

Бұрыштық рефракцияның геокеңістіктік деректердің өлшенген мәндеріне әсерін есепке алу

^{1*}**РЫМҚҰЛОВА Арайлым Болатбекқызы**, магистр, оқытушы, arai-1995@mail.ru,

¹**ХАННАНОВ Рустем Рашидович**, магистр, аға оқытушы, khannanov_rustem@mail.ru,

¹«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Қазақстан, Қарағанды, Н. Назарбаев даңғылы, 56,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Мақалада «ГРЭС Топар» ЖШС күл үйіндісінде жүргізілетін электрондық тахеометрияны өлшеу нәтижелерін түзету сипатталған. Геодезиялық өлшемдердің көлденең төсемдеріне статистикалық өңдеу жүргізілді және деректерді статистикалық өңдеудің алынған нәтижелеріне талдау жасалды. Бұл есептеулерді жүргізу қажеттілігі сызықтық өлшеулердің нәтижелерінде күннің әртүрлі уақыттарында алынған мәндер арасында айтарлықтай айырмашылық бар екендігіне байланысты. Бұл атмосфераның электронды лазерлік құрылғылар жүргізетін өлшеу нәтижелеріне әсерін көрсетеді. Сызықтық өлшеулерді түзету нәтижелерін талдау атмосфераның 1,6 км қашықтықтағы электронды тахеометрияны өлшеу нәтижелеріне әсері температура мен қысымның нақты мәндеріне айтарлықтай тәуелді екенін көрсетті және атмосфералық шамалардың нақты мәндері мен олардың стандартты мәндерінің арасындағы айырмашылықты елемуге болмайды. Есептеулер нәтижелерін талдағаннан кейін геодезиялық өлшеулерді жүргізу және атмосфера электронды тахеометрия нәтижелеріне әсер етпейтін күн уақытын таңдау туралы қорытынды жасалды.

Кілт сөздер: дамба, күл үйіндісі, рефракция, атмосфера, электрондық тахеометрия, түзетулер, орташа квадраттық ауытқу, өлшеу, температура, ылғалдылық, сыну бұрышы, сәулелену.

Кіріспе

Сандық технологиялар мен электрондық өлшеу техникасы дәуірінің басталуымен геодезия саласында және осы ғылымның барлық байланысты бағыттарында қарқынды даму болды. Жаңа жоғары дәлдіктегі және роботтандырылған электрондық кешендер оптикалық құралдарды толығымен алмастырды, өйткені заманауи геодезиялық жабдықтар өлшеудің жоғары дәлдігіне қол жеткізуге, еңбек шығындарын азайтуға және жұмыс өнімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Бұл прогресс күрделі мәселелерді шешу үшін тахеометрияны қолдану аясын кеңейтті. Сонымен қатар, тиісті түзетулерді енгізу үшін ескерілетін факторлар әлдеқайда көп болды. Бұл факторларға жұмыс істейтін жабдықтың дірілдеуі, температура, ылғалдылық, электромагниттік сәулелену, атмосфераның шаңдануы және басқа да техногендік және табиғи құбылыстар жатады.

Академик В.Я. Струве XIX ғасырдың ортасында термиялық сыну құбылысын былай түсіндірді: «Бұл өзгерістің себебін ауаның дұрыс қабатын бұзатын жер бетінің (топырақтың) үлкен немесе аз қызуының әсерінен іздеу керек. Егер топырақ онымен жанасатын ауадан гөрі жылы болса, онда төменгі ауа қабаттарының кеңеюі байқалады, бұл сыну құбылысына және жылы ауаның көтерілуіне

байланысты кескіндердің ауытқуына әкеледі. Егер топырақтың температурасы ауа температурасына тең болса, онда ауаның дұрыс қабаты пайда болады, суреттер тынышталады және бұл жағдай қалыпты рефракцияға сәйкес келеді» [1, 2].

Негізгі бөлім

Қазіргі геодезиялық өлшеу құралдарының физикалық принциптері электромагниттік сәулеленудің таралу сипаттамаларын анықтауға негізделген. Электронды құрылғы жіберетін атмосферада электромагниттік сәулелену кезінде ол белгілі бір өзгерістерге ұшырайды: оның қарқындылығы (қуаты) төмендейді; бағыты мен жылдамдығы өзгереді [1, 2].

Атмосферадағы сигнал қуатының төмендеуі (сөнуі) екі негізгі процестермен байланысты: ауа мен атмосфералық қоспалардың молекулалары арқылы сәулеленудің жұтылуы және шашырауы. Шаңды ортада, тұманда және т.б. электромагниттік толқындардың сөнуі айтарлықтай болуы мүмкін және сәулелену қарқындылығы төмендейді. Сигнал қарқындылығының төмендеуі өлшеу дәлдігінің төмендеуіне әкеледі. Әдістемелік және аппараттық шешімдер атмосферадағы сигналдың сөнуінің өлшеу дәлдігіне әсерін әлсіретуге мүмкіндік береді [1].

Гетерогенді атмосферада электромагниттік сәуле оптикалық аз тығыз қабаттар бағытында ауытқиды. Тұрақты емес атмосферадағы электромагниттік сәулелердің сыну құбылысы атмосфералық бұрыштық сыну деп аталады. Бұрыштық сыну бұрыштық және сызықтық өлшеу нәтижелерінің дәлдігіне әсер етеді.

Жоғары дәлдіктегі бұрыштық өлшеулердегі қателіктердің негізгі көздерінің бірі – сыну. Сыну 2 түрге бөлінеді: бүйірлік (көлденең) және тік сыну. Айта кету керек, көрнекі сәулені жер асты бетінен бірнеше метрге көтерген кезде жергілікті сипаттағы рефракцияның әсері азаяды [3].

Ортаның әртүрлі тығыздығына байланысты жарық сәулесі А нүктесінен В нүктесіне дейін АВ түзуімен емес, AmB оптикалық жолымен қисық сызықты траекториямен өтеді (1-сурет). А нүктесінде орналасқан бақылаушы бақыланатын объектінің бейнесін АВ бағытында емес, АВ' тангенсінен көреді. Оның көлденең компоненті көлденең сыну бұрышы (бүйірлік сыну) деп аталады, ал осы бұрыштың тік компоненті тік сыну бұрышы (тік сыну) деп аталады [3].

Үлкен қашықтықта тік сыну мәні бір минутқа немесе одан да көпке жетеді, ал бүйірлік сыну бірнеше секундтан аспайды. Бүйірлік сыну көлденең бұрыштарды өлшеу дәлдігіне әсер етеді және бұрыштық өлшеулердің дәлдігін одан әрі арттыруды шектейді [3, 4].

Сызықтық өлшеулерде бұрыштық сыну траекторияның ұзаруына әсер етеді. Сәуленің жолы өлшенген қашықтықтан үлкен болады. Жылдамдықтың өзгеру әсерімен салыстырғанда сәуленің траекториясын ұзартудың сыну әсері соншалықты мардымсыз, сондықтан олар оған жиі назар аудармайды. Әрі қарай, атмосфераның сызықтық өлшеулердің дәлдігіне әсері туралы айтатын болсақ, біз тек диапазонды сыну әсерін айтамыз [1, 3].

«ГРЭС Топар» ЖШС күл үйіндісінде геодезиялық өлшеулер жүргізе отырып, рефракцияның электрондық тахеометрмен жүргізілетін өлшеу нәтижелеріне әсері бірнеше рет байқалды. Реф-

ракция, жоғарыда сипатталғандай, бұрыштық өлшеулерге және диапазонды өлшеу нәтижелеріне әсер етті.

Сызықтық өлшеулерді өңдеу нәтижелерін талдау атмосфераның шамамен 1,6 км қашықтықтағы сызықтық өлшеулердің дәлдігіне әсерін есепке алу тік бұрыштарды өлшеуді түзетумен салыстырғанда салыстырмалы түрде қарапайым міндет екенін көрсетті. Мұндай қашықтықтағы температура мен қысымның нақты мәндерінің арасындағы айырмашылықты елемуге болмайды, бірақ бұл факт зерттеушілерге де, өндірушілерге де белгілі. Сызықтық өлшеулерді түзету жағдайында назар аударуға тұрарлық жалғыз сұрақ қазіргі заманғы электронды тахеометрияда қолданылатын сызықтық өлшеулердің нәтижелеріне атмосфераның әсерін есепке алудың қаншалықты тиімді екендігіне қатысты: температура мен қысым құрылғының орнында өлшенеді және бүкіл қашықтық үшін бірдей болып саналады [3]. Өлшеулер «ГРЭС Топар» ЖШС күл үйіндісінің су беті арқылы жүргізілді (2-сурет).

Сызықтық өлшеу нәтижелері күннің әртүрлі уақыттарында алынған мәндер арасындағы айтарлықтай айырмашылықты (10 мм) көрсетті. Болжам бойынша бұл рефракция құбылысына байланысты болады, соның салдарынан төменде сипатталған әдістемені пайдалану кезінде атмосфераның әсерін ескере отырып, өлшеу нәтижелеріне түзету жүргізілді [1, 5, 6].

1. Нақты сыну индексі есептеңіз:

$$N = (n - 1) \cdot 10^6 = 795,1 \cdot P / T, \text{ бірл.} \quad (1)$$

мұндағы P – қысым, кПа;

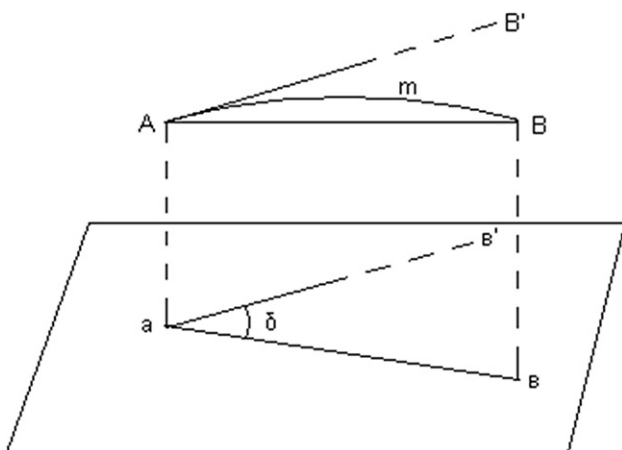
T – ауа температурасы, Кельвин.

2. Біз түзетуді қысым мен температураның қалыптыдан айырмашылығы үшін есептейміз:

$$ppt = N_{\text{норм}} - N, \text{ бірл.} \quad (2)$$

мұндағы $N_{\text{норм}}$ – 275-ке тең сыну индексінің қалыпты мәні.

3. Өлшенген қашықтыққа түзетуді енгізіңіз:



1-сурет – Бұрыштық сыну схемасы



2-сурет – «ГРЭС Топар» ЖШС күл үйіндісі

$$\Delta D = ppt \cdot D, \text{ км}, \quad (3)$$

мұнда D – өлшенген қашықтық (км);

ppt – түзетуді қысым мен температураның қалыптыдан айырмашылығы.

4. Біз өлшенген көлбеу диапазонды түзетеміз:

$$D_{\text{түз}} = D_{\text{олш}} + \Delta D, \text{ км}, \quad (4)$$

мұнда $D_{\text{олш}}$ – қашықтықтарының өлшенген мәндері;

$D_{\text{түз}}$ қашықтықтарының түзетілген мәндері 1-кестеде келтірілген. Айта кету керек, өлшеу күніндегі ең төменгі ауа температурасы (2019 жылдың 16 шілдесі) – 15°C , ал максимум – 23°C ,

атмосфералық қысым $102,1$ кПа құрады.

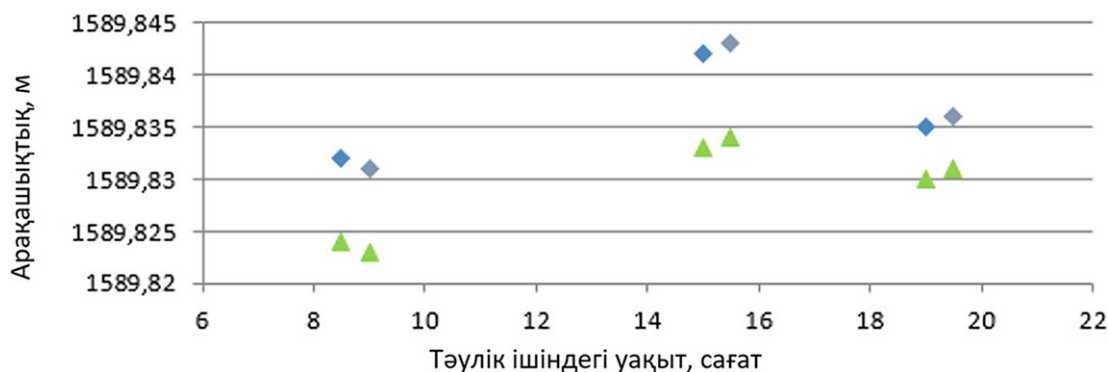
Түзетуге дейінгі және кейінгі өлшеулердің нәтижелері 3-суретте көрсетілген.

Сызықтық өлшеулерді түзетуді талдау атмосфераның шамамен $1,6$ км қашықтықтағы электронды тахеометрді өлшеу нәтижелеріне әсері температура мен қысымның нақты мәндеріне айтарлықтай тәуелді екенін көрсетті және атмосфералық көрсеткіштердің нақты мәндері мен олардың осындай қашықтықтағы стандартты мәндерінің арасындағы айырмашылықты елемуге болмайды. Орташа түзету 7 мм құрады [7, 8].

Алынған нәтижелерді статистикалық өңдеу 2-кестеде келтірілген.

1-кесте – Өлшенген және түзетілген қашықтықтардың мәндері

№	Өлшенген арақашықтық, м	Түзетілген арақашықтық, м
1	1589,832	1589,824
2	1589,831	1589,823
3	1589,842	1589,833
4	1589,843	1589,834
5	1589,835	1589,830
6	1589,836	1589,831



3-сурет – Өлшенген және түзетілген қашықтықтардың мәндері

2-кесте – Сызықтық өлшеу нәтижелерін статистикалық өңдеу

N	Өлшенген мәндер			Түзетілген мәндер		
	$L_i, \text{ м}$	$\varepsilon_i, \text{ мм}$	$\varepsilon_i^2, \text{ мм}^2$	$L_i, \text{ м}$	$\varepsilon_i, \text{ мм}$	$\varepsilon_i^2, \text{ мм}^2$
1	1589,832	-4,5	20,3	1589,824	-5,2	26,7
2	1589,831	-5,5	30,3	1589,823	-6,2	38,0
3	1589,842	5,5	30,2	1589,833	3,8	14,7
4	1589,843	6,5	42,2	1589,834	4,8	23,4
5	1589,835	-1,5	2,3	1589,830	0,8	0,7
6	1589,836	-0,5	0,3	1589,831	1,8	3,4
$\bar{L}$	1589,837		125,5	1589,829		106,8
		D =	25,1		D =	21,4
		$\sigma =$	5,0100		$\sigma =$	4,6224

Сызықтық өлшеу нәтижелерін статистикалық өңдеу қашықтықтарды түзету алынған нәтижелердің орташа квадраттық ауытқуын азайғанын көрсетті ($\sigma_{\text{өзг}}=5,01$ мм, $\sigma_{\text{түз}}=4,62$ мм). Демек, бұл әдіс атмосфераның электромагниттік сәулеленудің траекториясына әсерін толығымен жоққа шығармайды. Алайда, геодезиялық өлшеулер кезінде алынған қашықтыққа енгізілген рефракцияның әсері үшін түзету өлшенген мәндерді шындыққа жақындатады.

Енді тік сыну әсерінен пикеттердің биіктік жағдайын түзетуді қарастырыңыз. Электрондық тахеометрияда қолдануды тапқан тік рефракцияның әсерін есепке алудың жалғыз әдісі k сыну коэффициентін қолдануға дейін азаяды, оның нақты мәні k' атмосфераның орташа күйін сипаттайтын стандартты KST (0,13-0,20) мәнімен ауыстыры-

лады [9, 10]. Атмосфераның төменгі қабатында сыну коэффициенті, әдетте, таңертең және кешке қысқа жарты сағаттық интервалдарда стандартты мәнге тең болады [9, 10].

Қорытынды

Жалпы, атмосфераның геодезиялық өлшеулерге және олардың нәтижелеріне әсерін азайту үшін бақылаулар таңертең пайда болатын қолайлы жағдайларда, әсіресе ауа қабатында, изотермияға жақын жерде, визуалды сәуленің биіктігінде жүргізілуі керек. Таңертең бақылау үшін қолайлы уақыт кезеңінің ұзақтығы шамалы. Әдістемеге сәйкес тиісті түзетулер енгізу [1, 3] бізге қолайлы өлшеу нәтижелерін алуға және күні бойы жұмыс істеуге мүмкіндік береді.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Вшивкова О.В. Жер және атмосфера физикасы. Атмосфераның геодезиялық өлшеу нәтижелеріне әсері: оқу құралы. – М.: МИИГАиК, 2017. – 88 б.
2. Ханнанов Р.Р. Гидротехникалық құрылыстардағы геодезиялық өлшеулердің нәтижелерін талдау // Қазіргі әлемдегі өзекті ғылыми зерттеулер. Вып. 4 (60), 3 – бөлім. – Переяславль, 2020. – 96-100 б.
3. Вшивкова О.В. Геодезиялық градиентометрді қолдана отырып, электронды тахеометриядағы атмосфераның әсерін есепке алу // ЖОО жаңалықтары. Геодезия және аэрофототүсірілім. – Мәскеу: МИИГАиК, 2009. – 3-9 б.
4. Ханнанов Р.Р., Батыршаева Ж.М. Рефракцияның электрондық тахеометрия кезіндегі геодезиялық өлшеулер нәтижелеріне әсері // Геодезия, жерге орналастыру және кадастр: Омбы ГАУ ФМБОУ-да жоғары геодезиялық білім берудің 100 жылдығына арналған Халықаралық ғылыми-практикалық конференция материалдары бойынша ғылыми еңбектер жинағы [Электрондық ресурс]. – Электрон. дан. – Омбы: ФГБОУ ВО Омбы баспасы, 2018. – 1 электрон. опт. диск. (CD-R).
5. John Read, Peter Stacey. Guidelines for Open pit slope design. Csiro publishing, Published exclusively in Australia, New Zealand and South Africa by 150 Oxford Street (PO Box 1139), Collingwood VIC 3066, 2010. Australia. – 511 p.
6. Evert Hoek Practical rock Engineering University of Toronto, 2006. Canada. – 342 p.
7. Долгонос В.Н., Шпаков П.С., Низаметдинов Ф.К. и др. Карьерлік еңістердің тұрақтылығын есептеудің аналитикалық тәсілдері. – Қарағанды: «Санат-Полиграфия» баспасы, 2009. – 332 б.
8. Низаметдинов Ф.К., Ожигин С.Г., Ожигина С.Б., Ожигин Д.С. Қазақстан карьерлері ернеулерінің орнықтылығын мониторингтеу // Маркшейдерлік хабаршы. 2013. – № 3 (95). – 18-23 б.
9. Вшивкова О.В. Атмосфераның «геодезиялық» жұмыс моделі туралы // жоғары оқу орындарының жаңалықтары. Геодезия және аэрофототүсірілім. № 5. – Мәскеу: МИИГАиК, 2005. – 22-29 б.
10. Вшивкова О.В., Решетило С.Ю. Электрондық тахеометриядағы тік рефракцияның әсерін есепке алудың біріктірілген әдісін енгізу алгоритмін жасау // жоғары оқу орындарының жаңалықтары. Геодезия және аэрофототүсірілім. Көлемі 62, № 5. – Мәскеу: МИИГАиК, 2018, 489-494 б.

Учет влияния угловой рефракции на измеренные значения геопространственных данных

¹*РЫМКУЛОВА Арайлым Болатбекқызы, магистр, преподаватель, arai-1995@mail.ru,

¹ХАННАНОВ Рустем Рашидович, магистр, старший преподаватель, khannanov_rustem@mail.ru,

¹НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», Казахстан, Караганда, пр. Н. Назарбаева, 56,

*автор-корреспондент.

Аннотация. В статье описана корректировка результатов измерений электронной тахеометрии, проводимых на золототвале ТОО «ГРЭС Топар». Произведена статистическая обработка горизонтальных проложений геодезических измерений и выполнен анализ полученных результатов статистической обработки данных. Необходимость в проведении данных расчетов обусловлена тем, что в результатах линейных измерений обнаружилась существенная разница между значениями, полученными в разное время суток. Это говорит о влиянии атмосферы на результаты измерений, проводимые электронными лазерными приборами. Анализ результатов коррекции линейных измерений показал, что влияние атмосферы на результаты измерений электронной тахеометрии на расстоянии 1,6 км существенно зависит от фактических значений температуры и давления, и пренебрегать отличием реальных значений атмосферных величин от их стандартных

значений при таких расстояниях недопустимо. Проанализировав результаты расчетов, были сделаны выводы по выполнению геодезических измерений и выбору времени суток, в котором атмосфера не влияет на результаты электронной тахеометрии.

Ключевые слова: дамба, золоотвал, рефракция, атмосфера, электронная тахеометрия, корректировка, среднее квадратическое отклонение, измерение, температура, влажность, угол преломления, излучение.

Consideration of the Influence of Angular Refraction on the Measured Values of Geospatial Data

¹*RYMKULOVA Arailym, Master, Teacher, arai-1995@mail.ru,

¹KHANNANOV Rustam, Master, Senior Lecturer, khannanov_rustem@mail.ru,

¹NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», Kazakhstan, Karaganda, N. Nazarbayev Avenue, 56,

*corresponding author.

Abstract. The article describes the correction of the results of measurements of electronic total station carried out at the ash dump of «MPDS Topar» LLP. The statistical processing of horizontal laying of geodetic measurements was carried out, and the analysis of the obtained results of statistical data processing was performed. The need for these calculations is due to the fact that the results of linear measurements revealed a significant difference between the values obtained at different times of the day. This indicates the influence of the atmosphere on the measurement results carried out by electronic laser devices. Analysis of the results of correction of linear measurements showed that the influence of the atmosphere on the results of electronic total station measurements at a distance of 1,6 km significantly depends on the actual values of temperature and pressure, and it is unacceptable to neglect the difference between the real values of atmospheric quantities from their standard values at such distances. After analyzing the results of the calculations, conclusions were drawn on the implementation of geodetic measurements and the choice of the time of day in which the atmosphere does not affect the results of electronic total station.

Keywords: dam, ash dump, refraction, atmosphere, electronic total station, corrections, mean square deviation, measurement, temperature, humidity, angle of refraction, radiation.

REFERENCES

1. Vshivkova O.V. Jer jáne atmosfera fizikasy. Atmosferanyń geodeziialyq ólsheý nátiyelerine áseri: oqý quraly. – Moscow: MIIGAİK, 2017. – 88 b.
2. Hannanov R.R. Gidrotehnikalyq qurylystardaǵy geodeziialyq ólsheýlerdiń nátiyelerin taldaý // Qazirgi álemdegi ózekti ǵylymı zertteýler. Vyp. 4 (60), 3 – bólim. – Pereiaslavl, 2020. – pp. 96-100.
3. Vshivkova O.V. Geodeziialyq gradientometrди qoldana otyryp, elektrondy taheometriadaǵy atmosferanyń áserin esepke alý // JOO jańalyqtary. Geodeziia jáne aerofototúsiririm. – Moscow: MIIGAİK, 2009. – pp. 3-9.
4. Hannanov R.R., Batyrshaeva J.M. Refraktsiianyń elektrondyq taheometriia kezindegi geodeziialyq ólsheýler nátiyelerine áseri // Geodeziia, jerge ornalastyryń jáne kadastr: Omby GAÝ FMBOÝ-da joǵary geodeziialyq bilim berýdiń 100 jyldyǵyna arnalǵan Halyqaralyq ǵylymı-praktikalyq konferentsiia materialdary boıynsha ǵylymı eribekter jinaǵy [Elektrondyq resýrs]. – Elektron. dan. – Omby: FGBOÝ VO Omby baspasy, 2018. – 1 elektron. opt. disk. (CD-R).
5. John Read, Peter Stacey. Guidelines for Open pit slope design. Csiro publishing, Published exclusively in Australia, New Zealand and South Africa by 150 Oxford Street (PO Box 1139), Collingwood VIC 3066, 2010. Australia. – 511 p.
6. Evert Hoek Practical rock Engineering University of Toronto, 2006. Canada. – 342 p.
7. Dolgonosov V.N., Shpakov P.S., Nizametdinov F.K. i dr. Karerlik eristerdiń turaqtylyǵyn esepteýdiń analitikalyq tásilderi. – Qaraǵandy: «Sanat-Poligrafiiia» baspasy, 2009. – 332 p.
8. Nizametdinov F.K., Ojigin S.G., Ojigina S.B., Ojigin D.S. Qazaqstan karerleri erneýleriniń ornyqtylyǵyn monitoringteý // Marksheiderlik habarshy. 2013. – No. 3 (95). – pp. 18-23.
9. Vshivkova O.V. Atmosferanyń «geodeziialyq» jumys modeli týraly // joǵary oqý oryndarynyń jańalyqtary. Geodeziia jáne aerofototúsiririm. No. 5. – Moscow: MIIGAİK, 2005. – pp. 22-29.
10. Vshivkova O.V., Reshetilo S.I. Elektrondyq taheometriadaǵy tik refraktsiianyń áserin esepke alýdyń biriktirilgen ádisin engizý algoritmin jasaý // joǵary oqý oryndarynyń jańalyqtary. Geodeziia jáne aerofototúsiririm. Kólemi 62, no. 5. – Moscow: MIIGAİK, 2018, pp. 489-494.