұмыстарды жүргізу кезінде Leica GS16 екі GPS-қабылдағышы және бір GPS1200 қабылдағышы қолданылды. Спутниктік өлшемдер бойынша далалық жұмыстар аяқталғаннан кейін алынған деректерді камералдық жағдайда Rinex форматына ауыстырылды (Нурпеисова, 2022:185).

Бастапқы деректерді камералдық пост-өңдеулер Javad GNSS фирмасының Giodis бағдарламасында жүргізілді. Нақты координаталар мен биіктіктерді алу үшін пост-өңдеуге әлемдік торап UTM пункттерінің деректері енгізілді. Өлшеу нәтижелерін әлемдік торапқа байланыстыру жоғары дәлдікті және анықталған координаталар мен биіктіктердің әлемдік EGM2008 және WGS84 координаталар жүйесімен үйлесуін қамтамасыз етеді. Сондай-ақ, өңдеу алдында түпкілікті нәтижелердің дәлдігін арттыру үшін жобаға спутниктердің дәл эфемеридтері, ионосфералық карталар, тропосфера жайкүйінің карталары және далалық жұмыстарды орындау кезеңіндегі спутниктерден байланыс сағаттары сияқты деректер енгізілді (1-кесте).

1-кесте – Спутниктік өлеулердің нәтижелерін өңдеу

	ITRF2008			WGS84			UTM 42N		
Имя Пункта	X, м	Y, м	Z, м	B	L	h, м	X	Y	h, м
RP02	1632200,5571	3937264,7502	4729578,8152	$48^\circ 10' 01,00481''$ N	$067^\circ 29' 00,44123''$ E	404,6638	5335967,857	387239,534	404,664
RP03	1632741,9030	3937565,5219	4729137,8417	$48^\circ 09' 39,78017''$ N	$067^\circ 28' 41,81649''$ E	399,7218	5335320,178	386841,903	399,722
RP04	1633280,7021	3937890,2852	4728683,2077	$48^\circ 09' 17,74868''$ N	$067^\circ 28' 23,75454''$ E	398,8271	5334647,385	386455,317	398,827
RP05	1632111,4814	3937723,5393	4729218,9788	$48^\circ 09' 43,83469''$ N	$067^\circ 29' 12,92478''$ E	396,4978	5335432,674	387486,927	396,498
RP06	1633215,0023	3937251,3304	4729235,7251	$48^\circ 09' 44,52246''$ N	$067^\circ 28' 14,84566''$ E	399,9548	5335477,642	386287,716	399,955
RP01	1632921,1178	3937041,9195	4729532,5184	$48^\circ 09' 58,31277''$ N	$067^\circ 28' 24,09944''$ E	416,9637	5335899,6	386487,308	416,964
RP02.10	1632391,6424	3937148,8425	4729615,0502	$48^\circ 10' 02,60468''$ N	$067^\circ 28' 49,75059''$ E	409,0589	5336021,61	387019,714	409,059
RP05.10	1632288,9604	3937600,6683	4729268,3701	$48^\circ 09' 45,99982''$ N	$067^\circ 29' 02,71440''$ E	402,9158	5335503,674	387277,348	402,916

Жыланды кен орындары геодинамикалық полигонында кешенді геодезиялық мониторинг жүргізілді, яғни 6 тірек пункттерінде GPS-технологиясымен. LeicaGS16 3.75G спутниктік қабылдағышы негізінде, статика режимінде 4 сессиялық бақылаулар жүргізілді, әр сессияның ұзақтығы 4-6 сағат аралығындағының және олардың нәтижелері Giodis геодезиялық бағдарламалық пакетінің көмегімен өңделді (Абенов, 2022:50).

Реперлердің биіктігі электрондық тахеометр TS15 арқылы тригонометриялық нивелирлеу

тәсілімен анықталды. Екі маусымдық спутниктік бақылау нәтижелеріне салыстырмалы талдау жасалынды (2-кесте).

Геодезиялық тірек тораптарын құрудың жербетілік және жерсеріктік әдістері бар. Жербетілік әдістерде: триангуляция, трилатерация, полигонометрия арқылы полигон пункттері арақашықтықтары электронды тахеометрмен (ЭТ) анықталды, Электронды тахеометр және GPS-технологиялары арқылы қашықтықты өлшеудің дәлдіктері салыстырылды (8-сурет).

2-кесте – Статикалық әдіспен жүргізілген спутниктік өлшеулердің нәтижелері

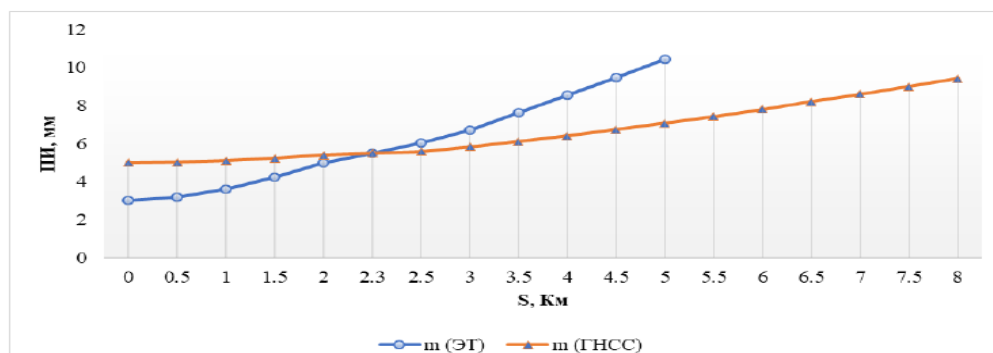
Название пунктов	Теңестірілген координаталар Бірінші сессия, тамыз 2021 ж			Теңестірілген координаталар Екінші сессия, мамыр 2022 ж			Өсімшелер, м		
	E (Easting)	N (Northing)	H (Reduced height)	E (Easting)	N (Northing)	H (Reduced height)	dE	dN	dH
RP01	386487.308	5335899.600	416.964	386487.317	5335899.609	416.960	0.009	0.009	-0.004
RP02	387239.534	5335967.857	404.664	387239.541	5335967.868	реф.кoopд	0.007	0.011	-
RP03	386841.903	5335320.178	399.722	Референциальные координаты			-	-	-0.011
RP04	386455.317	5334647.385	398.827	386455.324	5334647.395	398.825	0.007	0.010	-0.002
RP05	387486.927	5335432.674	396.498	387486.936	5335432.684	396.494	0.009	0.010	-0.004
RP06	386287.716	5335477.642	399.955	386287.728	5335477.651	399.958	0.012	0.009	0.003

Ескерту: Теңестіру үшін RP3 пунктінң пландық және RP2 пунктінң биіктік координаталары пайдаланылды. өлшеу әдісі: статикалық

Координаталар жүйесі: WGS-84 UTM координаталар жүйесі, 42- зона

Биіктік белгісі: 1977 жылғы Балтық теңізі жүйесі

Барлық өлшемдер метрде берілген.



8-сурет – GPS-технологиясын және ЭТ қолдану арқылы қашықтықты өлшеу дәлдігінің графиктері

Графиктен үлкен қашықтықтарды өлшегенде GPS-технологиясының артықшылығы бар, ал қысқа қашықтықта ЭТ ең жақсы нәтиже беретінін көруге болады.

Қорытынды

1. Ауыстыру параметрлерін дәл анықтау арқылы геодезиялық торап құрудың жергілікті жүйесіне GPS өлшеулері дәл түрлендіруді қамтамасыз етеді.

2.6-суретте көрсетілген WGS-84 координаталар жүйесін топоцентрлік координаталар жүйесі арқылы жергілікті жер жүйесіне түрлендіру схемасы кең ауқымды аумақта геодинамикалық полигон құру және мониторинг жүргізу үшін пайдалануға болады.

3. Жүргізілген GPS-өлшеулер негізінде Орталық Қазақстан кеніштерінің маркшейдерлік қызметтері, жоғары дәлдікпен анықталған тірек пункттерімен қамтамасыз етілді. Кең ауқымда жер қойнауын игеру кезінде геомеханикалық және геоэкономикалық процестерді зерделеу нәтижелері олардың барынша қауіпсіздігі мен экономикалық тиімділігін қамтамасыз ету үшін тау-кен жұмыстарын стратегиялық және жедел басқаруды жүзеге асыруға мүмкіндік берді.

Алғыс сөз

Зерттеу ҚР Ғылым және Жоғары білім министрлігінің қаржылық қолдауымен орындалды (Грант № AP14871694828).

Әдебиеттер

- Bazaluk, O, Rysbekov K, Nurpeisova, M, Lozynskyi, V, Kyrgyzbayeva, G. Integrated Monitoring for the Rock Mass State During Large-Scale Subsoil Development// *Frontiers in environmental science*, Том 10 Номер статьи 852591 DOI 10.3389/fenvs.2022.852591 IF5.411, Q1 SCIE Q2 CiteScore – 4,7 Percentile
- Drzewiecki J., Myszkowski J. Mining-induced seismicity of a seam located in rock mass made of thick sandstone layers with very low strngth and deformation parameters // *Journal of Sustainable Mining*. 2018. Vol. 17. Iss. 4. P. 167-174.
- Duo A., Zhao W., Qu X., Jing R., Xiong K. (2016). Spatio-temporal variation of vegetation coverage and its response to climate change in North China plain in the last 33 years. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 53, 103–117. doi: 10.1016/j.jag.2016.08.008.
- Elders, A., Carroll, M. L., Neigh, C. S. R., D'Agostino, A. L., Ksoll, C., Wooten, M. R., & Brown, M. E. (2022). Estimating crop type and yield of smallholder fields in Burkina Faso using multi-day Sentinel-2. In *Remote Sensing Applications: Society and Environment* (Vol. 27, p. 100820). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2022.100820>.
- Mandal, D., Kumar, V., Ratha, D., Dey, S., Bhattacharya, A., Lopez-Sanchez, J.M., McNairn, H., Rao, Y.S., 2020. Dual polarimetric radar vegetation index for crop growth monitoring using sentinel-1 SAR data. *Remote Sensing Environ.* 247, 111954.
- Nasirzadehdizaji, R., Sanli, F. B., & Cakir, Z. (2019). Application of sentinel-1 multi-temporal data for crop monitoring and mapping. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences: Vol. XLII-4/W18* (pp. 803–807). Copernicus GmbH. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-xlii-4-w18-803-2019>.
- Nasirzadehdizaji, R., Cakir, Z., Balik Sanli, F., Abdikan, S., Pepe, A., & Calò, F. (2021). Sentinel-1 interferometric coherence and backscattering analysis for crop monitoring. In *Computers and Electronics in Agriculture* (Vol. 185, p. 106118). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106118>.
- Nurpeisova, M.B., M.Zh.Bitimbayev, K. B. Rysbekov, R. Shults Geodetic substantiation of the Saryarka copper ore region// *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakh-stan-Series of Geology and Technical Sciences*. 2020. Vol.6. P.194-202. <https://doi.org/10.32014/2020.2518-170X.147>
- Salinero-Delgado, M., Estévez, J., Pipia, L., Belda, S., Berger, K., Paredes Gómez, V., & Verrelst, J. (2021). Monitoring Cropland Phenology on Google Earth Engine Using Gaussian Process Regression. In *Remote Sensing* (Vol. 14, Issue 1, p. 146). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/rs14010146>
- Soria-Ruiz, J., Y. Fernandez-Ordóñez, H. McNairn, and J. Bugden-Storie, 2007. Corn monitoring and crop yield using optical and RADARSAT- 2 images, *Proc. of International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Barcelona, ES, Jul. 23-27*, pp. 3655-3658.
- Yang, Z., Gao, Q., Li, M.-h., Zhang, G. Stability Analysis and Design of Open-Pit Mine Slope in China: A review. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering* **2014**, Vol. 19, 10247-10266.
- Yao, J., Chen, Y., Zhao, Y. et al. (2018). Response of vegetation NDVI to climatic extremes in the arid region of Central Asia: a case study in Xinjiang, China. *Theor. Appl. Climatol.* 131, 1503–1515. doi: 10.1007/s00704-017-2058-0.
- Zhang, C., Yao, X., Wang, G. et al. (2022). Temporal and Spatial Variation of Land Use and Vegetation in the Three-North Shelter Forest Program Area from 2000 to 2020. *Sustainability*. 14 (16489), 21. doi:10.3390/su142416489.
- Антонович, К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии (том 2) / К.М. Антонович. – М.: Картогеоцентр; Новосибирск: Наука. – 2006. – 360 с.
- Жезказганского месторождения // *Горный журнал*. 2015. № 5. С. 44–49. DOI:10.17580/gzh.2015.05.09
- Козырев А.А., Панин В.И., Семёнова И.Э. О геодинамической безопасности горных работ в удароопасных условиях на примере Хибинских апатитовых месторождений // *ФТПРПИ*. 2018. №5. С.33–44.
- Кравчук, И.М. Особенности вычисления нормальных высот по результатам спутниковых измерений / И. М. Кравчук // *Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка*. – 2010. – № 4. – С. 35–40.
- Мельников Н.Н. Экологические проблемы в XXI века и освоение недр. В книге «Освоение недр и экологические проблемы XXI века» -М.: ИПКОН РАН., 2010.-С.26-45
- Михайлова Н.Н., Узбеков А.Н. Тектонические и техногенные землетрясения в Центральном Казахстане // *Известия НАН РК . Серия геологии и технических наук*, №3, 2018. – С.137- 145.
- Мустафин М.Г. Методика определения нормальных высот по данным спутниковых определений с учётом уклонений отвесной линии / М.Г. Мустафин, Тхань Шон Чан // *Геодезия и картография*. – 2018. – Т. 79. – № 7. – С. 2-10.
- Нурпеисова М.Б., Милетенко Н.А., Абенов А.М. Создание геодинамического полигона «Сарыоба» // *Москва: Маркшейдерия и недропользование*, №1, 2022. – С19-23.
- Нурпеисова М.Б., Рысбеков К.Б. Инновационные методы ведения комплексного мониторинга на геодинамических полигонах (монография). -Алматы: КазННТУ, 2016.-215 с.
- Опарин В.Н. и др. Методы и системы сейсмо-деформационного мониторинга техно-генных землетрясений и горных ударов.-Новосибирск: Из-во СО РАН, 2016 том 2.-261 с.
- Проект «Геолого-геофизические поисковые критерии выявления медного оруденения Жезказганского типа в Центральном Казахстане», Жезказган, 2018г
- Рыльникова М. В., Юн А. Б., Терентьева И. В. Перспективы и стратегия освоения
- Сашурин А.Д., Балек А.Е., Панжин А.А. Инновационная технология диагностики геодинамической активности геологической среды и оценка безопасности объектов недропользования // *Горный журнал*. 2017. №12. С.16-20. DOI:10.17580/gzh. 2017.12.03.
- Трубецкой К.Н. Состояние и основные направления комплексного освоения и сохранения ресурсов земных недр// *Проблемы и перспективы комплексного освоения и сохранения земных недр*. -М.: ИПКОН РАН, 18-20.11.2020. –С.5-11.

Юнес, Ж.А. Создание опорной маркшейдерской сети с использованием технологии спутникового позиционирования / Ж. А. Юнес, М. Г. Мустафин, В. Д. Морозова // Маркшейдерский вестник. – 2017. – № 2. – С. 25–28.

References

- Antonovich, K.M. The use of satellite radio navigation systems in geodesy (volume 2) / K.M. Antonovich. – Moscow: Kartgeocenter; Novosibirsk: Nauka. – 2006. – 360 p.
- Bazaluk, O, Rysbekov K, Nurpeisova, M, Lozynskiy, V, Kyrgyzbayeva, G. Integrated Monitoring for the Rock Mass State During Large-Scale Subsoil Development// FRONTIERS IN ENVIRONMENTAL SCIENCE, Том 10 Номер статьи 852591 DOI 10.3389/fenvs.2022.852591 IF5.411, Q1 SCIE Q2 CiteScore – 4,7 Percentile
- Drzewiecki J., Myszkowski J. Mining-induced seismicity of a seam located in rock mass made of thick sandstone layers with very low strength and deformation parameters // Journal of Sustainable Mining. 2018. Vol. 17. Iss. 4 – 167-174 p.
- Duo A., Zhao W., Qu X., Jing R., Xiong K. (2016). Spatio-temporal variation of vegetation coverage and its response to climate change in North China plain in the last 33 years. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 53, 103–117. doi: 10.1016/j.jag.2016.08.008.
- Elders, A., Carroll, M. L., Neigh, C. S. R., D'Agostino, A. L., Ksoll, C., Wooten, M. R., & Brown, M. E. (2022). Estimating crop type and yield of smallholder fields in Burkina Faso using multi-day Sentinel-2. In *Remote Sensing Applications: Society and Environment* (Vol. 27, p. 100820). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2022.100820>.
- Kozerev A.A., Panin V.I., Semenova I.E. Geodynamic safety of mining operations in rock-burst hazardous conditions on the example of the Khibiny apatite deposits // FTRPI. 2018. # 5. 33-44 p.
- Kravchuk, I.M. Features of calculating normal heights based on the results of satellite measurements / I. M. Kravchuk // News of universities. Geodesy and aerial photography. – 2010. – No. 4. – pp. 35-40.
- Mandal, D., Kumar, V., Ratha, D., Dey, S., Bhattacharya, A., Lopez-Sanchez, J.M., McNairn, H., Rao, Y.S., 2020. Dual polarimetric radar vegetation index for crop growth monitoring using sentinel-1 SAR data. *Remote Sensing Environ.* 247, 111954.
- Nasirzadehdizaji, R., Sanli, F. B., & Cakir, Z. (2019). Application of sentinel-1 multi-temporal data for crop monitoring and mapping. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences: Vol. XLII-4/W18* (pp. 803–807). Copernicus GmbH. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-xlii-4-w18-803-2019>.
- Melnikov N.N. Environmental problems in the 21st century and the development of mineral resources. In the book «Development of mineral resources and environmental problems of the XXI century» -M.: IPKON RAN., 2010.-26-45 p.
- Mikhailova N.N., Uzbekov A.N. Tectonic and man-made earthquakes in Central Kazakhstan // News of NAS RK. Series of geology and technical sciences, №3, 2018.- 137-145 p.
- Mustafin, M.G. Methodology for determining normal heights according to satellite definitions taking into account the deviations of the vertical line / M.G. Mustafin, Thanh Shon Chan // Geodesy and cartography. – 2018. – Vol. 79. – No. 7. – pp. 2-10.
- Nasirzadehdizaji, R., Cakir, Z., Balik Sanli, F., Abdikan, S., Pepe, A., & Calò, F. (2021). Sentinel-1 interferometric coherence and backscattering analysis for crop monitoring. In *Computers and Electronics in Agriculture* (Vol. 185, p. 106118). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106118>.
- Nurpeisova M.B., Miletenko N.A., Abenov A.M. The creation of the geodynamic polygon “Saryoba” // Moscow: Surveying and subsoil use, No. 1, 2022. – C.19-23.
- Nurpeisova M.B., Rysbekov K.B., Kyrgyzbaeva G.M. Innovative methods for conducting integrated monitoring at geodynamic test sites (monograph). - Almaty: KazNITU, 2015.-266 p.
- Nurpeisova, M.B., M.Zh.Bitimbayev, K. B. Rysbekov, R. Shults Geodetic substantiation of the Saryarka copper ore region// News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan-Series of Geology and Technical Sciences. 2020. Vol.6. P.194-202. <https://doi.org/10.32014/2020.2518-170X.147>
- Oparin V.N. and others. Methods and systems of seismic-deformation monitoring of technogenic earthquakes and rock bumps.- Novosibirsk: Publ. house SB RAS, 2010. Vol. 2.-261 p.
- Project “Geological and geophysical search criteria for the identification of copper mineralization of the Zhezkazgan type in Central Kazakhstan”, Zhezkazgan, 2010
- Rylnikova M.V., Yun A. B., Terentyeva I. V. Replenishment of retired capacities of mines at the stage of finalizing balance reserves of the deposit —condition for the environmentally balanced development of the Zhezkazgan region // Mine Surveying. 2016. № 5. – 6–10p.
- Salinero-Delgado, M., Estévez, J., Pipia, L., Belda, S., Berger, K., Paredes Gómez, V., & Verrelst, J. (2021). Monitoring Cropland Phenology on Google Earth Engine Using Gaussian Process Regression. In *Remote Sensing* (Vol. 14, Issue 1, p. 146). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/rs14010146>
- Sashurin A.D., Balek A.E., Panzhin A.A. An innovative technology for diagnosing the geodynamic activity of the geological environment and assessing the safety of subsoil use objects // Gornyi Zhurnal. 2017. No. 12. 16-20 p. DOI: 10.17580/gzh.2017.12.03.
- Soria-Ruiz, J., Y. Fernandez-Ordóñez, H. McNairn, and J. Bugden-Storie, 2007. Corn monitoring and crop yield using optical and RADARSAT- 2 images, *Proc. of International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Barcelona, ES, Jul. 23-27*, pp. 3655-3658.
- Trubetskoy K.N. State and main directions of integrated development and conservation of resources of the earth's interior // Problems and prospects of integrated development and conservation of the earth's interior. -M IPKON RAN, 18-20.112020. – 5-11 p.
- Yang, Z., Gao, Q., Li, M.-h., Zhang, G. Stability Analysis and Design of Open-Pit Mine Slope in China: A review. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering* **2014**, Vol. 19, 10247-10266.

Yao, J., Chen, Y., Zhao, Y. et al. (2018). Response of vegetation NDVI to climatic extremes in the arid region of Central Asia: a case study in Xinjiang, China. *Theor. Appl. Climatol.* 131, 1503–1515. doi: 10.1007/s00704-017-2058-0.

Yunes, J.A. Creation of a reference surveying network using satellite positioning technology / J. A. Yunes, M. G. Mustafin, V. D. Morozova // *Surveying Bulletin.* – 2017. – No. 2. – pp. 25-28.

Zhang, C., Yao, X., Wang, G. et al. (2022). Temporal and Spatial Variation of Land Use and Vegetation in the Three-North Shelter Forest Program Area from 2000 to 2020. *Sustainability.* 14 (16489), 21. doi:10.3390/su142416489.

Авторлар туралы мәлімет:

Нұрпейісова Маржан Байсанқызы – техника ғылымдарының докторы, Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті маркшейдерлік іс және геодезия кафедрасының профессоры (Алматы, Қазақстан, эл.пошта: m.nurpeissova@satbayev.university)

Құрманбаев Олжас Сейтботанұлы – техника ғылымдарының кандидаты, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің картография және геоинформатика кафедрасының аға оқытушысы (Алматы, Қазақстан, эл.пошта: olzhas_ak@list.ru)

Жұматаева Жазира Манарбекқызы (корреспонденттік автор) – әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің география, жерге орналастыру және кадастр кафедрасының оқытушысы (Алматы, Қазақстан, эл.пошта: zhazka07@mail.ru)

Алимсеитова Жанар Кеңесханқызы – техника ғылымдарының кандидаты, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің география, жерге орналастыру және кадастр кафедрасының аға оқытушысы (Алматы, Қазақстан, эл.пошта: zhanar19929@gmail.com)

Неверов Сергей Алексеевич – техника ғылымдарының докторы, кен Института институтының жерасты кен орындарын игеру зертханасының меңгерушісі. ПФА Сібір бөлімшесінің Н. А. Чинакала (Новосибирск қ., Ресей, эл.пошта: nsa_nsk@mail.ru)

Information about authors:

Nurpeissova Marzhan – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Surveying and Geodesy of KazNTU named after K.I.Satpayev (Almaty, Kazakhstan, e-mail: – m.nurpeissova@satbayev.university)

Kurmanbayev Olzhas – PhD, Senior Lecturer at the Department of Cartography and Geoinformatics of Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: – olzhas_ak@list.ru)

Zhumatayeva Zhazira (corresponding author) – lecturer at the Department of Geography, Land Management and Cadastre of Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: – zhazka07@mail.ru)

Alimseitova Zhanar – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer at the Department of Geography, Land Management and Cadastre of Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: – zhanar19929@gmail.com)

Neverov Sergey – Doctor of Technical Sciences, Head of the Laboratory of Underground Mining of Ore Deposits at the N.A. Chinakal Institute of Mining of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia, e-mail: – nsa_nsk@mail.ru)

Алғаш жіберілді: 18 наурыз 2023 жыл

Өңделіп, қайта тіркелді: 15 қараша 2023 жыл

Қабылданды: 16 ақпан 2024 жыл