

Код МРНТИ 36.23.31

*М.Б. Нұрпейісова, Д.М. Қырғызбаева, А.М. Абенов, Т.А. Турымбетов
 Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан)

ТОПОЦЕНТРЛІК ПРОЕКЦИЯДА ГЕОДЕЗИЯЛЫҚ НЕГІЗ ҚҰРУДЫҢ ӘДІСІ

Андатпа. Координаталарды 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 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. Сонымен қатар, геоцентрлік жүйеден топоцентрлік жүйеге координаталарды аударудың есептеулері мен өлшеу нәтижелерін теңестірудің нақтылы мысалдары келтірілген.

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

Methodology for creating a geodetic basis in topocentric projection

Abstract. 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. 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. Calculations and concrete examples of the translation of coordinates from a geocentric system to a topocentric one are given, in which the measurement results are equalized

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

Методика создания геодезической основы на топоцентрической проекции

Аннотация. 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. Такой подход к созданию геодинимического полигона (ГДП) при освоении недр безусловно позволит точнее выносить проектные решения в натуре. В статье предложен актуальный подход к формированию геодинимического полигона, заключающийся в применении локальной плоской поверхности с топоцентрическими координатами. Приводятся выкладки и конкретные примеры перевода координат из геоцентрической системы в топоцентрическую, в которой производится уравнивание результатов измерений.

Ключевые слова: месторождение, освоение, мониторинг, геодинимический 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 мәселеге тап боламыз және содан кейін күрделі тау-кен геологиялық жағдайларында орналасқан, үлкен тереңдікте жатқан, яғни тау-кен кәсіпорындары аумақтарындағы экологиялық жағдайды қиындататын кен орындары тартылады [1].

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 пайдалы қазба кен орындары белсенді пайдалануға берілуде. Мұндай жағдайда туындайтын геомеханикалық және геодинамикалық процестер аса қолайсыз теріс технологиялық, экологиялық және экономикалық салдарларға ғана емес, кейде адам өлімдеріне де әкелуі мүмкін. Оның дәлелі, Германияда, АҚШ, Польша, Чехословакияда болған техногендік жер сілкіністер [2, 3]. Ресейде бұл мәселе СУБРда, калий тұзды Верхнекамск кенорны және Хибин апатит-нефелин кеніштерінде әлі күнге дейін өзекті мәселе болып тұр [4, 5].

Осының барлығы тау-кен жұмыстарының кең көлемде жүргізілуі әсерінен геологиялық ортаның геодинамикалық режимінің өзгеруінің тікелей салдары болып табылады. Және бұл «Жезқазған» табиғи-техникалық жүйесінде (ТТЖ) жүргізілген көп жылдық ғылыми зерттеулердің нәтижелерімен расталған. «Жезқазған» жүйесі – бірнеше кеніштер, қалдық қоймалары бар байыту фабрикалары, Қарағанды, Балқаш, Жезқазған және Сәтбаев қалаларындағы мыс балқыту зауыттары бар Орталық Қазақстанға тиесілі ірі инфрақұрылым, сонымен қатар ол экологиялық мәсе-

лелерді жанжақты зерттеуге мүмкіндік беретін, қоршаған ортаға антропогендік әсердің күшті субъектісі болып табылады [6].

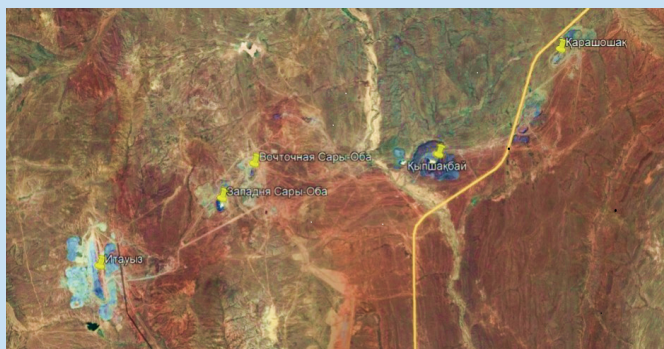
Бұл рудалы аудан туралы заманымыздың заңғар ғалымы Қ.И. Сәтбаевтың «Жезқазған мыс кенәуданы және оның минералдық байлықтары» (1932 ж.) және «Орталық Қазақстанның болжамдық металлогениялық картасы» (1950 ж.) деген еңбектерінде жазған және ол бүгінгі таңда «Жезқазған мысы – ел ырысы» деген ұранға айналып 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 облысындағы Жезқазған және Сәтбаев қалаларының маңындағы жаңа кен орындарын анықтау қажеттілігі туындады. Қазіргі уақытта Орталық Қазақстанның минералдық-шикізат базасы кеңеюде.

Зерттеу әдістері және материалдары

Алға қойылған міндеттерді шешу үшін геодинамикалық процестерді зерттеу мен оның геодезиялық негізін құру саласындағы отандық және шетелдік тәжірибеге талдау жасаудан, заманауи геодезиялық құрылғыларды пайдаланып кеңістік геоцентрлік координаталар жүйесінен жазық топоцентрлік жүйеге көшудегі ауытқуларды талдаудан, өлшеу нәтижелеріне баға беруден, ұсыныстар мен әдістемелерді өндіріске енгізуден тұратын кешенді әдістер пайдаланылды.

Бүгінге дейін жекелеген кеніштерде тек геомеханикалық процестер зерттеліп келді және осы бағытта мол

ғылыми тәжірибе бар. Ал соңғы жылдары Қазақстанда және шет елдерде жоғары кернеулі жартасты массивтерде, ауқымды көлемде тау-кен жұмыстарын жүргізу – массивтегі тау жыныстарының кернеулі жай-күйінің өзгеруіне, деформациялануына және Жердің тектоникалық белсенділігінің жаһандық геодинамикалық процестерімен ұштасатын жаңа жағдайға әкелуде. Осыған орай кеніштер мен карьерлерді, тау-кен геофизикалық, сейсмологиялық және жерсеріктік геодезиялық әдістерді қолдана отырып, жер қойнауында жүріп жатқан геомеханикалық және геодинамикалық процестерді егжей-тегжейлі зерттеуге болатын бірегей табиғи зертханалар ретінде қарастыру қажеттігі туындайды. Осындай кен орындарының бірі – Ұлытау облысы Жезқазған кенішінің солтүстігінде 30-45 км қашықтықтағы, Жыланды мыс кен орындары тобы (1-сурет). Жыланды тобы кен орындары (Шығыс сарыоба, Батыс Сарыоба Қарашошақ, Қыпшақбай, Итауыз) 1938-1940 жылдары Қ.И.Сәтбаевтың жетекшілігімен ашылған және алғашқы геологиялық-барлау жұмыстары жүргізілген [7].



Сурет 1. Жыланды тобы кен орындарының ғарыштық суреті.

Figure 1. Satellite image of the Zhilandskiy group of deposits.

Рис. 1. Космический снимок Жиландинской группы месторождений.

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 – кендерді игеру, жер бетінің деформациялану процессін мониторингтеу кезінде және орындалатын жұмыстардың сапасын анықтайтын басты міндеттердің бірі.

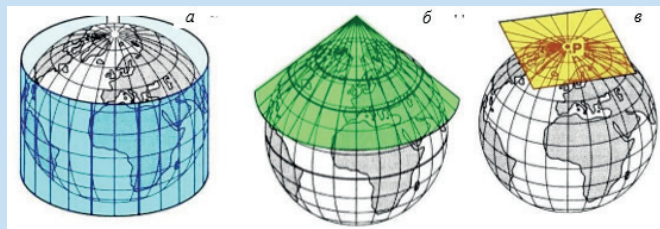
GPS-өлшеу деректері негізінде нүктелердің координаттарын анықтау дәлдігін арттыру бойынша зерттеулер сұранысқа ие болып отыр. Бұл тәсіл, әсіресе, мемлекеттік геодезиялық желі жеткіліксіз дамыған Жыланды тобының бес кен орнын бір мезгілде (ауқымды) игеру кезінде тиімді. Ұлытау облысында игеріліп жатқан кен орындарын қамтамасыз ету, қалалар мен кенттер салу үшін мемлекеттік геодезиялық торапты (МГТ) дамыту (жиілету), сондай-ақ қандайда бір жазық координаттар жүйесін пайдалану маңызды мәселе [8].

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.

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 болуы 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).



Сурет 2. Картографиялық проекциялардың түрлері:

a – цилиндірлік; б – конустық; в – азимуттық.

Figure 2. Types of cartographic projections:

a – cylindrical; b - conical; c – azimuthal.

Рис. 2. Виды картографических проекций:

a – цилиндрическая; б – конусная; в – азимутальная.

Цилиндрлік картографиялық проекциялардың ішінде ең кеңінен қолданысқа ие болғандары Меркатор, Ламберт

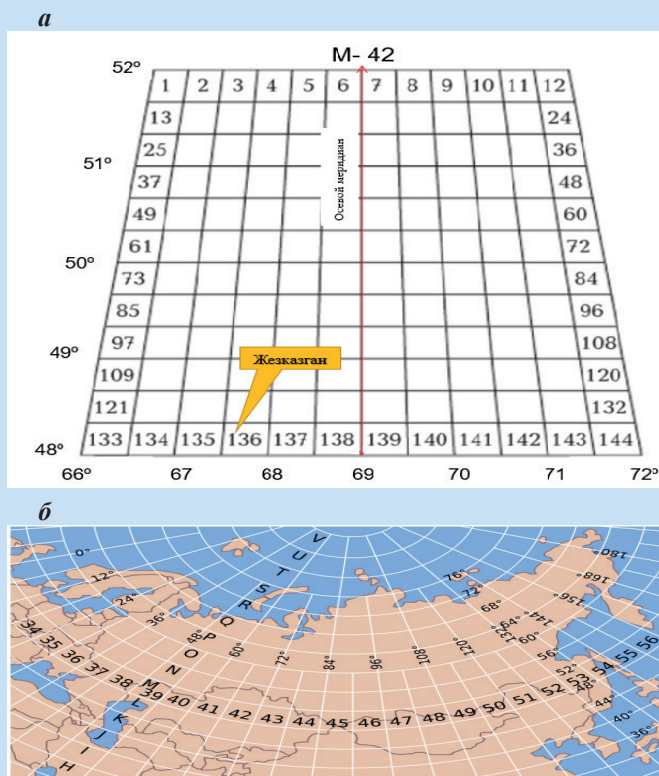
және Гаусс-Крюгер проекциялары. 1825 жылы К. Гаусс әзірлеген және көпшілікке ұсынған проекцияны бір ғасырға жуық уақыттан кейін Л.И. Крюгер (1857-1923) математикалық түрде сипаттаған. Кейіннен бұл проекция «Гаусс Крюгер проекциясы» деп аталды.

Гаусс-Крюгер проекциясы цилиндрдегі жер эллипсоидының бетін бейнелейді. Сфера беті остік 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 АҚШ-ның әскери инженерлер корпусы жасаған. Алғашқы жылдары UTM проекциясы карталарды құру үшін пайдаланылды, бүгінде ол WGS84 эллипсоидына негіз болды. Гаусс-Крюгер 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 жарамды. Аймақтың басқа нүктелерінде коэффициент әртүрлі мәндерге ие болып келеді, яғни остік меридианнан алыстаған сайын бір координаталық жүйеден екіншіге көшу дәлдігі төмендей түседі [9].

Келесі 3, а-суретінде WGS84 UTM жүйесіндегі топографиялық карталардың номенклатурасы көрсетілген. Карталардың макетін және номенклатурасын пайдалана отырып, 1:1 000 000 (M-42) масштабында Жыланды кен орындары тобының (Жезқазған облысы) орналасқан жерлері анықталды; 1:100 000 (M-42-136), 1:10 000 (M-42-136-A-2-1) (3,б-сурет). Геодезиялық негізді құру – кендерді игеру, жер бетінің деформациялану процессін мониторингтеу кезінде және орындалатын жұмыстардың 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 Биіктіктерге келетін болсақ, оларды анықтау геометриялық нивелирлеумен орындалуы тиіс. Алайда пландық координаттарды анықтаудың және олармен жұмыс істеудің 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



Сурет 3. Жыланды тобы кен орындарының топографиялық картада орналасуы:
а) 1:1 000 000 (M-42) және б) 1:100000 (M-42-136) масштабтағы карталар.

Figure 3. Placement of the Zhilandsky groups of deposits on the topographic map:
а) 1:1,000,000 (M-42) and б) 1:100,000 (M-42-136) map arrays.

Рис. 3. Размещение жиландинских групп месторождений на топографической карте:
а) 1:1 000 000 (M-42) и б) 1:100000 (M-42-136) масштабы карт.

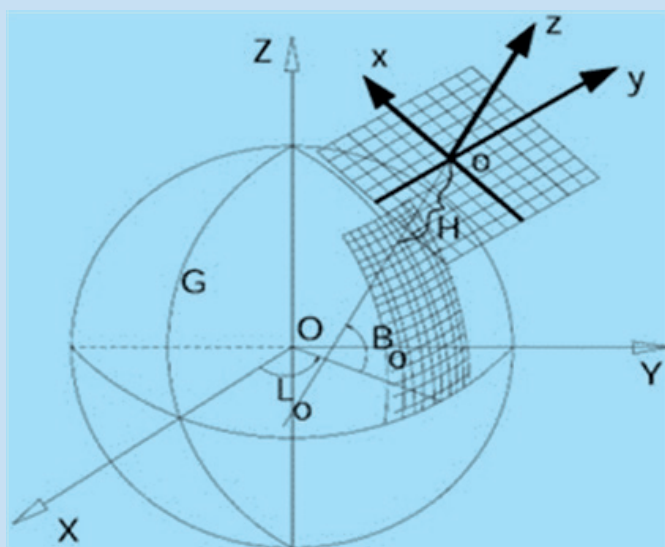
проекциясына ауыстыру мүмкіндігі бар, бұл топоцентрлік бетті салыстыруды, таңдауды және қолдануды негіздеуді қамтамасыз етеді.

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 торап 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 torosentric 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 [10].

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). O_y осі O_x және O_z 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 [10].



Сурет 4. Топоцентрлік координаттар жүйесі.

Figure 4. The system of topocentric coordinates.

Рис. 4. Система топоцентрических координат.

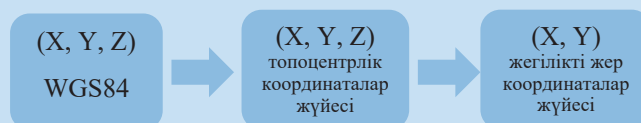
Геоцентрлік жүйеден жергілікті топоцентрлік жүйеге координаттарды түрлендіру былайша жүргізіледі [10]

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

мұндағы $(x \ y \ z)^T$ – топоцентрлік жүйедегі координаталар; $(X \ Y \ Z)^T$ – геоцентрлік жүйедегі координаталар; $(X_0 \ Y_0 \ Z_0)^T$ – референстік 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 5 суретте көрсетілген схема бойынша анықталады:



Сурет 5. WGS-84 координаталарын жергілікті жер жүйесіне түрлендіру схемасы.

Figure 5. WGS-84 coordinate transformation scheme for the local system.

Рис. 5. Схема преобразования координат WGS-84 в местную систему.

Түрлендіру бірнеше кезеңде жүзеге асырылады: 1-кезең. Құрылысқа арналған эталондық инженерлік-геодезиялық желі нүктелері үшін геодезиялық координаттарға (B, L, H) түрлендірілетін ГРНЖЖ технологияларын қолдану арқылы кеңістіктік тікбұрышты координаттар (X, Y, Z) анықталады.

2-кезең. ГРНЖЖ 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. ГРНЖЖ өлшемдері жүргізілген және топоцентрлік координаттар жүйесіне түрленетін торап нүктелердің координаттары шахталарда маркшейдерлік және геодезиялық жұмыстарды жобалау және орындау үшін қолданылатын жергілікті координаттар жүйесімен сәйкестендіріледі (Рыльникова, 2015, 44).

Әрі қарай есептелген түрлендіру параметрлерін пайдалана отырып, қалған нүктелердің координаталары жергілікті құрылыс координаттар жүйесіне қайта есептеледі. Бұл алгоритм Орталық Қазақстандағы 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.

Нүктелердің координаттары 69° осьтік меридианы бар 42 аймақ үшін Гаусс-Крюгер проекциясында анықталған (4 сурет, б), содан кейін МТ-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 [11].

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 жағдайының карталары және далалық жұмыстарды орындау кезіндегі спутниктерден байланыс сағаттары сияқты деректер енгізілді (1 кесте).

карталар, тропосфера жағдайының карталары және далалық жұмыстарды орындау кезіндегі спутниктерден байланыс сағаттары сияқты деректер енгізілді (1 кесте). 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 жағдайының карталары және далалық жұмыстарды орындау кезіндегі спутниктерден байланыс сағаттары сияқты деректер енгізілді (1 кесте).

Жерсеріктік өлшеулердің нәтижелерін өңдеу

The results of processing satellite measurements

Результаты обработки спутниковых измерений

Кесте 1

Table 1

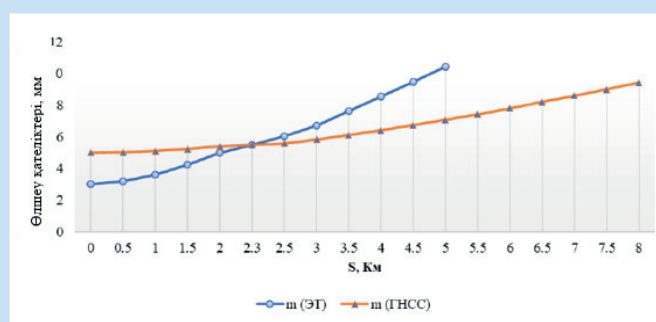
Таблица 1

Пункт атауы	ITRF2008			WGS84			UTM 42N		
	X, м	Y, м	Z, м	B	L	h, м	X	Y	h, м
РП02	1632200.5571	3937264.7502	4729578.8152	48°10'01,00481"N	67°29'00,44123"E	404,638	5335967,857	387,239,534	404,664
РП03	1632741.903	3937565.5219	4729137.8417	48°09'39,78017"N	67°28'41,81649"E	399,7218	5335320,178	386,841,903	399,722
РП04	1633280.7021	3937890.2852	4728683.2077	48°09'17,74868"N	67°28'23,75454"E	398,8271	5334647,385	386,455,317	398,827
РП05	1632111.4814	3937723.5393	4729218.9788	48°09'43,83469"N	67°29'12,92478"E	396,4978	5335,432,674	387,486,927	396,498
РП06	1633215.0023	3937251.3304	4729235.7251	48°09'44,52246"N	67°29'14,84566"E	399,9548	5335,477,642	386,287,716	399,955
РП01	1632921.1178	3937041.9195	4729532.5184	48°09'58,31277"N	67°28'24,09944"E	416,9637	5335899,60	386,487,308	416,964
РП02.1	1632391.6424	3937148.8425	4729615.0502	48°10'02,60468"N	67°28'49,75059"E	409,0589	5336021.61	387,019,714	409,059
РП05.1	1632288.9604	3937600.6683	4729268.3701	48°09'45,99982"N	67°29'02,71440"E	402,9158	5335503,674	387,277,348	402,916

Жыланды кен орындары геодинамикалық полигонында кешенді геодезиялық Giodis геодезиялық бағдарламалық пакетінің көмегімен өңделді. Реперлердің биіктігі электрондық тахеометр TS15 арқылы тригонометриялық нивелирлеу тәсілімен анықталды. Екі маусымдық спутниктік бақылау нәтижелеріне салыстырмалы талдау жасалынды (2 кесте).

ҒНЖЖ технологиялары жерсеріктерден алынған сигналдарды жаһандық позициялау жүйесінде өңдейді. Нәтижесі – геоцентрлік координаттар жүйесінде базалық сызықтарды (спутниктік анықтау нәтижелері бойынша нүктелердің өсу координаттары) анықтау. Электронды тахеометр және GPS-технологиялары арқылы қашықтықты өлшеудің дәлдіктері салыстырылды (сурет 6). Графиктен үлкен қашықтықтарды өлшегенде GPS-технологиясының артықшылығы бар, ал қысқа қашықтықта ЭТ ең жақсы нәтиже беретінін көруге болады [12].

Кең ауқымды тау-кен жұмыстарын жүргізуде, әлемдік практикада геомеханикалық мәліметтерді жинау үшін жергілікті жердегі өлшеулерде инновациялық әдістер мен



Сурет 6. ҒНЖЖ-технологиясын және электронды тахеометрды қолдану арқылы қашықтықты өлшеу дәлдігінің графиктері.

Figure 6. Graphs of the accuracy of distance measurements using GNSS technologies and electronic total stations.

Рис. 6. Графики точности измерений расстояний с использованием ГНСС-технологии и электронных тахеометров.

Кесме 2

Жерсеріктік өлшеулердің нәтижелері

Table 2

The results of satellite observations

Таблица 2

Результаты спутниковых наблюдений

Пункт атаулары	Теңестірілген координаталар бірінші сессия, тамыз 2021ж			Теңестірілген координаталар екінші сессия, тамыз 2022ж			Өсімшелер, м		
RPO1	3891487,3	5335899,6	404,722	386487,3	5335816,4	416,960	0,009	0,009	-0,004
RPO2	387239,5	5333696,8	416,964	387239,5	5335967,4	415,255	0,0005	0,011	-0,004
RPO3	386841,9	5335320,4	398,872	3485558	5354575,2	399,711	0,0006	0,010	-0,001
RPO4	386455,3	5335423,6	396,496	386488,3	3354885,9	452,552	0,0007	0,010	-0,002
RPO5	387586,3	6521515,8	399,955	387486,9	3655556,5	389,559	0,0009	0,010	-0,004
RPO6	364867,7	6485212,5	387,788	384525,3	3588255,6	378,582	0,00012	0,009	-0,003

Ескерту: Теңестіруде RPO3 пунктiнiң пландық және RPO2 пунктiнiң биіктік координаталары пайдаланылды.

Өлшеу әдісі: статикалық

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

Биіктік белгісі: 1977 жылғы Балтық теңізі жүйесі

Барлық өлшеулер метрде берілген.

заманауи аспаптарды қолдану арқылы шешілуде. Ол үшін геодезиялық негіз құрылады.

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. Топоцентрлік координаттарда құрылған ГДП-да геоцентрлік координаталар минималды түрде бұрмалануларға ие, және бұл тісілмен бүгінде геодезиялық жұмыстардың үлкен үлесі орындалады.

Қорытынды

Қалыпты биіктіктерді есептеу үшін ҒНЖЖ технологиясын пайдалану мүмкіндігін емес, ең бастысы пландық

координаталарды анықтау орындылығын көрсететін маңызды нәтижелер алынды. Топоцентрлік координаталарды пайдалану 20 км-ге дейінгі аумақтардағы геодезиялық тораптар сызықтарының ұзындығын Гаусс-Крюгер проекциясымен салыстырғанда екі еседен астам проекциялаудағы қателерді азайтуға мүмкіндік береді.

Зерттеу нәтижелері негізінде Жыланды кенішінің маркшейдерлік қызметі, жоғары дәлдікпен анықталған тірек пункттерімен қамтамасыз етілді және оларды пайдаланудың жоғары тиімділігін көрсетті. Кең ауқымда жер қойнауын игеру кезінде геомеханикалық және геодинамикалық процестерді зерделеу нәтижелері олардың барынша қауіпсіздігі мен экономикалық тиімділігін қамтамасыз ету үшін тау-кен жұмыстарын стратегиялық және жедел басқаруды жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Зерттеу ҚР Ғылым және Жоғары білім министрлігінің қаржылық қолдауымен орындалды (Грант №AP14874828).

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Базалюк О., Рысбеков К., Нұрпейісова М., Лозинский В., Кыргызбаева Г. Жер қойнауын кең ауқымды игеруде кен массивінің жай-күйін кешенді мониторингтеу. // Экологиялық ғылымның шекарасы. – 2022. – Т. 10. – мақала №852591 (ағылшын тілінде)
2. Джевецкий Й., Мышковский. Беріктігі мен деформациясының параметрлері өте төмен құмтастың қалың қабаттарынан тұратын тау-кен массасында орналасқан қабаттың тау-кен сейсмикалық қасиеті. // Тұрақты тау-кен жұмыстары журналы. – 2018. – Бөл. 17. – Шығ. 4. – Б. 167-174 (ағылшын тілінде)
3. Трубецкой К.Н. Жер қойнауын кешенді игеру мен сақтаудың жағдайы және негізгі бағыттары. // Жер қойнауын кешенді игеру мен сақтаудың мәселелері мен болашағы. – М.: М.: ИПКОН РАН. – 2020. – Б. 5-11 (орыс тілінде)
4. Bek A., Aitkazanova Sh., Imansakipova B., Sgvyzhkova O., Eestemesov Z. Қатайтатын қоспаларды алу үшін полиметалл кендерін өңдеу технологиясын қолдану перспективалары. // Ұлттық тау-кен университетінің Ғылыми хабаршысы. – Днепродзержинск, 2022. – № 3. – Б. 88-94 (ағылшын тілінде)
5. Козырев А.А., Панин В.И., Семенова И.Е. Хибин апатит кен орындарының мысалында тау жыныстары қауіпті жағдайларда тау-кен жұмыстарының геодинамикалық қауіпсіздігі туралы. // ФТРПИ. – 2018. – №5. – Б. 33-44 (орыс тілінде)

6. Yang D., Zhao J., Suhail S.A., Ahmad W., Kamiński P., Dyczko A., Salmi A. & Mohamed A. Мрамор ұнтақтары бар бетондағы ультрадыбыстың жылдамдығын зерттеу. // Материалдар. – 2022. – №15(12). – мақала №4311 (ағылшын тілінде)
7. Нұрпейісова М.Б., Бітімбаев М.Ж., Рысбеков К.В., Шульц Р. Сарыарқаның мыс кенді аймағының геодезиялық негіздемесі. // ҚР ҰҒА жаңалықтары, геология және техника ғылымдары сериясы. – 2020. – Т. 6 – Б. 194-202 (ағылшын тілінде)
8. Рыльникова М.В., Юн А.Б., Терентьева И.В. Жезқазған кен орнын игерудің болашағы мен стратегиясы. // Тау-кен журналы. – 2015. – №5. – Б. 44-49 (орыс тілінде)
9. Опарин В.Н. және т.б. Техногендік жер сілкінісі мен тау жыныстарының жарылуын сейсмикалық-деформациялық бақылау әдістері мен жүйелері. // Новосибирск: Баспасы СБ РГА. – 2016. – Т. 2. – Б. 261 (орыс тілінде)
10. Юнес Дж.А. Спутниктік позициялау технологиясын пайдалана отырып, сауалнаманы қолдау желісін құру. / Дж.А. Юнес, М.Г. Мұстафин, В.Д. Морозова. // Сауалнама жаршысы. – 2017. – №2. – Б. 25–28 (орыс тілінде)
11. Нұрпейісова М.Б., Әбенов А.М., Милетенко Н.А., Досетова Г.Ж. Тау-кен кәсіпорнының карьеріндегі деформацияларды болжау үшін жоғары тиімді бақылау әдістемесі. // Еуразияның тау-кен өнеркәсібі. – 2023. – №1. – Б. 3-6 (ағылшын тілінде)
12. Нурпеисова М.Б., Кыргызбаева Г.М., Милетенко Н.А., Абенев А.М. Орталық Қазақстандағы жер қыртысының баяу жылжуы // Новосибирск: Тау-кен ғылымының іргелі және қолданбалы мәселелері. – 2022. – Т. 9. – №3. – Б. 46-52 (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Bazaluk, O., Rysbekov, K., Nurpeisova, M., Lozynskiy, V., Kyrgyzbayeva, G., & Turumbetov, T. Integrated monitoring for the rock mass state during large-scale subsoil development. // *Frontiers in Environmental Science*. Accepted paper. – 2022. – Vol. 10. – art. №852591 (in English)
2. Drzewiecki J., Myszkowski J. Mining-induced seismicity of a seam located in a rock mass made of thick sandstone layers with very low strength and deformation parameters. // *Journal of Sustainable Mining*. – 2018. – Vol. 17. – Issue 4. – P. 167-174 (in English)
3. Trubetskoi K.N. Sostoyanie i osnovnye napravleniya kompleksnogo osvoeniya i sohraneniya resursov zemnykh neдр [Status and main directions of complex development and preservation of earth resources]. // *Institut problem kompleksnogo osvoyeniya neдр = Institute for Problems of Integrated Subsoil Development*. – 2020. – P. 5-11 (in Russian)
4. Bek A., Aitkazinova Sh., Imansakipova B., Sgyvzhkova O., Eestemesov Z. Prospects of using the polymetallic ore processing wairst for producing hardening mixtures. // *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. – Dnepropetrovsk, 2022. – №3. – P. 88-94 (in English)
5. Kozыrev A.A., Panin V.I., Semenova I.E. O geodinamicheskoi bezopasnosti gornыh работ v udaroopasnyh usloviyah na primere Hibinskiх apapitovyh mestorozhdeniy [On the geodynamic safety of mining operations in shock-hazardous conditions on the example of Khibina apatite deposits]. // *Fiziko-tekhnicheskiye problemy razrabotki poleznykh iskopayemykh = Physical and technical problems of mineral development*. – 2018. – №5. – P. 33-44 (in Russian)
6. Yang D., Zhao J., Suhail S.A., Ahmad W., Kamiński P., Dyczko A., Salmi A. & Mohamed A. Investigating the ultrasonic pulse velocity of concrete containing waste marble dust and its estimation using artificial intelligence. *Materials*. – 2022. – №15(12). – art.№4311 (in English)
7. Nurpeisova M.B., Bitimbayev M.Zh., Rysbekov K.V., Shults R. 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 (in English)
8. Rylnikova M.W., Yoon A.B., Terentyeva I.V. Perspektivy i strategiya osvoyeniya Zhezkazganskogo mestorozhdeniya [Perspectives and strategies for the development of Zhezkazganskogo deposit]. // *Gornы zhurnal = Mining Journal*– 2015. – №5. – P. 44-49 (in Russian)
9. Oparin V.N. i dr. Metody i sistemy seismo-deformatsionnogo monitoringa tekhnogennykh zemletryaseniy i gornыkh udarov [Methods and systems for seismic-deformation monitoring of man-made earthquakes and rock bursts]. // *Izdatel'stvo Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk = Publishing house of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences*. – 2016. – Т. 2. – P. 261 (in Russian)
10. Yunes J.A., G. Mustafin, V.D. Morozova. Sozdaniye opornoy marksheyderskoy seti s ispol'zovaniyem tekhnologii sputnikovogo pozitsionirovaniya [Creation of a support surveying network using the technology of satellite positioning]. // *Marksheydersky Vestnik = Surveyor's Bulletin*. – 2017. – №2. – P. 25-28 (in Russian)
11. Nurpeisova M.B., Abenov A.M., Miletenco N.A., Dosestova G.Zh. A highly effective method for predicting deformations in a mining quarry. // *Eurasian mining*. – 2023. – №1. – P. 3-6 (in English)

12. Nurpeisova M.B., Kyrgyzbaeva G.M., Miletchenko N.A., Abenov A.M. Monitoring medlennykh dvizheniy zemnoy kory v Tsentral'nom Kazakhstane [Monitoring of slow earth movements in Central Kazakhstan]. // *Fundamental'nyye i prakticheskiye voprosy gornoj nauki = Fundamental and practical issues of mountain science*. – 2022. – Vol. 9. – №3. – P. 46-52 (in Russian)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Базалюк О., Рысбеков К., Нурпейсова М., Лозинский В., Кыргызбаева Г. Комплексный мониторинг состояния горного массива при крупномасштабной разработке недр. // *Границы экологической науки*. – 2022. – Т.10. – Ст. №852591 (на английском языке)
2. Джевецкий Й., Мышковски Й. Горнодобывающая сейсмичность пласта, расположенного в массиве горных пород, сложенном толстыми слоями песчаника с очень низкими параметрами прочности и деформации. // *Журнал устойчивой добычи полезных ископаемых*. – 2018. – Т. 17. – Вып. 4. – С. 167-174 (на английском языке)
3. 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, 2020. – С. 5-11 (на русском языке)
4. Bek A., Aitkazinova Sh., Imansakipova B., Sgyuzhkova O., Eestemesov Z. Перспективы использования технологии переработки полиметаллических руд для получения твердеющих смесей. // *Научный вестник Национального горного университета*. – Днепродзержинск, 2022. – №3. – С. 88-94 (на английском языке)
5. Козырев А.А., Панин В.И., Семенова И.Э. О геодинамической безопасности горных работ в удароопасных условиях на примере Хибинских апатитовых месторождений. // *ФТПРПИ*. – 2018. – №5. – С. 33-44 (на русском языке)
6. Yang D., Zhao J., Suhail S.A., Ahmad W., Kamiński P., Dyczko A., Salmi A. & Mohamed A. Исследование скорости ультразвукового импульса в бетоне, содержащего отработанную мраморную пыль. // *Материалы*. – 2022. – №15(12). – ст.№4311 (на английском языке)
7. Нурпейсова М.Б., Битимбаев М.Ж., Рысбеков К.В., Шульц Р. Геодезическое обоснование меднорудного района Сарыарки. // *Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. Серия геологии и технических наук*. – 2020. – Т. 6. – С. 194-202 (на английском языке)
8. Рьльникова М.В., Юн А.Б., Терентьева И.В. Перспективы и стратегия освоения Жезказганского месторождения. // *Горный журнал*. – 2015. – №5. – С. 44-49 (на русском языке)
9. Опарин В.Н. и др. Методы и системы сейсмо-деформационного мониторинга техногенных землетрясений и горных ударов. – Новосибирск: Из-во СО РАН. – 2016. – Т. 2. – С. 261 (на русском языке)
10. Юнес Ж.А. Создание опорной маркишейдерской сети с использованием технологии спутникового позиционирования / Ж.А. Юнес, М.Г. Мустафин, В.Д. Морозова. // *Маркшейдерский вестник*. – 2017. – №2. – С. 25-28 (на русском языке)
11. Нурпейсова М.Б., Абенев А.М., Милетченко Н.А., Досетова Г.Ж. Высокоэффективная методика мониторинга для прогнозирования деформаций в карьере горнодобывающего предприятия. // *Евразийская горная промышленность*. – 2023. – №1. – С. 3-6 (на английском языке)
12. Нурпейсова М.Б., Кыргызбаева Г.М., Милетченко Н.А., Абенев А.М. Мониторинг медленных движений земной коры в Центральном Казахстане. // *Новосибирск: Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук*. – 2022. – Т. 9. – №3. – С. 46-52 (на русском языке)

Авторлар туралы мәліметтер:

Нурпейсова М.Б., техника ғылымдарының докторы, Satbayev University «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының профессоры (Алматы қ., Қазақстан), marzhan-nurpeisova@rambler.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3956-5442>

Қыргызбаева Д.М., PhD докторы, Satbayev University «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының асс. профессоры (Алматы қ., Қазақстан) dinara_k_85@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5043-4275>

Абенев А.М., Satbayev University «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының PhD докторанты (Алматы қ., Қазақстан), Aliser_m_abenov@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0956-9207>

Турымбетов Т.А., Satbayev University «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының оқытушысы (Алматы қ., Қазақстан) turar.kz_star@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1874-2665>

Information about the authors:

Nurpeisova M.B., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department «Surveying and Geodesy» Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Kirghizbaeva D.M., doctor PhD, Associate Professor of the Department of «Surveying and Geodesy» Satbaev University (Almaty, Kazakhstan)

Abenov A.M., PhD doctoral student of the Department of «Surveying and Geodesy» Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Turymbetov T.A., lecturer of the Department «Surveying and Geodesy» Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Сведения об авторах:

Нурпейсова М.Б., доктор технических наук, профессор кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

Кыргызбаева Д.М., доктор PhD, ассоц. профессор кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» Satbaev University (г. Алматы, Казахстан)

Абенев А.М., PhD докторант кафедры Маркшейдерское дело и геодезия» Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

Турымбетов Т.А., преподаватель кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)