

**М.К. Бейсембекова**

әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан,  
E-mail: Mika.kydyrhan@gmail.com

## **ЖЕРСЕРІКТІ АЛЬТИМЕТРИЯ ДЕРЕКТЕРІН БАЛҚАШ КӨЛІ БОЙЫНША ЖЕРГІЛІКТІ ГИДРОЛОГИЯЛЫҚ ДЕРЕКТЕРМЕН САЛЫСТЫРУ**

**Аңдатпа.** RADS-тің альтиметриялық мәліметтер базасында әртүрлі уақыт аралықтары мен миссияларды қамтитын 12 спутниктен ақпарат бар. Балқаш көлі бойынша деректер базасынан барлығы 140 331 жеке деректер жазбасы алынды. Осы мәліметтер жиынтығынан кері шашырау коэффициенттері  $>13,5$  cdb және маңызды толқын биіктігінің нормаланған стандартты ауытқу қатесі  $>0,5$  м жазбалар жойылды.

Қалған 33 173 жазба 1990 жылдан 2021 жылға дейінгі кезеңдегі осы көлдегі толқындардың қасиеттерін жеткілікті түрде көрсетеді деп күтілуде.

Спутниктік ақпараттың дұрыстығын растау үшін Балқаш көлі ауданындағы гидрометеорологиялық станциялардан жергілікті өлшеулер немесе бақылаулар деректері алынды. «Қазгидромет» республикалық мемлекеттік кәсіпорнынан Балқаш көлі ауданында тек екі станция бөлінген. 1990-2021 жылдар аралығында Балқаш, Алғазы және Сарышаған станцияларынан желдің жылдамдығы туралы ақпарат алынды.

**Түйінді сөздер.** RADS-тің альтиметриялық мәліметтер базасы, толқын климаты, Rstudio, Maple

### **Кіріспе.**

Бұл мақалада Балқаш көлі аймағы бойынша жиналған барлық альтиметриялы ақпараттардың жергілікті гидрологиялық деректермен салыстырып, жерсерікті альтиметриялы деректердің дұрыстығын тексеру ұсынылған. Жұмыстың негізгі мақсаты алдағы зерттеу жұмыстары үшін сенімді, дұрыс альтиметриялы ақпарат көзін анықтау. Жиналған деректерден келесі ақпараттар шегерілді: Егер жерсеріктен келген кері шашырау көрсеткіші-  $b_{sk} >13.5$  және толқын биіктігінің орташа көрсеткішінің (SWH) нормаланған стандартты ауытқуындағы қателер  $SWH > 0,5$  м жоға болса, онда бұл деректер шынайы ақпарат болып саналмайды деп қабылданған [1]. Алайда бұл көлемі үлкен теңіздерге қойылған талап болғандықтан, біз зерттеуімізде екі жағдайды да қарастырып, салыстырып көрдік. Себебі кері шашырау коэффициенті жоғары болған сайын, ол биіктігі төмен толқындарға сәйкес келетінің байқауға болады.

### **Деректер мен әдістер.**

Осы мақалада келтірілген жерсерікті альтиметриялы ақпараттар радиолокациялы альтиметриялы деректер қоры-RADS (Radar Altimeter Database System) жүйесінен алынды (<http://rads.tudelft.nl/rads/data/authentication.cgi>). Альтиметриялы деректер қорында әртүрлі уақыт аралығы мен фазаларды қамтитын 12 жерсерік бар. Барлық жерсеріктен жалпы саны-140331 дерек алынып, кері шашырау көрсеткіші-  $b_{sk} >13.5$  және толқын биіктігінің орташа көрсеткішінің (SWH) нормаланған стандартты ауытқуындағы қателер  $SWH > 0,5$  м

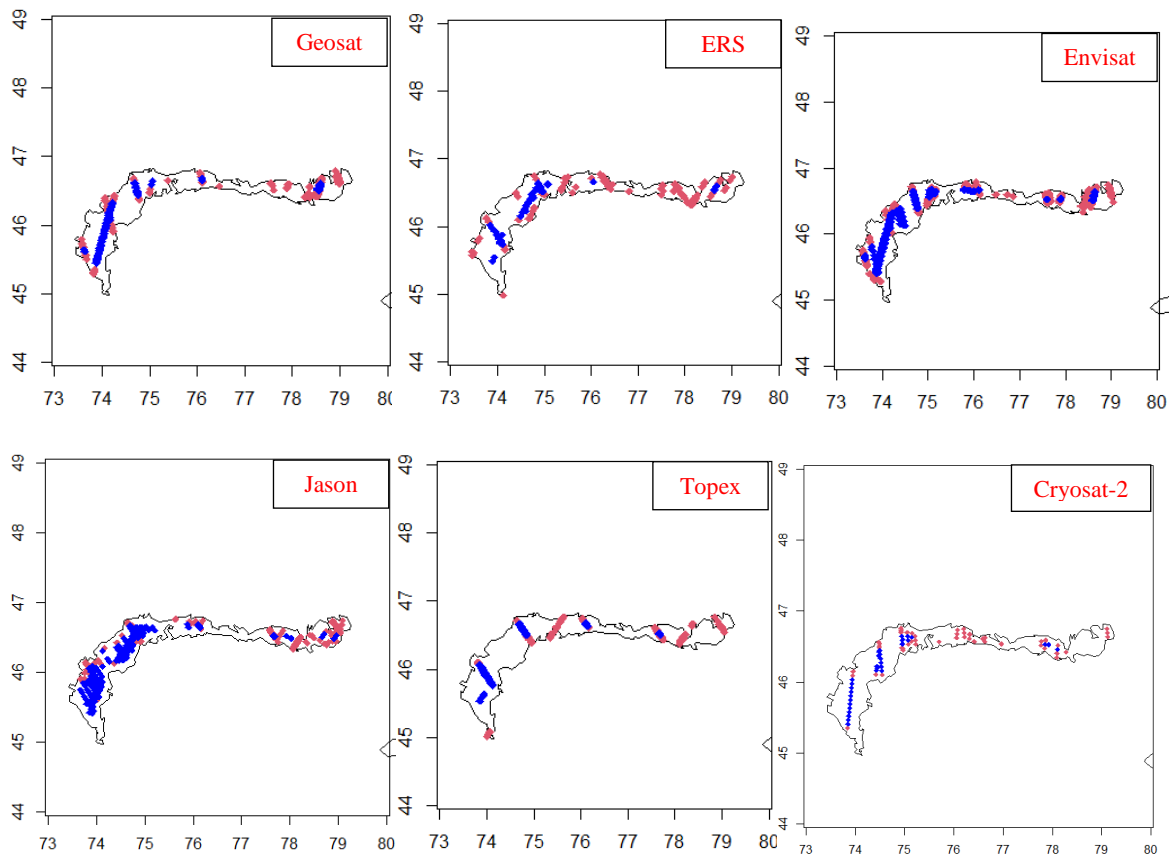
жоғары болған ақпараттар алынып тасталған кезде жалпы саны-33173 ақпарат іріктеліп алынды. RADS деректер қорындағы жерсеріктер Балқаш көліне тиісті 1990-2021 жж аралығындағы ақпараттарды қамтыды және осы жұмыста талданды (1-кесте).

1 кесте - Балқаш көлі аймағы бойыншы альтиметриялық ақпараттарды ұсынатын жерсеріктер тізімі

Жерсерік атауы	Фаза	Зерттеу уақыты	Талдау жиілігінің диапазоны
Cryosat-2	A	2010/07/16-2022/01/18	Ku
ERS-1	1. A 2. B 3. C 4. D 5. E 6. F 7. G	1. 1991/08/01-1991/12/14 2. 1991/12/14-1992/03/25 3. 1992/04/14-1993/12/20 4. 1993/12/24-1994/04/10 5. 1994/04/10-1994/09/28 6. 1994/09/28-1995/03/21 7. 1995/03/24-1996/06/02	Ku
ERS-2	A	1995/04/29-2011/07/04	Ku
Envisat	1. B 2. C	1. 2002/05/14-2010/10/22 2. 2010/10/26-2012/04/08	Ku, S
Geosat	1. A 2. B 3. Follow on	1. 1985/03/31-1986/09/30 2. 1986/11/08-1989/12/30 3. 2000/01/07-2008/09/17	Ku
Jason-1	1. A 2. B 3. C	1. 2002/01/15-2009/01/26 2. 2009/02/10-2012/03/03 3. 2012/05/07-2013/06/21	Ku, C
Jason-2	1. A 2. B	1. 2008/07/04-2016/10/02 2. 2016/10/13-2017/05/17	Ku, C
Jason-3		2016/02/12-2022/01/21	Ku, C
Saral	1. A 2. B	1. 2013/03/14-2016/07/04 2. 2016/07/04-2022/01/21	Ka
Sentinel-3A		2016/03/01-2022/01/21	Ku, C
Topex	1. A 2. B 3. No repeat	1. 1992/09/25-2002/08/11 2. 2002/09/20-2005/10/08 3. 2002/08/11-2002/09/20	Ku, C
Poseidon	A	1992/10/01-2002/07/12	Ku

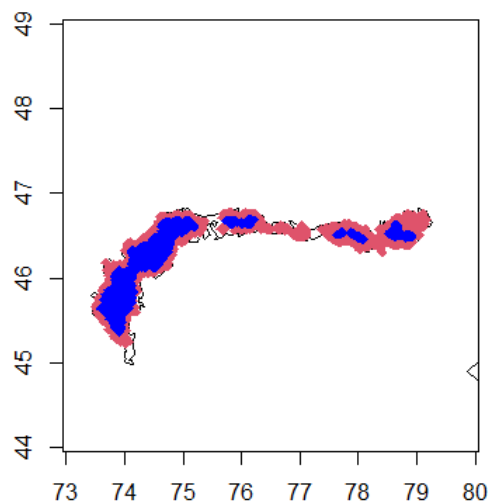
Зерттеу аймағы Балқаш көлі болғандықтан, солтүстік ендік бойынша 44-49°, ал шығыс белдеуі 73-80° координаталық аралығын қамтыды. Бұл жұмыста талдау жиілігі Ku-диапазонды құрайтын жерсеріктердің ақпараттары таңдалды. Saral спутнигінің талдау жиілігі Ka-диапазон болғандықтан, зерттеу жүйесінен бұл жерсерік шегерілді, ал ERS-1 спутнигінің E, F фазалары және Sentinel-3A спутнигі көрсетілген координата бойынша ешқандай ақпарат бермеді.

Зерттеу аралығы 1990-2021 жылдарды қамтығандықтан, алдымен сәйкес келетін жерсеріктердің Балқаш көлі бойынша траекториясы анықталды (1 сурет).



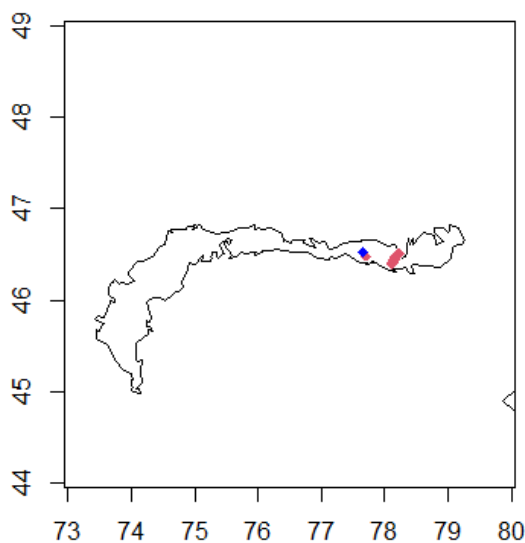
1 сурет - 1990-2021 жж аралығында Балқаш көлінің үстінен өтетін альтиметриялы жерсеріктердің трэк жолдары. Ендік у-өсінде, бойлық х-өсінде көрсетілген

Жиналған альтиметриялы ақпараттарды талдай отырып, бір жерсерік жылына 3-4 айда тек 1-рет зерттеу аймағынан өтетіні байқалды, және 1-суреттен көрсетілгендей, бұл жерсеріктер зерттеу аймағын толығымен қамтымайтын болған, ал Ka-диапазондағы ақпараттарды 2013 жылдан бастап беретін Saral-спутнигі (2-сурет).



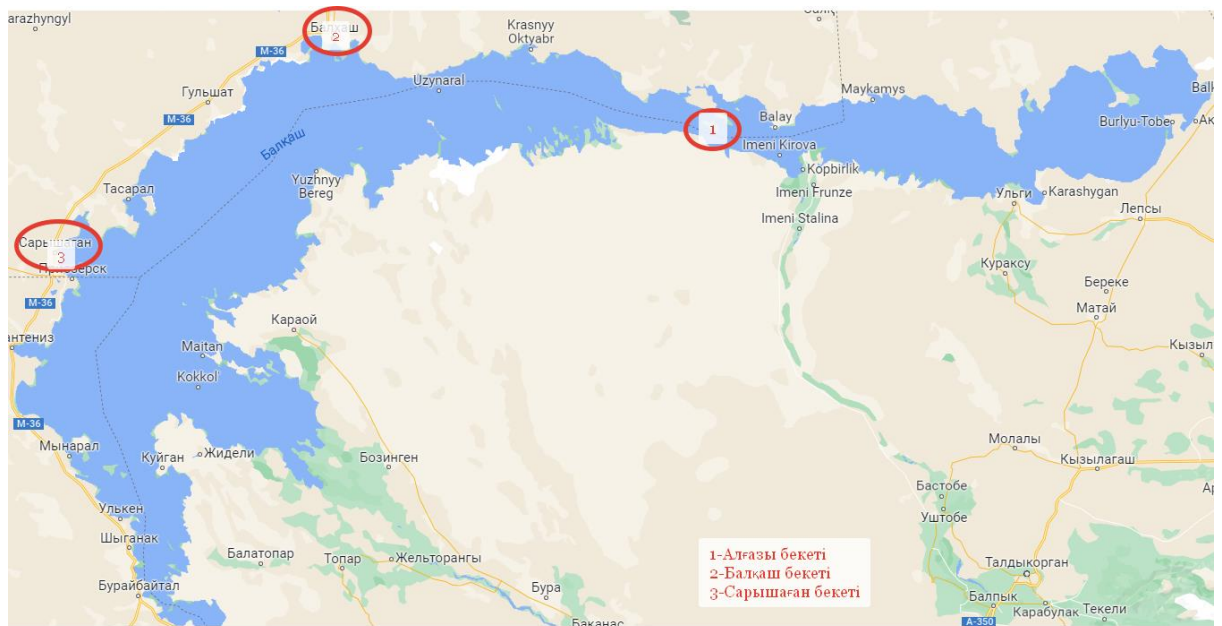
2 сурет - Saral- спутнигінің Балқаш көлінің үстінен өтетін трэк жолдары. Ендік у-өсінде, бойлық х-өсінде көрсетілген

1992-2002 жылдар аралығына тиісті альтиметриялы ақпараттарға ие Poseidon спутнигі керісінше зерттеу аймағының 1 % ғана қамтып, жылына мах 4 рет өтетін болған (3-сурет).



3 сурет - Poseidon- спутнигінің Балқаш көлінің үстінен өтетін трэк жолдары. Ендік у-өсінде, бойлық х-өсінде көрсетілген

Жерсеріктен келген ақпараттардың дәлдігін анықтау үшін, оларды жергілікті ақпараттармен салыстыру қажет. Балқаш көлінің маңайында гидрологиялық үш бекет бары анықталды (4-сурет).



4 сурет - Балқаш көліне тиісті гидрологиялық бекеттерінің геолокациясы

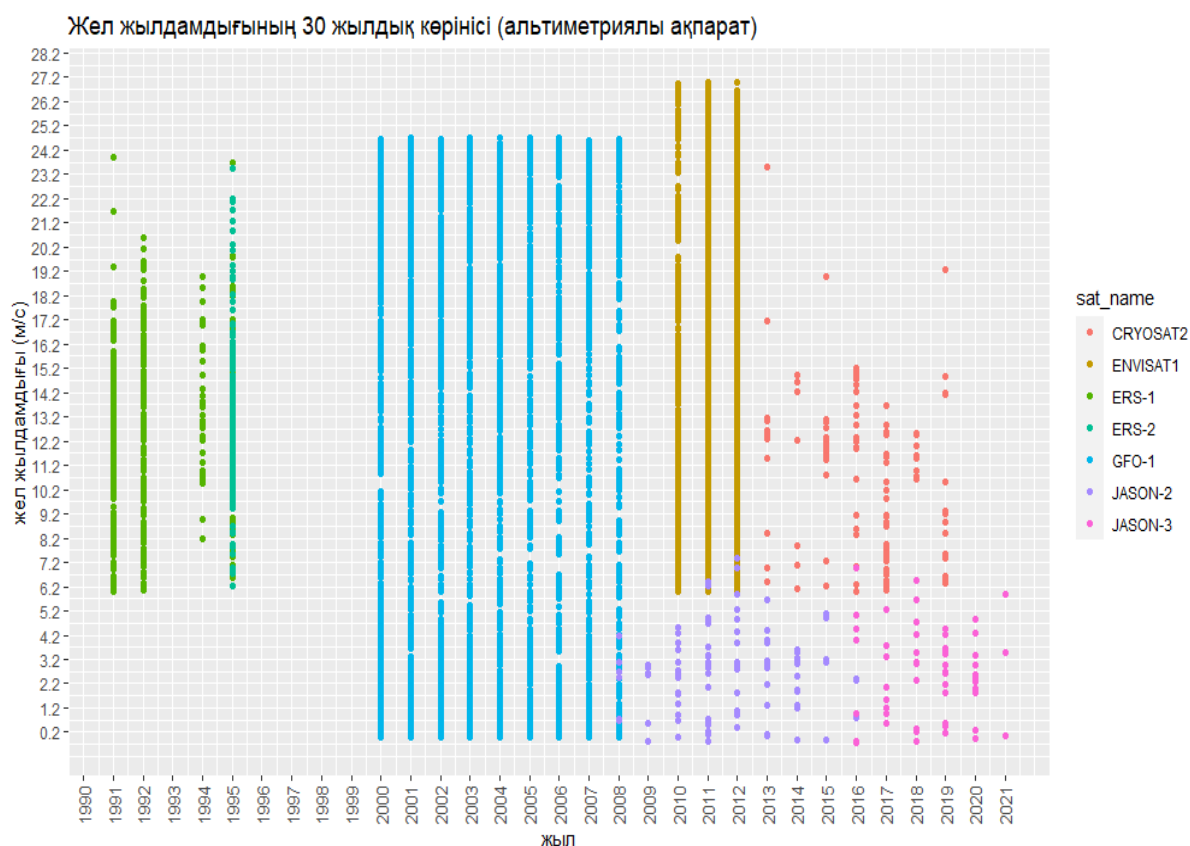
Балқаш, Сарышаған және Алғазы гидрологиялық бекеттеріне тиісті ақпараттар келесі кесте көрсетілген (2-кесте).

2 кесте - Осы жұмыста пайдаланылатын бақылау орындарының географиялық орналасу орыны мен уақыт интервалдары

№	Бекет атауы	Ендігі	Бойлығы	Қызмет жасау жылдары	Тиісті ұйым
1	Алғазы	46°32'59.5»N	76°50'23.3»E	1950-2014	«ҚАЗГИДРОМЕТ» РМК
2	Балқаш	46°50'37.3»N	74°58'45.9»E	1937-қазіргі уақытқа дейін	«ҚАЗГИДРОМЕТ» РМК
3	Сарышаған	46°07'04.7»N	73°36'38.1»E	1957-қазіргі уақытқа дейін	«ҚАЗГИДРОМЕТ» РМК

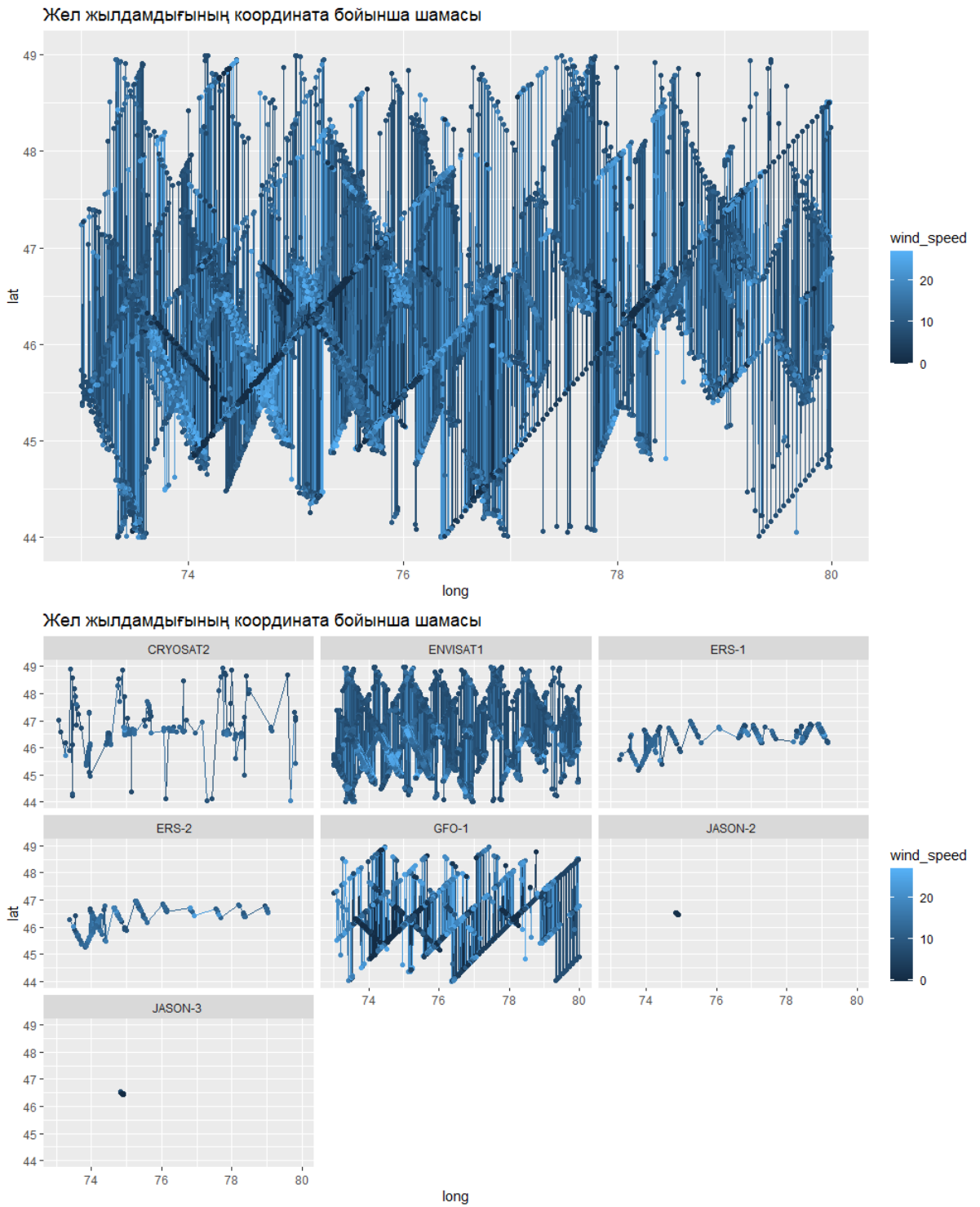
### Нәтижелер.

Жергілікті гидрологиялық бекеттер жел жылдамдығы туралы ақпараттарды қамтығандықтан, алдымен жерсеріктен келген ақпараттарды салыстырып көрдік. Салыстыру жұмыстары дәл болу үшін, бекет координаталарына тиісті жерсеріктік ақпараттар таңдалып алынды. Гидрологиялық бекеттер жел жылдамдығының күнделікті орташа мәнін тіркейтін болғандықтан, жерсеріктен келген ақпараттар да орташа мәнге келтірілді.

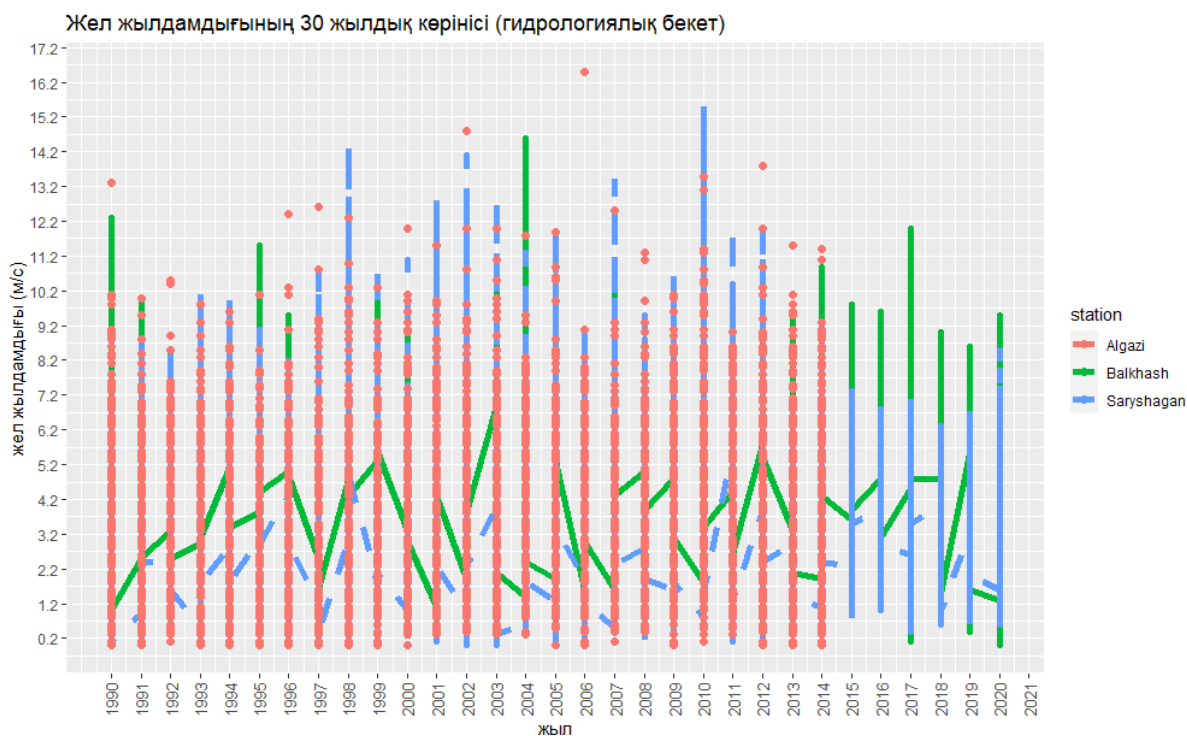


5 сурет - Алтиметриялы жерсеріктердің Балқаш көлі бойынша 30 жыл аралығындағы жел жылдамдығы туралы ақпаратты

Балқаш көлінің орталығы мен оңтүстік батысында желдің жылдамдығы 10 м/с-20 м/с аралығын қамтыса, аймақтың солтүстік бөлігі 0.2-10 м/с аралығына ие болған (6-сурет). Жергілікті гидрологиялық бекеттерден алынған ақпараттарға қарасақ, желдің жылдамдығы 0.2-17 м/с аралығын көрсетті. Көрсетілген сызбада Сарышаған бекетінен келген ақпараттардың қалған екі бекетпен салыстырғанда үлкен шамаға ие екенін байқауға болады, ол Сарышаған бекеті Балқаш көлінің оңтүстік батысында орналасқандықтан, жерсеріктен келген ақпаратқа сәйкестігін байқауға болады (7-сурет).



6 сурет - Альтиметриялы жерсеріктерден келген жел жылдамдығының координаталар бойынша таралуы



7 сурет - Балқаш көлі бойында орналасқан гидрологиялық бекеттердің жел жылдамдығының өлшемі

Алғазы аралында орналасқан гидрологиялық бекет 2014 жылы жұмысын тоқтатқандықтан, ақпараттар тек 1990-2014 жылдар аралығын қамтыды, ал көрсеткіштері Балқаш көлінің орталық бөлігі орташа жел жылдамдығына ие екендігін байқатады.

### Талқылау.

Берілген жұмыс шағын су көлемдерінің толқындық динамикасын зерттеудің соңғы жылдары көп қолданыс тауып жатқан жанама эксперименталды жолдарының бірі болып табылатын жерсеріктік альтиметрия мәліметтерін бағалауға арналған. Бүгінгі күнде толқындық динамика теориясы орташа және үлкен аймақты қамтитын су көлемдері (мұхит, теңіз) үшін жергілікті түрде зерттеліп, сәйкесінше жоғарғы дәлдікті физикалық және математикалық аналитикалық және сандық модельдер арқылы толықтырылуда. Алайда шағын су көлемдерінің, яғни көлдердің динамикасын модельдеуге арналған әлі күнге дейін тұшымды математикалық модельдердің болмауы, көптеген жайсыз оқиғалардың орын алуына себепкер болуда. Көлдердің толқындық динамикасын зерттеу көптеген адам өміріне қауіпті жағдайларды алдын алумен қатар, құрылыс объектілеріне зақым келтіретіндей жағалаудың шайылуы сияқты көптеген мәселелердің шешімін табуға ат салысатыны сөзсіз.

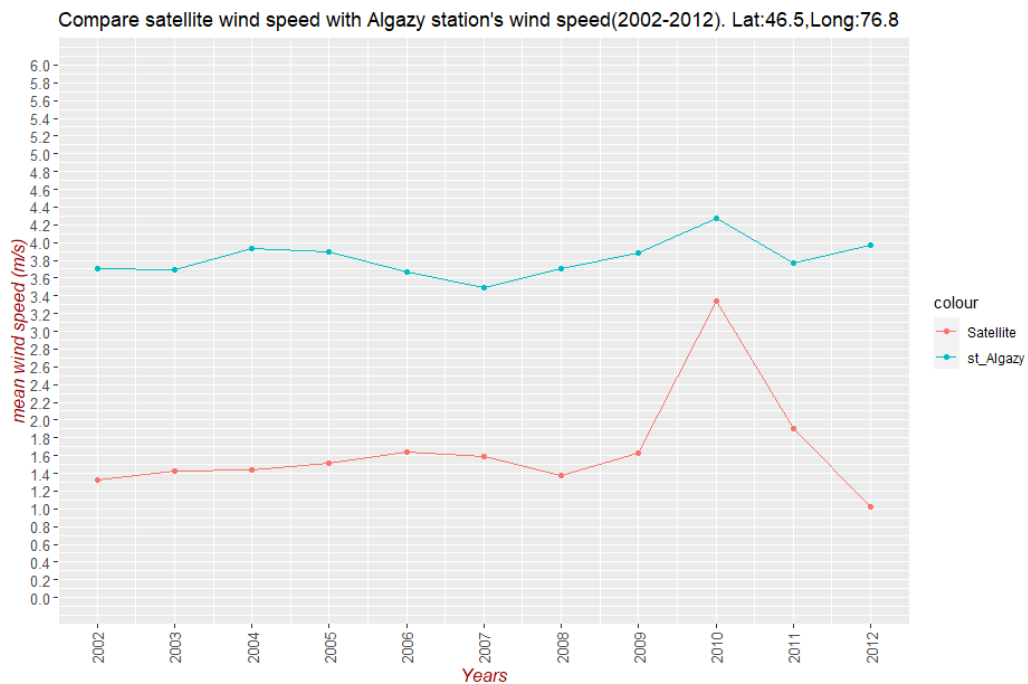
Зерттеме барысында мысал ретінде Балқаш көлі алынып, 10-нан астам серіктің 30 жылға жуық мәліметтеріне статистикалық анализ жасалды. Анализ жасау барысында жерсеріктік ақпараттар гидрологиялық бекет-станциялардың ақпараттарымен салыстырылып, жел жылдамдығының орташа мәндерінің әр түрлі уақыт диапазоны үшін вариациялары қарастырылды. Жасалған жұмыс нәтижесінде гидрологиялық бекеттер мен альтиметриялық деректер арасында кейбір жағдайларда үлкен айырмашылық бар екені анықталып, туындайтын айырмашылықтардың орын алу себеп-мүмкіндіктері туралы шашырау коэффициентінің мәні туралы, гидрологиялық бекет-станциялардың аздығы сияқты орынды болжамдар жасалды. Зерттеу жұмысы жоғары деңгейде жасалып,



шағын су көлемдерінің динамикасын зерттеу саласы үшін қазіргі кезде өте өзекті болып табылатын нәтиже, қорытындылар алынды.

### Қорытынды.

Альтиметриялы деректер қорынан жиналған ақпараттар мен жергілікті гидрологиялық бекеттен алынған ақпараттарды салыстыра келе, олардың арасындағы үлкен айырмашылықты байқауға болады (8-сурет). Бұл көрсеткіштерге бірнеше факторлар себепкер болуы мүмкін, яғни зерттеу аймағына тиісті альтиметриялы ақпарат санының жетіспеулігі және жел жылдамдығының орташа шамасының есепке алынуы уақыт интервалы бойынша үлкен қателікті беруі мүмкін. Екінші әсер етуші фактор ол зерттеу аймағының көлеміне де байланысты деген болжам бар, себебі бастапқы уақытта ақпараттарды сүзбеден өткізу кезеңінде қойылған талаптар мен шарттар үлкен теңіздерге тиесілі еді.



8 сурет - Альтиметриялы жерсеріктердің деректері мен жергілікті деректерді салыстыру

Салыстырмалы түрде алынған екі түрлі деректер көзінің арасында заңдылықты байқауға болады, бірақ шама көрсеткішінің әртүрлі болуы жылдық орташа көрсеткіштердегі үлкен айырмашылықтарға байланысты. Альтиметриялық деректер мен жергілікті деректердің арасындағы тәуелділік факторлары болашақта анықталып, 1990 жылдан 2021 жылға дейінгі кезеңдегі осы көлдегі толқындардың қасиеттерін жеткілікті түрде көрсетеді деп күтілуде.

## ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Soomere T. Anisotropy of wind and wave regimes in the Baltic Proper, *J. Sea Res.*, 2003, V. 49, no 4, pp. 305–316.
- [2] Soomere T. Extremes and decadal variations of the northern Baltic Sea wave conditions, *Extreme Ocean Waves*, Amsterdam: Springer Netherlands, 2008, pp. 139–157.
- [3] Soomere T. Wind wave statistics in Tallinn Bay, *Boreal Env. Res.*, 2005, V. 10, no 2, pp. 103–118.
- [4] Soomere T., Behrens A., Tuomi L., Nielsen J.W. Wave conditions in the Baltic Proper and in the Gulf of Finland during windstorm Gudrun, *Natural Hazards & Earth System Sci.*, 2008, V. 8, no 1, pp. 37–46.
- [5] Soomere T., Räämet A. Decadal changes in the Baltic Sea wave heights, *J. Mar. Syst.*, 2014, V. 129, pp. 86–95.
- [6] Sterl A., Caires S. Climatology, variability and extrema of ocean waves: The Web-based KNMI/ERA-40 wave atlas, *Int. J. Climatol.*, 2005, V. 25, no 7, pp. 963–977.
- [7] SWAN SourceForge. URL: <http://swanmodel.sourceforge.net> (Accessed: 04.01.2014).
- [8] WAMDI Group: Hasselmann S., Hasselmann K., Bauer E. et al.
- [9] The WAM Model — a Third Generation Ocean Wave Prediction Model, *J. Phys. Oceanogr.*, 1988, no 18, pp. 1775–1810.
- [10] Zaitseva-Pärnaste I., Suursaar Ü., Kullas T. et al. Seasonal and long-term variations of wave conditions in the northern Baltic Sea, *J. Coast. Res.*, 2009, V. SI 56, pp. 277–281.
- [11] Ветер и волны в океанах и морях. Справочные данные. / Ред. И.Н. Давидан, Л.И. Лопатухин, В.А. Рожков. Л.: «Транспорт», 1974. 359 с
- [12] Лопатухин Л.И., Бухановский А. В., Иванов С.В., Чернышева Е.С. Справочные данные по режиму ветра и волнения Балтийского, Северного, Черного, Азовского и Средиземного морей // Российский Морской Регистр Судоходства. 2006. 450 с

**Beisembekova Meruert**, doctoral student, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, [Mika.kydyrxan@gmail.com](mailto:Mika.kydyrxan@gmail.com)

## COMPARISON OF SATELLITE ALTIMETRY DATA WITH LOCAL HYDROLOGICAL DATA FOR LAKE BALKHASH

**Abstract:** The RADS altimetric database contains information from 12 satellites covering various time intervals and missions. A total of 140,331 single data records were received from the database for the Lake Balkhash. From this data set, records with the backscatter coefficients  $>13.5$  cdb and an error of the normalized standard deviation of the significant wave height  $>0.5$  m were removed.

The remaining 33,173 records are expected to adequately reflect wave properties in this lake for the period from 1990 to 2021.

To confirm the reliability of satellite information, locally measured or observed data from hydrometeorological stations in the Lake Balkhash region were retrieved. Only two stations in the area of Lake Balkhash have been identified from the national state enterprise «Kazhydromet». Information on wind speed was obtained from Balkhash, Algazy and Saryshagan stations for the period of 1990 to 2021.

**Keywords.** The RADS altimetric database, wave climate, Rstudio, Maple.

**Бейсембекова Меруерт**, докторант, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан, [Mika.kydyrhan@gmail.com](mailto:Mika.kydyrhan@gmail.com)

## СРАВНЕНИЕ ДАННЫХ СПУТНИКОВОЙ АЛЬТИМЕТРИИ С МЕСТНЫМИ ГИДРОЛОГИЧЕСКИМИ ДАННЫМИ ПО ОЗЕРУ БАЛХАШ

**Аннотация.** Альтиметрическая база данных RADS содержит информацию с 12 спутников, охватывающую различные временные интервалы и миссии. Всего из базы данных по озеру Балхаш получено 140 331 одиночная запись данных. Из этого набора данных были удалены записи с коэффициентами обратного рассеяния  $>13,5$  cdb и ошибкой нормированного стандартного отклонения значимой высоты волны  $>0,5$  м.

Ожидается, что остальные 33 173 записи будут адекватно отражать свойства волн в этом озере за период с 1990 по 2021 год.

Для подтверждения достоверности спутниковой информации были получены данные местных измерений или наблюдений с гидрометеорологических станций в районе озера Балхаш. От республиканского государственного предприятия «Казгидромет» выделены только две станции в районе озера Балхаш. Информация о скорости ветра получена со станций Балхаш, Алгазы и Сарышаган за период с 1990 по 2021 год.

**Ключевые слова.** Альтиметрическая база данных RADS, волновой климат, Rstudio, Maple.

\*\*\*\*\*