

С.Н. Дилдабекова^{1,2*}, Г.Т. Исанова^{3,4}, Ж.Т. Раймбекова¹,
А.К. Мусина¹, М.К. Касенов²

¹Өл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

²ҚР ТЖМ “Қазселденқорғау” ММ, Қазақстан, Алматы қ.

³Ө.О. Оспанов атындағы Қазақ топырақтану және агрохимия ғылыми-зерттеу институты, Қазақстан, Алматы қ.

⁴Орталық Азия экология және қоршаған орта ғылыми-зерттеу орталығы, Қазақстан, Алматы қ.

*e-mail: dildabekovasim@gmail.com

ШІЛІК ӨЗЕНІ АЛАБЫНДАҒЫ МҰЗДЫҚТЫҚ-МОРЕНАЛЫҚ КӨЛДЕРДІ ИНВЕНТАРИЗАЦИЯЛАУ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ОРНАЛАСУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІН ТАЛДАУ

Қазіргі таңда Орталық Азия климаттық өзгерістер салдарынан орын алатын проблемаларды шешу міндеттеріне тап болып отыр. Температуралық фонның жоғарылауына байланысты белсенді термокарстық процестер жыл сайын мореналық көлдер саны мен олардың аудандарының ұлғаюына алып келеді. Мұздықтық-мореналық көлдер кешенінің қазіргі жағдайы жөніндегі және олардың инвентаризациясы мен жіктелері бойынша жеткілікті мәліметтердің болмауы алаптағы шаруашылықты жоспарлауда, қажетті құрылыс жұмыстарын жүргізуде, олардың ақтарылу салдарынан болатын апаттарға дайындық жұмыстарын және қауіптілікті бағалау мен оның зиянды салдарын азайту стратегияларын жүзеге асыруда кедергілер тудыратын факторлардың бірі болып табылады. Шілік өзені алабындағы мореналық көлдерді анықтау және айқындау жұмыстары Google Earth 9.x модулі, Жерді қашықтықтан зондау мәліметтері мен ГАЗ технологияларын пайдалану негізінде жүзеге асырылды. Мақалада Шілік өзені алабы бойынша соңғы жылдардағы ғарыштық түсірілімдерді дешифрлеу негізінде Күнгей және Іле Алатауы жоталарының орташа және биік таулы зоналарында орналасқан жалпы ауданы 5,71 км² құрайтын 143 көл анықталды. Сонымен қатар Жерді қашықтықтан зондау мәліметтері көл қазаншұңқырларының ауданын, олардың типтері мен орналасу ерекшеліктерін анықтауға мүмкіндік берді.

Түйін сөздер: мұздықтық-мореналық кешен, мореналық көлдерді инвентаризациялау, ГАЗ-технологиялары, Жерді қашықтықтан зондау мәліметтері, климаттық өзгерістер.

С.Н. Дилдабекова^{1,2*}, Г.Т. Исанова^{3,4}, Ж.Т. Раймбекова¹,
А.К. Мусина¹, М.К. Касенов²

¹Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

²ГУ “Қазселезащита” МЧС РК, Казахстан, г. Алматы

³Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии имени У.У. Успанова, Казахстан, г. Алматы

⁴Научно-исследовательский центр экологии и окружающей среды Центральной Азии, Казахстан, г. Алматы

*e-mail: dildabekovasim@gmail.com

Инвентаризация ледниково-моренных озер бассейна реки Шилик и анализ их пространственного распространения

На сегодняшний день перед Центральной Азией стоит задача решения проблем, связанных с изменением климата. В связи с повышением температурного фона активные термокарственные процессы приводят к ежегодному увеличению количества моренных озер и их площадей. Недостаточная информация о современном состоянии комплекса моренно-ледниковых озер, их инвентаризации и классификации является одним из факторов, препятствующих в планировании ведения хозяйства, проведению необходимых строительных работ, стратегии готовности к стихийным бедствиям, а также оценки возможного риска и стратегии смягчения их последствий. В данной работе идентификация и инвентаризация моренных озер в бассейне реки Шилик проведены на основе модуля Google Earth 9.x, дистанционного зондирования Земли и использования ГИС-технологий. На основе дешифрирования космических снимков последних лет в бассейне реки Шилик выявлено 143 озера общей площадью 5,71 км², расположенных в среднегорной и высокогорной зонах хребтов Күнгей Алатау и Іле Алатау. Кроме того, с помощью обработки данных дистанционного зондирования Земли удалось определить площадь озерных котловин, их типы, суб типы и особенности их расположения.

Ключевые слова: ледниково-моренный комплекс, инвентаризация моренных озер, ГИС-технологии, данные дистанционного зондирования Земли, изменение климата.

S.N. Dildabekova^{1,2*}, G.T. Issanova^{3,4}, Z.T. Raimbekova¹,
A.K. Mussina¹, M.K. Kassenov²

¹Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

²State agency "Kazselezashita" Ministry of Emergency Situations, Kazakhstan, Almaty

³U.U. Usmanov Kazakh Research Institute of Soil Science and Agrochemistry, Kazakhstan, Almaty

⁴Research Center for Ecology and Environment of Central Asia, Kazakhstan, Almaty

*e-mail: dildabekovasim@gmail.com

Inventory of moraine-glacial lakes of the Shilik river basin and analysis of their spatial distribution

Nowadays Central Asia faces the challenge of addressing the challenges posed by climate change. Due to the increase in the temperature background, the active thermocarial processes lead to an annual increase in the number of moraine lakes and their areas. Insufficient information on the current state of the glacial and moraine lakes complex and their inventory and classification is one of the factors hindering the planning of the farm, the necessary construction work, disaster preparedness and risk assessment strategies and mitigation strategies. Detection and identification of moraine lakes in the Shilik River Basin was carried out on the basis of Google Earth module 9.x, remote sensing of the Earth and the use of GIS technology. The article identifies 143 lakes with a total area of 5.71 km², located in the middle and high mountain zones of the Kungei and Ili Alatau ridges, based on the space imagery in recent years in the Shilik River basin. In addition, the data of remote sensing of the Earth allowed to determine the area of the lake basins, their types and location features.

Key words: glacial-moraine complex, moraine lakes, GIS, remote sensing, climate change.

Кіріспе

Физикалық-географиялық және экономикалық тұрғыдан алғанда жаһандық климаттың өзгерістері Орталық Азияға елеулі әсер етеді. Тау мұздықтарының деградациясы және мәңгі тоң қабаттарының қарқынды еруі – тез өзгеретін мұздық және перигляциалды ортада байқалатын жылынуудың айқын көрсеткіші болып табылады. Оның тікелей салдары ретінде мұздықтық-мореналық көлдердің көлемі мен санының артып келе жатқандығын айтуға болады. Ол өз кезегінде зерттеліп отырған аудандағы мұздықтық-мореналық көлдердің ақтарылуы (GLOF) мен гляциалды сел қауіпінің артуына, сонымен қатар орын алған қауіпті бағалау бойынша жүргізілетін ғылыми ізденістердің жандануына алып келді.

Солтүстік Тянь-Шаньның басты ерекшелігі оның көптеген ірі және белсенді тау жыныстары мен мұздықтары бар айқын перигляциалды аймағының болуында (Bolch, et al. 2011). Мұндай аймақта мұздықпен тікелей байланысы бар мореналық көлдер кеңінен таралған, олардың көл байламдары негізінен мореналық жыныстардан тұрады, ал мәңгі тоң мен көмілген мұздың еруі бұл жыныстардың бұзылуына және мореналық көлдердің ақтарылу қауіпін артуына алып келеді (Попов, 1986; Janský; Cemý.; Yerokhin; 2009; Bolch, et al., 2011).

Сел тасқындары антологиясында (Медеу; Баймолдаев; Киренская; 2016) гляциалды сел тасқындары кезінде көл ақтарылуы нәтижесінде қалыптасқан сел тасқыны параметрлері ығыспалы тізбектелген процестер әсерінен бірнеше есе артатындығы сипатталған. Мысал ретінде, 1963 жылы 15 шілдеде Есік өзені алабындағы Жарсай мұздығы маңындағы көлдің ақтарылуынан қалыптасқан сел тасқыны төменгі орналасқан Есік көлінің ақтарылуына алып келді. Сел тасқынының есептік параметрлері ретінде төмендегілерді көрсетуге болады: Көлдің бастапқы көлемі – 225 000 м³, сел өтімі – 10 000 м³/с және сел тасқынының көлемі – 5,8 млн м³ және айтарлықтай шығындар мен адам өліміне алып келген Қазақстандағы апатты сел тасқындарының бірі болып табылады (Medeu, Vlagoveshchenskiy, et al. 2019) (Yafyazova 2011).

Климаттың өзгеруіне байланысты Алматы облысының таулы аймақтарындағы мұздықтардың шегінуінің жалғасуы мұздықтық-мореналық көлдердің қалыптасуы мен олардың санының артуына, ал ол, өз кезегінде, қауіпті гляциалды сел тасқындарының белсенді көрініс беруіне ықпал етеді. Биік таулы аймақтағы мореналық көлдерді анықтау және айқындау бұл зонадағы қауіпті уақытылы бағалап, тиімді шешімдерді дер кезінде қабылдауға, яғни аумақта орналасқан

елді мекендер мен шаруашылыққа тигізетін зиянды салдарының алдын алуға және оны болдырмауға мүмкіндік береді.

Мұздықтық-мореналық көлдердің түзілуі, дамуы, көл байламының құрылымы, көл ауданының өзгеруі, жоғалуы және көл ақтарылуы әсері бойынша сипаттық айырмашылықтар кез келген аймақтағы мореналық көлдерді уақыт өте келе инвентаризациялау жұмыстарының жүргізілуін қажет етеді (Richardson; Reynolds, 2000; Mertes, et al., 2017; Nie, et al., 2013). Мұздықтық-мореналық көлдің ақтарылуы (GLOF), көлдерден үлкен көлемдегі судың кенеттен тасталуы көл байламының бұзылуынан немесе мұздықтың/жылжыма құбылыстары және нөсерлі жауын-шашын сияқты сыртқы факторлар ықпалы нәтижесінде пайда болады (Somos-Valenzuela, et al., 2015; Harrison, et al., 2018).

Жалпы Орта Азиядағы биік таулы көлдерді карта бетіне түсіру, инвентаризациялау және мониторингілеу бойынша түрлі әдістерге негізделген көптеген зерттеулер жүргізілген. Атап айтқанда, Тянь-Шань үшін жеке ауданы 2000 м²-денасатынкөлдердіңинвентаризациясыжасалып, ол 1990 және 2010 жылдар аралығындағы көлдердің саны мен олардың жиынтық ауданы сәйкесінше 22,5% және 2,9-16,7% ұлғайғандығы келтірілді (Wang, et al. 2013). Тарим өзені алабының (Қытай, Тянь-Шань) көлдеріндегі су жинақталуын бағалап, мұздықтардың жұқаруы мен теріс массалық баланстың байқалғанына қарамастан, мұздықтармен қоректенетін көлдер деңгейінің төмендеуі орын алғандығын және бұл сәйкессіздіктің ауыл шаруашылығы қажеттіліктері үшін судың алынуымен байланысты екендігін дәлелдейтін зерттеулер жүргізілді (Wang, et al. 2015). Сондай-ақ Іле Алатауындағы 132 көлдің қауіптілік деңгейін анықтауға бағытталған зерттеулер нәтижелері география және су қауіпсіздігі институты мамандарының еңбектерінде жарық көрген (Bolch, et al. 2011). Іле Алатауындағы мореналық көлдердің қауіптілігін анықтауға бағытталған жұмыстар өткен ғасырдың 1970 жылдардан басталып (Медеуов 1993) әлі күнге дейін өзектілігін жоғалтпады (Evans; Delaney; 2015). Сондай-ақ 1:100 000 масштабтағы КСРО топографиялық карталары мен Landsat кескіндерін дешифрлеу арқылы 1978-2011 жылдар аралығындағы Қорғас өзенінің (Қазақстан-Қытай трансшекаралық аумақ) су жинау алабындағы 48 көлдегі өзгерістер зерттелді (Медеу 2013). Бұл зерттеуде XX-XXI ғасырлардағы мұздықтарға жақын орналасқан

мореналардағы көлдердің саны мен жалпы ауданы ең үлкен өзгеріске ұшырағандығы, ал ескі мореналардағы көл сипаттамаларының аз өзгергендігі айқындалған. Зерттеу көлдер эволюциясының қарама-қарсы тенденцияларын салыстырмалы түрде шағын аймақта, әсіресе жас мореналарда орналасқан көлдерге қатысты байқалатындығын көрсетті. Кокарев, және т.б., (2011) Жетісу Алатауының оңтүстігіндегі мұздықтар аймағындағы соңғы онжылдықтағы өзгерістерді бағалап, жалпы ауданы 6 км² болатын 190 көл тізімін жаңартты, дегенмен бұл көлдердің таралуы мен эволюциясына талдау жасалмады.

Биік таулы аймақтағы мореналық көлдердің географиялық жағдайын, олардың табиғи режимі мен кеңістіктік таралуын, сел қаупі бар аймақтардағы халықтың тығыздығын және шаруашылық нысандардың болуын ескере отырып, табиғи апаттардың қаупін және олардың зиянды салдарын азайту, қауіптің алдын алу және болдырмау Алматы облысы әкімдіктерінің стратегиялық жоспарларында, Қазақстан Республикасы Төтенше жағдайлар министрлігінің және Үкіметінің құрылымдық бөлімшелерінің Жол карталарында негізгі міндет болып табылады.

Алматы облысы аумағындағы мореналық көлдердің таралуын және қауіптілік категориясын анықтау мақсатында мақалада Солтүстік Тянь-Шань сілемдеріне жататын тау жоталарындағы, яғни Іле және Күнгей Алатауында орналасқан Шілік өзені алабындағы мұздықтық-мореналық кешендер мен көлдер зерттелді.

Зерттеу ауданы

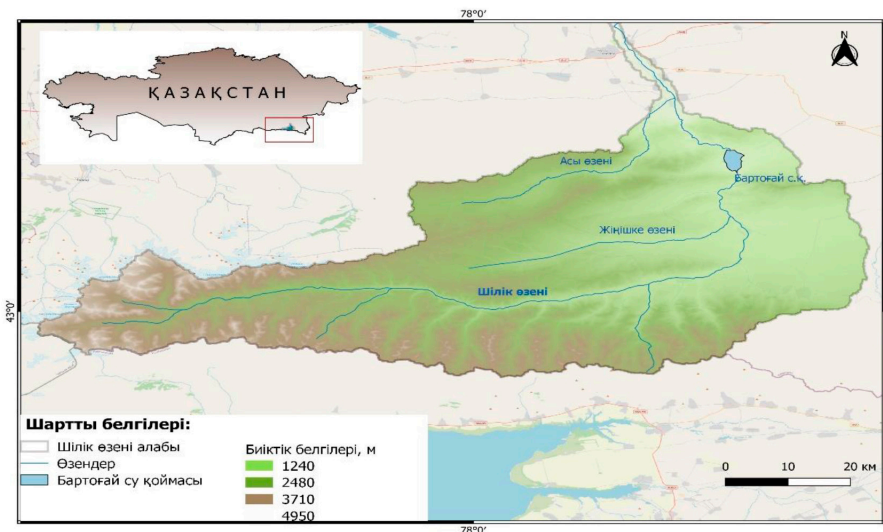
Шілік өзені алабы 42°40′-43°40′ ендік және 77°00′-79°00′ бойлық аралығында орналасқан, әкімшілік аумақтық бөлінісі бойынша Алматы облысының аумағына кіреді.

Шілік өзені – Іле өзенінің сол жақ саласы, ол Жаңғырық, оңтүстік-шығыс Талғар және оңтүстік Есік өзендерінің қосылуынан 3300-3500 м биіктікте орналасқан Іле және Күнгей Алатауы жоталарының Жаңғырық, Богатырь және Корженевский мұздықтарынан бастау алады.

Өзен ұзындығы Іле өзеніне құйғанға дейін 245 км, өзеннің су жинау алабы 4980 км² құрайды. Шілік өзен алабы Іле Алатауы жотасының оңтүстік-шығыс және Күнгей Алатауы жотасының солтүстік-батыс бөлігін алып жатыр. Жоғарғы ағысында өзен Іле Алатауының оңтүстік беткейлері мен Күнгей Алатауының

солтүстік беткейлері арасындағы терең аңғармен шығысқа қарай ағады. Жалаңаш ойпатына шығып, солтүстікке қарай күрт бұрылады, одан әрі Іле Алатауының аласа таулы сілемдерін

кесіп өтіп, Іле ойпатынан ары бір-бірінен 20 км қашықтықта орналасқан екі тармақпен (Күр-Шілік және Үлкен-Шілік) Іле өзеніне құяды (Семенов; Курдина. 1970) (сурет 1).



1-сурет – Шілік өзені алабының гидрографиялық картасы

Шілік өзенінің 70-тен аса салалары бар. Оның арасында Күнгей Алатауы жотасының солтүстік беткейінен ағып келетін кішігірім, бірақ суы көп салалары бар. Ол Талды, Құрметі, Көлсай, Қайыңды және Саты өзендері. Бұл өзендер ұзындықтары – 20-25 км, аудандары – 120-150 км², гидрологиялық режимі көктемгі-жазғы су тасқындары мен жылы кезеңдердегі су тасу фазасымен сипатталады.

Алаптың жоғарғы бөлігіндегі морфологиялық дамыған аңғарларда сел іздері байқалады. Шілік өзені аңғарының орта ағысы беткейлері әртүрлі жастағы сел шөгінділерінің ежелгі аккумуляциялық террасаларының үзінділерімен күрделене түседі (Семенов; Курдина. 1970).

Бастапқы мәліметтер және зерттеу әдістері

Мұздықтық-мореналық көлдерді инвентаризациялау – олардың кеңістіктік таралуын және уақыттық эволюциясын зерттеудің міндетті шарты болып табылады. Соның негізінде мұздықтық-мореналық кешендегі көлдердің ақтарылу қауіпін бағалауға болады. Мореналарда орналасқан көл шекаралары қашықтықтан зондтау мә-

ліметтері негізінде және Google Earth 9.x модулінің көмегімен кеңістікті кескіндеу мүмкіндігі жоғары суреттермен толықтырылған кескінді өңдеудің автоматтандырылған әдістері арқылы анықталды. Мореналық көлдерді инвентаризациялау жұмыстары ашық қолданыстағы <https://earthexplorer.usgs.gov> ресурсындағы Landsat-8 кескіндерінің негізінде жүзеге асырылды. Мұздықтық-мореналық кешендегі соңғы жылдардағы өзгерістерді қамту мақсатында 27.07.2021 ж. және 13.09.2021 ж. даталары бойынша Landsat-8 ғарыштық суреттері алынды (LC08_L2SP_149030_20210727_20210804_02_T1; LC08_L2SP_149030_20210913_20210924_02_T1). Қол жеткізілген суреттерді дешифрлеу үшін QGIS 3.16.16 бағдарламасы қолданылды. QGIS 3.16.16 бағдарламасындағы «Raster Calculator» құралының көмегімен су индекстері есептеліп, зерттеліп отырған аумақтағы мұздықтық-мореналық көлдер түгенделді.

Мұздықтық-мореналық көлдер инвентаризациялау үшін жартылай автоматты үш сатылы тәсіл қолданылды.

i) Бірінші кезеңде мұздық көлінің пикселдері су индексінің нормаланған айырмашылығы (NDWI) (Li; Sheng. 2012) есептеліп, содан кей-

ін алынған суретті сегменттеу және су пикселдерін алу үшін таңдалған сәйкес шектерді қолдану арқылы автоматты түрде карта бетіне түсірілді. Көрінетін спектрдегі су объектілерінің жоғары шағылысу принципі (жасыл толқын ұзындығында максимум) және жақын инфрақызыл толқын ұзындығында күшті сіңіру принципіне сүйене отырып, NDWI жасыл жолақтың (2-диапазон) және NIR диапазонының шағылысу кескіндерін пайдалана отырып, көл ауданы есептелді:

$$NDWI = (GREEN - SWIR) / (GREEN + SWIR) \quad (1)$$

Зерттеу жұмысында көлдердің су айдыны шекараларын анықтау үшін Landsat 8 ғарыштық түсірілімдерінің сәйкесінше 3 және 6 жолақтары пайдаланылды.

ii) Екінші кезеңде су объектілеріне ұқсас спектрлік сипаттамаларға ие мұздықтық-мореналық көлдер ретінде қате жіктелген тау көлеңкелері DEM негізіндегі бедерлік талдау арқылы жойылды. QGIS 3.16.16 жүйесіндегі кескін мәліметтерінің күн азимуты бұрышы мен күннің биіктігі туралы ақпаратты пайдалана отырып жасалған көлеңке маскасы тау көлеңкесіне байланысты кез келген жалған көлді жою үшін қолданылады (Richardson; Reynolds. 2000).

iii) Үшінші кезеңде жалған түсті композиттер, кеңістікті кескіндеу мүмкіндігі жоғары Google Earth 9.x модулі суреттері арқылы автоматты түрде алынған көл шекаралары тексеріліп және түзету жұмыстары жүргізілді. Көл байламының түрі, мұздықтан қашықтығы және көлдің мұздықпен байланысы жөніндегі салыстырмалы

түрде дәл ақпаратты алу мақсатында QGIS 3.16.16 өңделген суреттер және Google Earth 9.x модулі суреттерімен синхрондалды.

Нәтижесінде Шілік өзені алабындағы ауданы 0,001 км²-ден асатын мореналық көлдер алынып, әрбір көл нөмірленіп, жіктелді: көлдер инвентаризацияланды: №1-ден №143 көлге дейін нөмірлер берілді; көлдердің бойлық және ендік бойынша орналасуы анықталды; көлдердің орналасу биіктігі (м) анықталды; көл аудандары (км²) есептелді; мореналық көл қазаншұңқырларының орналасуы бойынша жіктелуі жасалынды; мореналық көлдің мұздықпен байланысы бойынша жіктелуі дайындалды. Сондай-ақ мұндай жұмыстар Іле Алатауы бойынша жасалғанымен, Шілік алабы үшін жасалынған алғашқы жұмыстардың бірі болып табылады.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау

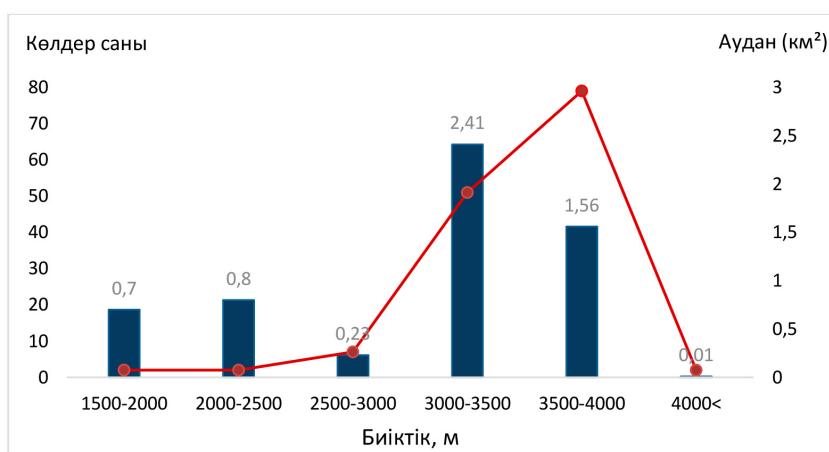
Көлдер инвентаризациясы. Шілік өзені алабындағы көлдерді қашықтықтан зондтау мәліметтері негізінде инвентаризациялау нәтижесінде олардың басым бөлігі Күнгей Алатауында орналасқандығы анықталды. Іле Алатауындағы көлдер саны – 38, ол алаптағы жалпы көлдер санының 26,6 % құрайды. Күнгей Алатауындағы жалпы көлдер саны – 105 көл, және мореналық көлдермен қатар бөгелмелі көлдер де есепке алынды. Бөгелмелі көл ретінде 10 көл айқындалды және бұл көлдер 1840-3240 м аралығындағы биіктік белдеулерінде орналасқан. 2-суретте Іле Алатауы мен Күнгей Алатауындағы көлдердің биіктік пен ендік бойынша орналасуы көрсетілген.



2-сурет – Шілік өзені алабындағы мореналық және бөгелмелі көлдердің географиялық ендік бойынша орналасуы

Шілік алабы бойынша 2021 жылы ғарыштық түсірілімдерді дешифрлеу арқылы 1 800-4 000 аса абс.м аралығын қамтитын Күнгей және Іле Алатауы жоталарында орналасқан көлдерді инвентаризациялау нәтижесінде көл ауданына да назар аударылды. Аталған аумақтағы көлдердің жалпы ауданы 5,71 км² құрады. Талдау барысында басым көлдер 3 500 ден 4 000 м аралығында орналасқандығын байқауға болады. Бұл биіктіктегі

көлдердің жалпы саны – 79, ол көлдердің жалпы санының 55,2% құрайды және мұнда орналасқан көлдердің жалпы ауданы 1,56 км² тең. 3 000-3 500 м биіктікте 51 көл (36 %) орналасқан, жалпы көл аудандары 2,41 км². Саны бойынша ең аз, яғни жалпы көлдердің 1,40% ғана құрайтын көлдер 1 500 ден 2 500-ге дейінгі және 4 000 метрден асатын биікте орналасқан және ол көлдердің аудандары сәйкесінше 0,8 км² құрайды (3-сурет).



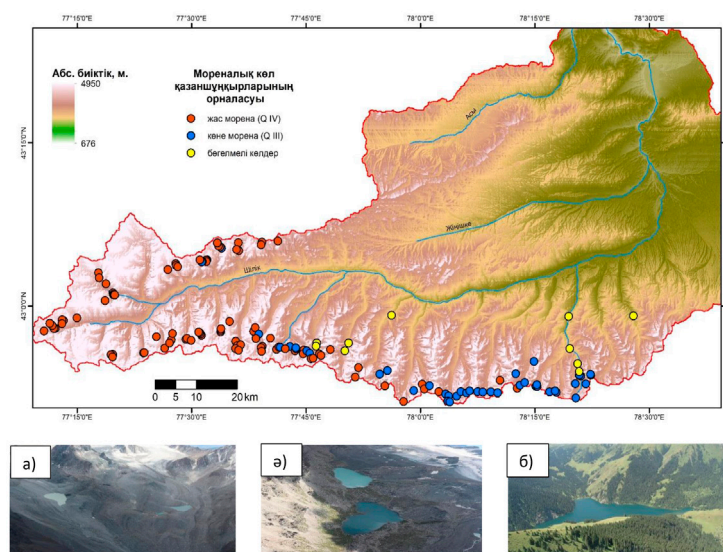
3-сурет – Мореналық көлдердің биіктік белдеу бойынша саны мен ауданының үлестірілуі

Көлдердің жіктелуі. Іле және Күнгей Алатауларының мореналық көлдерінің бірнеше жіктемелері бар. (Попов 1986) ұсынған жіктемеде көлдердің 4 түрі және 10 кіші типі: мұз үстінде орналасқан, мұздықпен жанасатын, мұздық-мореналық және мореналық (жаңадан пайда болған және көне мореналарда орналасқан) қарастырылған. Сондай-ақ (Медеуов 1993) өз еңбегінде мореналық көлдерді генетикалық және морфологиялық сипаттамаларына байланысты: термокарсты, мұздықпен жанасатын, морена арқылы бөгілген көлдерге жіктеп, оларды ақтарылу қаупінің деңгейіне байланысты типтендірді. Бұл жіктеме (Медеу 2013) жаңа мореналар, сондай-ақ ескі мореналарда түзілетін көлдерді ажырату және бөгілмелі көлдердің қосылуымен жаңартылды. 1986 жылғы Н.В. Попов және 1993 жылғы А.Н. Медеудің мореналық көлдерге қатысты жіктемесін Landsat кескіндерін дешифрлеу нәтижелерімен толықтыра отырып, (Karitsa, et al., 2017) көлдердің 4 типін айқындаған, олар 1 тип – мұздық тілдерімен тікелей байланысы бар көлдер, 2 тип – жаңадан 20-21 ғасырлардағы мореналарда пайда болатын мұздықпен жанама байланысы бар мореналық көлдер (әдетте 500 м. дейін), бұл көлдер мұздық тілімен

жанаспайды, 3 тип – ескі мореналық ойпандарда орналасқан мореналық көлдер және 4 типті – өзендер мен бұлақтарды тау жыныстарымен бөгеу нәтижесінде пайда болатын бөгілген көлдер.

Мореналық көлдерді инвентаризациялау барысында көл қазаншұңқырларының орналасу ерекшеліктері мен мұздықпен байланысы ескеріле отырып, қашықтан зондтау мәліметтерін дешифрлеу нәтижесінде Шілік алабы үшін көлдердің төмендегідей жіктемесі дайындалды.

Мореналық көл қазаншұңқырларының орналасу ерекшеліктері бойынша 3 тип ажыратылды: жас моренада орналасқан көлдер (Q_{IV}), көне моренада орналасқан көлдер (Q_{III}) және бөгілмелі көлдер (4-сурет). Жас мореналық көлдер зерттеліп отырған аумақтағы жалпы көлдердің 63% құрайды. Мұздықтардың деградациясы мен қарқынды еруі салдарынан, бұл көлдердің саны тұрақты түрде көбеюде. Көне мореналарда орналасқан көлдердің жалпы пайыздық үлесі 30%-ды құрайды. Ал бөгілмелі көлдердің ретінде 10 көл есепке алынды. Бөгілмелі көлдер XVIII-XIX ғғ. жер сілкіністері кезінде тау жыныстарымен ағындының бөгілу нәтижесінде пайда болған.

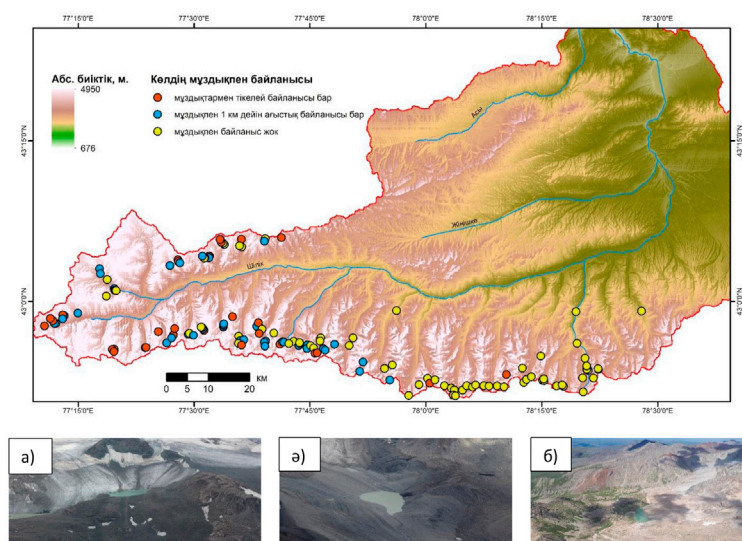


Ескерту: а) жас моренада орналасқан – № 50, 51, 52 көлдер; ә) көне моренада орналасқан – №84, 85 көлдер; б) бөгелмелі көлдер – Көлсай көлі

4-сурет – Шілік өзені алабындағы мореналық көл қазаншұңқырлары

Мореналық көлдердің мұздықпен байланысын ескеретін жіктемеде: мұздықпен тікелей байланысы бар, мұздықпен 1 км дейін ағыстық байланысы бар және мұздықпен байланысы жоқ көлдер болып бөлінді. Талдау нәтижесінде Шілік өзені алабындағы

мұздықпен тікелей байланысы бар көлдер 23%, сәйкесінше бұл көлдер көбінесе жас мореналарда орналасқан. Мұздықпен 1 км дейін ағыстық байланысы бар көлдер 27%, мұздықпен байланысы жоқ көлдер жалпы көлдердің 50% құрайды (5-сурет).



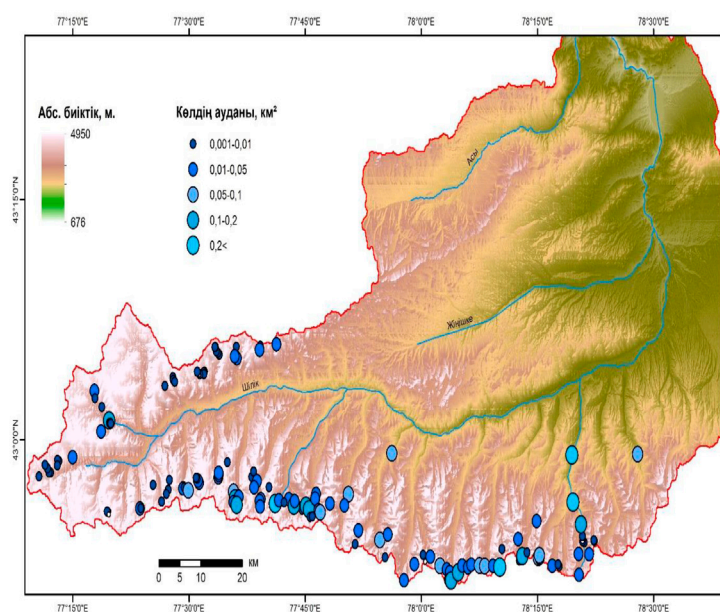
Ескерту: а) мұздықпен тікелей байланысы бар – № 86, 87 көлдер; ә) мұздықпен мұздықпен 1 км. дейін ағыстық байланысы бар – №52 көл; б) мұздықпен байланысы жоқ көлдер – №99 көл

5-сурет – Шілік алабындағы мореналық көлдердің мұздықпен байланысы бойынша жіктемесі

Беттік мұздықтық көлдердің апатты ақтарылу қаупінің негізгі сипаттық белгісі ретінде су беті айдыны ауданының ұлғаюы есебінен көл өлшемдерінің өсуін, көл байламын шайып кететіндей күшке ие мұздықтық ағынды мен көлдегі су температурасының көтерілуін қарастыруға болады. Сондықтан ақтарылу қаупін анықтайтын негізгі сипаттық белгі ретіндегі көл ауданы жөніндегі мәліметтерге 2021 жылғы Landsat кескінін дешифрлеу негізінде қол жеткізілді және ескере кететін жайт ауданы

0,001 км² кем болатын көлдер инвентаризациялау кезінде есепке алынғанымен, ауданын есептеу барысында ол көлдер ескерілмеді. Шілік өзені алыбындағы инвентаризацияланған көлдер ауданы бойынша төмендегідей градацияларға бөлінді: 0,001-0,01 км²; 0,01-0,05 км²; 0,05-0,1 км²; 0,1-0,2 км²; 0,2 км²ден асатын көлдер.

Ұсынылған градацияға сәйкес 0,001-0,01 км² аралығын қамтитын көлдер саны – 63, және ол зерттеліп отырған аумақтағы ең көп көл саны (6-сурет).



6-сурет – Шілік өзені алабындағы көлдердің аудан бойынша үлестірілуі

Төмендегі 1-кестеде Іле Алатауы мен Күнгеі бойынша бөлінуі және олардың пайыздық Алатауында орналасқан көлдердің типтері үлестері көрсетілген.

1-кесте – Көлдердің жіктелуі

Аумақ	Көл типі	Суб тип	Саны (% үлесі)	Жалпы ауданы (км ²) (% үлесі)	Орташа биіктігі (абс. м.)
Іле Алатауы	Мореналық көлдердің мұздықпен байланысы бойынша	мұздықпен тікелей байланысы бар	13 (34)	0,05 (13)	3854
		мұздықпен 1 км. дейін ағыстық байланысы бар	13 (34)	0,24 (65)	3747
		мұздықпен байланысы жоқ	12 (32)	0,08 (22)	3685
	Жалпы		38	0,37	3762

Іле Алатауы	Қазаншұңқырлардың орналасуы	жас моренада	35	0,36 (97)	3762
		көне моренада	3	0,01 (3)	3780
	Бөгелмелі көлдер		-	-	-
	Мұздықтағы көл	анықталмаған	-	-	-
	Жалпы		38	0,37	3771
Күнгей Алатауы	Мореналық көлдердің мұздықпен байланысы бойынша	мұздықпен тікелей байланысы бар	20	0,60 (11)	3710
		мұздықпен 1 км. дейін ағыстық байланысы бар	25	0,78 (15)	3528
		мұздықпен байланысы жоқ	60	3,96 (74)	3233
	Жалпы		105	5,34	3490
	Қазаншұңқырлардың орналасуы	жас моренада	51	1,59 (30)	3258
		көне моренада	40	1,99 (37)	3309
	Бөгелмелі көлдер		10	1,76 (33)	2581
	Мұздықтағы көл	анықталмаған	4	0,003 (0,06)	3978
	Жалпы		105	5,34	3281

Қорытынды

Мақалада Шілік өзені алабындағы мұздықтық-мореналық көлдердің алғаш рет инвентаризациясы жасалды. Шілік алабы бойынша 2021 жылғы ғарыштық түсірілімдерді дешифрлеу арқылы биіктік зоналары бойынша Күнгей және Іле Алатауы жоталарында орналасқан жалпы ауданы 5,71 км² құрайтын 143 көл анықталды. Су айдынының ауданы 0,001 км²-ден асатын көлдер алынып, олар бірнеше градацияға жіктелді.

Мұздықтық-мореналық көлдерді инвентаризациялау алаптағы шаруашылық салаларын жоспарлау, құрылыс имараттарын жобалау, мұздықтық-мореналық көлдердің ақтарылу нәтижесінде қалыптасатын гляциалды генезистегі сел тасқындарының алдын алу, оның зиянды салдарын төмендету және болдырмау мақсатында жүзеге асырылатын шараларды жос-

парлауда аса маңызды рөл атқарады. Сонда-ақ мореналық көлдердің орналасу биіктігі мен ауданы жөніндегі мәліметтер гляциалды сел қаупін бағалаудың басты критерийлері болып табылады. Мореналық көлдердің қазаншұңқырының орналасу ерекшеліктері мен олардың мұздықпен байланысы жыл сайынғы сел қауіпті кезеңде жүзеге асырылатын маршруттық және стационарлық зерттеулердің маңызды бөлігін құрайтын мореналық көлдердің жай-күйін анықтауда және алаптағы сел қауіптілігін бағалауда маңызды критерий ретінде қарастырылуы тиіс.

Жүзеге асырылған ғылыми зерттеу нәтижелері Қазақстан шегінде басқа да сел қауіпті өзен алаптарындағы биік таулы мұздықтық-мореналық көлдерді инвентаризациялау және сәйкесінше «ақтарылу қаупін» анықтау факторларын айқындауға әдіснамалық негіз ретінде пайдаланылуы мүмкін.

Әдебиеттер

- Bolch T., Peters J., Yegorov A., Pradhan B., Buchroithner M., Blagoveshchensky V. Identification of potentially dangerous glacial lakes in the northern Tien Shan // Nat. Hazards, №59(3). - 2011. – Б. 1691–1714. (DOI: 10.1007/s11069-011-9860-2)
- Evans S. G., Delaney K. B. Catastrophic Mass Flows in the Mountain Glacial Environment // Snow and Ice-Related Hazards, Risks and Disasters. - 2015. - Б. 563-606.
- Harrison S., Kargel J. S., Huggel C., Reynolds J., Shugar D. H., Betts R. A. Climate change and the global pattern of moraine-dammed glacial lake outburst floods // The Cryosphere. - 2018. - 12. – Б. 1195.
- Janský B., Cerný M., Yerokhin S. Mountain lakes of Kyrgyzstan with regard to the risk of their rupture // Geophysical Research Abstracts. - 2009. - Б. 11.

Kapitsa V., Shahgedanova M., Machguth H., Severskiy I., Medeu A. Assessment of evolution and risks of glacier lake outbursts in the Djungarskiy Alatau, Central Asia, using Landsat imagery and glacier bed topography modelling // *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* - 2017. – Б. 1837–1856.

Кокарев А. Л., Шестерова И. Н. Изменение ледниковых систем северного склона Заилийского Алатау во второй половине XX и начале XXI вв // *Лед и снег.* – 2011. – 4(116). – Б. 39-46.

Li J., Sheng Y. An automated scheme for glacial lake dynamics mapping using Landsat imagery and digital elevation models: a case study in the Himalayas // *Int. J. Remote Sens.*, 33. – 2012. – Б. 5194–5213.

Медеу А. Р., Баймолдаев Т. А., Киренская Т. Л. Селевые явления Юго-Восточного Казахстана: Антология селевых явлений и их исследования: Антология селевых явлений. – Алматы: Институт географии, 2016. – Б. 577.

Medeu A. R., Blagoveshchenskiy V. P., Gulyayeva T. S., Ranova S. U. Debris flow activity in trans-Ile Alatau in the 20th-early 21st centuries // *Geography and natural resources*, №40(3). – 2019. – Б. 292-298.

Медеу А. Р., Токмагамбетов Т. Г., Кокарев А. Л., Плеханов П. А., Плеханова Н. С. Гляциальные озёра бассейна реки Хоргос и оценка опасности их прорывов // *Лёд и Снег.* – 2013. - 53(3). – Б. 99-106.

Медеуов А., Колотилин Н. Ф., Керемкулов В. А. Сели Казахстана. – Алматы, – 1993. – Б.157.

Mertes J. R., Thompson S. S., Booth A. D., Gulley J. D., Benn D. I. A conceptual model of supra-glacial lake formation on debris-covered glacial based on GPR facies analysis // *Earth Surf. Process. Landforms.* 42. – 2017. – Б. 903-914.

Nie Y., Liu Q., Liu S. Glacial lake expansion in the central Himalayas by Landsat images, 1990-2010 // *PLoS One.* – 2013. – Б. 8
 Попов Н. В. Исследование озер гляциальной зоны юго-востока Казахстана с целью оценки возможности их прорывов и мониторинга селеопасности: Автореферат дисс. кандидата геогр. наук. – Алматы, 1986. – С. 97.

Richardson S. D., Reynolds J. M. An overview of glacial hazards in the Himalayas // *Quaternary International.* 65-66. – 2000. – Б. 31-47.

Семенов В. А., Курдина Р. Д. Ресурсы поверхностных вод СССР. Центральный и южный Казахстан. Выпуск. 2. Бассейн оз. Балхаш. Монография. Гидрометеиздат, 13-том. -1970. -Б. 646.

Somos-Valenzuela M. A., McKinney D. C., Byers A. C., Rounce D. R., Portocarrero C., Lamsal D. Assessing downstream flood impact due to a potential GLOF from Imja Tsho in Nepal // *Hydrology Earth System Science.* – 2015. – 19. – Б. 1401-1412.

Вилесов Е. Н. Изменение размеров и состояния ледников Казахстана за 60 лет (1955–2015 гг.) // *Лёд и Снег.* – 2018. -Б. 12.

Wang N., Wu H., Wu Y., Chen A. Variations of the glacier massbalance and lake water storage in the Tarim Basin, northwest China, over the period of 2003–2009 estimated by the ICESat-GLAS data // *Environmental Earth Sciences.* - 2015. - 74(3). – Б. 1-12. (DOI: 10.1007/s12665-015-4662-6)

Wang X., Ding Y., Liu S., Jiang, L., Wu K., Jiang Z., Guo W. Changes of glacial lakes and implications in Tian Shan, central Asia, based on remote sensing data from 1990 to 2010 // *Environmental Research Letters.* – 2013. – Б. 8. (DOI: 10.1088/1748-9326/8/4/044052)

Yafyazova R. K. Disastrous debris flows connected with glacial processes and defense methods against them in Kazakhstan. International Conference on Debris-Flow Hazards Mitigation: Mechanics, Prediction and Assessment, Proceedings, 2011. – Б. 1101-1110.

References

Bolch T., Peters J., Yegorov A., Pradhan B., Buchroithner M., Blagoveshchenskiy V. (2011) Identification of potentially dangerous glacial lakes in the northern Tien Shan // *Nat. Hazards*, №59(3). Pp 1691–1714. (DOI: 10.1007/s11069-011-9860-2)

Evans S. G., Delaney K. B. (2015) Catastrophic Mass Flows in the Mountain Glacial Environment // *Snow and Ice-Related Hazards, Risks and Disasters.* Pp 563-606.

Harrison S., Kargel J. S., Huggel C., Reynolds J., Shugar D. H., Betts R. A. (2018) Climate change and the global pattern of moraine-dammed glacial lake outburst floods // *The Cryosphere* 12. Pp 1195.

Janský B., Cerný M., Yerokhin S. (2009) Mountain lakes of Kyrgyzstan with regard to the risk of their rupture // *Geophysical Research Abstracts.* P 11.

Kapitsa V., Shahgedanova M., Machguth H., Severskiy I., Medeu A. (2017) Assessment of evolution and risks of glacier lake outbursts in the Djungarskiy Alatau, Central Asia, using Landsat imagery and glacier bed topography modelling // *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* Pp 1837–1856.

Kokarev A. L., Shesterova I. N. (2011) Izmenenie lednikovih system severnogo sklona Zailiiskogo Alatau vo vtoroi polovine XX inachale XXI vekov [Change of the glacier systems on thenorthern slope of Zailiyskiy Alatau for the second half of XX and the beginning of XXI centuries] // *Led i Sneg [Ice and Snow]*, 4(116). Pp 39–46.

Li J., Sheng Y. (2012)An automated scheme for glacial lake dynamics mapping using Landsat imagery and digital elevation models: a case study in the Himalayas // *Int. J. Remote Sens.*, 33. Pp 5194–5213.

Medeu A. R., Baymoldayev T. A., Kirenskaya T. L. (2016) Selevye yavleniya yugo-vostochnogo Kazakhstana: Antologia selevyh yavlenii [Mudflow phenomena of South-East Kazakhstan: Antology of mudflow phenomena and their research].-Almaty: Institut of Geography. P 577.

Medeu A. R., Blagoveshchenskiy V. P., Gulyayeva T. S., Ranova S. U. (2019) Debris flow activity in trans-Ile Alatau in the 20th-early 21st centuries // *Geography and natural resources*, №40(3). Pp 292-298.

Medeu A. R., Tokmagambetov T.G., Kokarev A. L., Plekhanov P. A., Plekhanova N. S., (2013) Glyisialnye ozera basseina reki Horgos I otsenka opasnosti ih proryvov [Glacial lakes in the Horgos river basin and their outbreak risk assessment] // *Led i Sneg [Ice and Snow]*, 53(3). Pp 99-106.

- Medeuov A.R., Kolotilin N. F., Keremkulov V. A. (1993) Seli Kazakhstana [Mudflows of Kazakhstan]. -Almaty. P 157.
- Mertes J. R., Thompson S. S., Booth A. D., Gulley J. D., Benn D. I. (2017) A conceptual model of supra-glacial lake formation on debris-covered glacial based on GPR facies analysis // *Earth Surf. Process. Landforms*. 42. Pp 903-914.
- Nie Y., Liu Q., Liu S. (2013) Glacial lake expansion in the central Himalayas by Landsat images, 1990-2010 // *PloS One*. P 8
- Popov N. V. (1986) Issledovaniye ozer gliatsialnoi zony yugo-vostoka Kazakhstana s tselyu otsenki vozmojnostu ih proryvov I monitoringa seleopasnosti [Study of lakes in the glacial zone of the south-east of Kazakhstan in order to assess the possibility of their outbursts and monitoring of debris flows]. Almaty. PhD Thesis, Institute of Geography. P 97.
- Richardson S. D., Reynolds J. M. (2000) An overview of glacial hazards in the Himalayas // *Quaternary International*. 65-66. P 31-47.
- Semenov B. A., Kurdina R. D. (1970) Resursy poverhnostnyh vod SSSR. Tsentralnyi I Yuzhnyi Kazakhstan. Vypusk 2. Bassein ozera Balkhash [Resources of surface waters of the USSR. Central and southern Kazakhstan. Release. 2. Lake basin Balkhash]. Monography. Gidrometeoizdat, Volume 13. P 646
- Somos-Valenzuela M. A., McKinney D. C., Byers A. C., Rounce D. R., Portocarrero C., Lamsal D. (2015) Assessing downstream flood impact due to a potential GLOF from Imja Tsho in Nepal // *Hydrology Earth System Science* 19. Pp 1401-1412.
- Vilesov E. N. (2018) Izmenenie razmerov i sostoyznii lednikov Kazakhstana za 60 let (1955-2015) [Changes in the size and condition of the glaciers in Kazakhstan for the last 60 years (1955-2015)] // *Led i Sneg [Ice and Snow]*. P 12.
- Wang N., Wu H., Wu Y., Chen A. (2015) Variations of the glacier massbalance and lake water storage in the Tarim Basin, northwest China, over the period of 2003–2009 estimated by the ICESat-GLAS data // *Environmental Earth Sciences* 74(3). Pp 1-12. (DOI: 10.1007/s12665-015-4662-6)
- Wang X., Ding Y., Liu S., Jiang, L., Wu K., Jiang Z., Guo W. (2013) Changes of glacial lakes and implications in Tian Shan, central Asia, based on remote sensing data from 1990 to 2010 // *Environmental Research Letters*. P 8. (DOI: 10.1088/1748-9326/8/4/044052)
- Yafyazova R. K. (2011) Disastrous debris flows connected with glacial processes and defense methods against them in Kazakhstan. International Conference on Debris-Flow Hazards Mitigation: Mechanics, Prediction and Asssment, Proceedings. Pp 1101-1110.