

ӘОЖ 551.5(574.42)

Н.Н. Абаев^{1,2}
Ш.Е. Турашов^{1,2}
Геогр. ғылымд. кандид., доцент А.С. Нысанбаева²
К.М. Болатов^{1,2}

**СОЛТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН ОБЛЫСЫНЫҢ АСТЫҚ
ДАҚЫЛДАРЫНЫҢ ӨНІМДІЛІГІН БАҒАЛАУДА ЖЕРДІ
ҚАШЫҚТЫҚТАН ЗОНДЫЛАУ ДЕРЕКТЕРІН ПАЙДАЛАНУ**

Түйін сөздер: вегетациялық кезең, вегетациялық индекс, өсімдік күйінің индексі, ГТК, топырақ жамылғысының өнімді ылғалдылық қоры

Мақалада астық дақылдарының өнімділігін бағалау үшін жерді қашықтықтан зондылау деректері қолдану мүмкіндігі көрсетілген. Жұмыс Америка Құрама Штаттарының NASA агенттігінің Terra жасанды жер серіктерінің 8 күндік түсірілімдері және жер беті метеостанциялары мәліметтерінен алынған предикторларға сүйене отырып жүргізілді. Жұмыс барысында Солтүстік Қазақстан облысының аудандары бойынша көп өлшемді регрессия теңдеулері құрастырылып 2018, 2019 жылдар үшін астық дақылдарының өнімділігі болжанып, жерсеріктік мәліметтерді пайдаланудың мүмкіншілігі анықталды. Құрастырылған теңдеулермен жүргізілген болжау жұмысарының нәтижесінде 2018 жылға берілген болжамның орташа салыстырмалы қателігі 1,6 ц/га немесе 9 % болды, ал 2019 жылға берілген болжамның салыстырмалы қателігі 2,2 ц/га немесе 12 % тең болды.

Кіріспе. Ел экономикасын дамытудың және әлеуметтік тұрақтылықты қамтамасыздаудың аса маңызды шарттарының бірі ауыл шаруашылығы алқаптарын тиімді пайдалану және оны ұтымды басқару болып табылады. Қазақстан Республикасы әлемдік астық өндіруші мемлекеттердің қатарында болғандықтан, ауыл шаруашылығы саласында

¹ «Қазгидромет» РМК, Алматы қ., Қазақстан

² әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы қ., Қазақстан

жаңа технологияларды еңгізу және пайдаланудың маңыздылығы күнен күнге артуда [2].

Мемлекеттік агроөнеркәсіптік бағдарламаларды жүзеге асырудағы маңызды рөл еліміздің астық алқабына – солтүстік өңірлерге (Солтүстік Қазақстан облысы, Ақмола облысы, Қостанай облысы, Павлодар облысы) беріледі, онда дәнді дақылдарға миллиондаған гектар жер аумақтары бөлінген [2].

Климаттық ресурстар ауыл шаруашылығының даму жағдайын анықтайтын негізгі табиғи факторлардың бірі болып табылады.

Ауыл шаруашылығын дамыту агроклиматтық ресурстарды мұқият есепке алу негізінде оның салаларын аумақ бойынша ұтымды бөлуді талап етеді. Агроклиматтық жағдайларды есепке алу нақты аумақ климатының ауыл шаруашылығы дақылдарының талаптарына сәйкестігін анықтауға мүмкіндік береді.

Климат пен ауа-райын қоршаған орта шарты ретінде қарастыра отырып, агрометеорологиялық жағдайлардың ауыл шаруашылығы дақылдары өнімділігінің өсуімен, дамуымен және қалыптасуымен үйлесуін бағалау қажет. Бұл ретте ауа райы жағдайы туралы білім жеткіліксіз, сонымен қатар, мәдениеттің орта факторларына деген қажеттілігін ескеру қажет. Қазақстан аумағында, дәнді дақылдар өнімділігінің ауа райы факторларына бағыныштылығын көптеген авторлар жан-жақты зерттеген [1].

Қазіргі уақытта, жерді қашықтықтан зондылаудың заманауи құрылғылары ауылшаруашылық алқаптарының жағдайы туралы жедел және нақты мәліметтермен сапалы мониторинг жүргізуді қамтамасыздайды [9]. Осы тұрғыда Америка Құрама Штаттарының NASA агенттігінің Terra, Aqua, Landsat және Sentinel секілді жасанды жер серіктерінің тұрақтыәрі ұзақ мерзімді жұмыс атқаруы нәтижесінде күнделікті бақылаулардың көпжылдық мәліметтер қатарын қолдануға мүмкіндік берді [11, 13, 16, 17]. Көптеген ғалымдар өсімдік жамылғысының жерсеріктік бақылауларын және статистикалық мәліметтерін, жер беті метеорологиялық мәліметтерімен бірге пайдалану арқылы дақылдар жағдайының оперативті мониторингісі және өнімділікті болжауды жоғарылату технологиясын құрастыруда жұмыстар атқарып, айтарлықтай нәтижелерге жеткен [5].

Берілген жұмыста Жерді қашықтықтан зондылау деректерін жербеті мәліметтерімен пайдалана отырып Солтүстік Қазақстан облысы аудандарының астық дақылдары өнімділігін бағалау жүргізілді.

Зерттеудің нысаны және мәліметтері. Солтүстік Қазақстан облысы (СҚО) – Республикамыздың ірі астық дақылдарын өндіруші аумағы. Облыстың климаты географиялық орналасуына байланысты континенталды болып табылады. Ұзаққа созылатын суық қыс, қысқа мерзімді ыстық жаз, біркелкі таралмаған ылғалдану, құбылмалы аралық мерзімдермен сипатталатын аумақта астық дақылдары өнімділігінен көрініс табады.

Зерттеу барысында Солтүстік Қазақстан облысының (СҚО) аудандары бойынша «Қазгидромет» РМК бақылау желісінің 2000...2019 жж. аралығындағы метеорологиялық мәліметтері және аудан бойынша орташаланған дәнді дақылдар өнімділігі (ц/га) жинақталды. Метеорологиялық мәліметтер ретінде орташа тәуліктік ауа температурасы (Т), жауын шашын мөлшері (R), ауа ылғалдылығы тапшылығы (DEF), 0...100 см аралығындағы топырақ ылғалдылығы қоры (Z) пайдаланылды. Жасанды жер серіктік мәліметтер ретінде Terra жерсерігінің MODIS спектрорадиометрімен алынған [6] 8-күндік MOD09A1 композиттері қолданылады [3, 15].

Жер серіктік мәліметтерді өңдеу және есептеу жұмыстары ArcMap 10,2 геоаппараттық жүйесінде жүргізілді. Сурет 1-де СҚО аудандарының аумақтары және жер беті метеорологиялық станцияларының орналасу орындары берілген.

Зерттеудің әдістері. Зерттеу барысында қазіргі кезде кең қолданылатын агроклиматтық индекстер қолданылды.

Ең танымал және жиі қолданылатын вегетациялық индекс – NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) [7, 8]) өткен ғасырдың 80-жылдарының басында ұсынылған [14]. NDVI есептеу жолы келесідей:

$$NDVI = \frac{NIR - VIS}{NIR + VIS}, \quad (1)$$

мұндағы, VIS, NIR – электромагниттік спектрдің көрінетін қызыл және инфрақызыл диапазондарындағы төсеме бетінің шағылысу қабілеті [9].

Вегетация күйінің индексі (VCI) интегралды болып табылады, яғни өсімдік жамылғысының ағымдағы жай-күйін ғана емес, сонымен қатар орташа, ең төменгі және ең жоғары көпжылдық көрсеткіштерді де ескереді. Осы көрсеткіштің негізгі мақсаты-вегетацияның ағымдағы жағдайларын сапалық деңгейде бағалау: нормадан төмен немесе осы кезең үшін орташа көпжылдық мәндерден жақсы. VCI-тің өзгеру динамикасы, мысалы, құрғақшылықтың басталуын қадағалауға және оның таралу аймағын анықтауға мүмкіндік береді [10, 12].



Сур.1. СҚО аудандарының аумағы.

Ауыл шаруашылығы дақылдарына метеорологиялық факторлардың әсерін бағалау үшін, кең қолданысқа ие Г.Т. Селяниновтың гидротермикалық коэффициенті (ГТК) пайдаланылды. ГТК келесі формуламен анықталды:

$$\text{ГТК} = \frac{\sum P}{0,1 \sum T}, \quad (2)$$

мұндағы, $\sum P$ – белгілі бір уақыт аралығындағы жауын-шашын мөлшері (мм), $\sum T$ – сол уақыт аралығындағы ауа температурасы соммасы [9]. ГТК есептеу барысында тек орташа тәуліктік ауа температурасы 10°C -тан жоғары болған жағдайлар алынады.

Зерттеу барысында ауыл шаруашылығы алқаптарынан тыс, өзге объектілердің әсерін азайту үшін, жоғарыда аталған аудандардың векторлық пішіндері дайындалып, тек алқаптарға тән NDVI индекстерінің көрсеткіштері алынды. Вегетациялық мерзім бойынша жылу және ылғал қорымен қамтамасыздығын бағалау үшін маусым айының 1-декадасынан бастап жинақталған көрсеткіштер есептелінді.

Метеорологиялық бақылаулармен қамтамасыз етілмеген аудандар бойынша жақын орналасқан станциялар мәні алынды. Алайда, Метеорологиялық станциялардағы бақылаулар тек сол аумаққа ғана репрезентативті болғандықтан, үлкен аумаққа бірнеше (3 станция)

метеорологиялық станция мәндерінің орташаланған көрсеткіштері пайдаланылды.

Астық дақылдарының өнімділігін бағалауда пайдаланылған болжамдық предикторлардың тізімі:

- NDVI – вегетациялық индекс (егіс алқаптары бойынша);
- VCI – өсімдік күйінің индексі (егіс алқаптары бойынша);
- ГТК – Гидротермикалық коэффициент;
- Σ ГТК – жинақталған ГТК;
- ЗГТК – 3-метеостанция бойынша ГТК-нің орташа мәні;
- Σ ЗГТК – 3-метеостанция бойынша жинақталған ГТК;
- Z – топырақтағы өнімді ылғал қоры (0...100 см);
- Σ Z – жинақталған топырақтағы өнімді ылғал қоры;
- ЗZ – 3-метеостанция бойынша топырақтағы өнімді ылғал қорының орташа мәні;
- Σ ЗZ – 3-метеостанция бойынша жинақталған топырақтағы өнімді ылғал қоры;
- DEF – ауа ылғалдығы тапшылығы;
- Σ DEF – жинақталған ауа ылғалдылығы дефициті;
- ЗDEF – 3-метеостанция бойынша ауа ылғалдығы тапшылығының орташа мәні.
- Σ ЗDEF – 3-метеостанция бойынша жинақталған ауа ылғалдығы тапшылығы.

Нәтижелер және талқылау. Жоғарыда келтірілген болжамдық предикторлармен астық дақылдары арасындағы корреляциялық байланыс әрбір аудан бойынша анықталды. Аудандардың физика-географиялық орналасуына және агроклиматтық ресурстарына байланысты болжамдық предикторлардың корреляциялық байланысы әркелкі. 1-ші кестеде Айыртау ауданы бойынша вегетациялық кезеңнің әрбір 8-күндігіне сәйкес предикторлардың астық дақылдарымен байланысы келтірілген.

Ең тығыз байланыстар (0,40...0,80 шегінде корреляция коэффициенті) NDVI, VCI және жинақталған ауа ылғалдылығы тапшылығы арасында байқалады. ГТК және астық дақылдары өнімділігі арасындағы байланыс қанағаттандырылған деңгейде.

Келесі кезекте вегетациялық кезеңнің әрбір 8 күндігіне жинақталған предикторлар бойынша көп өлшемді регрессия теңдеулері құрастырылды. Теңдеулерді құрастыруда 2000...2017 жж. бойынша мәліметтер қатары пайдаланылды. Яғни, әрбір 8-күндікке предикторлар

бойынша, әртүрлі топтастыруларды пайдаланып теңдеулер құрастырылды. Теңдеулерді топтастыруда вегетациялық индекстерден басқа қайталанбайтын екі айнымалыдан тұратын 32 теңдеу құрастыру мүмкіндігі туды.

Кесте 1

Айыртау ауданы бойынша дәнді дақылдардың өнімділігімен предикторлардың корреляциялық байланыстары

Предиктор	8-күндіктер						
	18.06... 25.06	26.06... 03.07	04.07... 11.07	12.07... 19.07	20.07... 27.07	28.07... 04.08	05.08... 12.08
NDVI	0,02	0,39	0,44	0,68	0,66	0,58	0,75
VCI	0,07	0,40	0,46	0,69	0,68	0,60	0,75
ГТК_Саумал көл	0,25	0,06	0,35	0,00	-0,11	0,19	0,22
Σ ГТК_Саума лкөл	0,49	0,37	0,52	0,42	0,38	0,41	0,42
3ГТК	0,42	0,14	0,25	0,01	-0,03	0,09	0,25
Σ 3ГТК	0,46	0,43	0,54	0,46	0,40	0,46	0,49
Z_Саумалкөл	0,21	0,36	0,26	0,25	0,24	0,23	0,15
Σ Z_Саумалк өл	0,49	0,45	0,48	0,45	0,45	0,44	0,42
3Z	0,30	0,50	0,46	0,30	0,23	0,30	0,10
Σ 3Z	0,50	0,52	0,52	0,50	0,48	0,47	0,44
DEF_Саумал көл	-0,58	-0,28	-0,60	-0,46	-0,61	-0,51	-0,65
Σ DEF_Саума лкөл	-0,68	-0,68	-0,73	-0,73	-0,74	-0,76	-0,81
3DEF	-0,55	-0,32	-0,54	-0,44	-0,57	-0,45	-0,65
Σ 3DEF	-0,67	-0,66	-0,70	-0,70	-0,70	-0,71	-0,76

Зерттеу аумағы бойынша астық дақылдары өнімділіктерінің көпжылдық сипаттамалары қарастырылды (кесте 2). Кесте -ге сәйкес, аумақ бойынша астық дақылдары өнімділігі жылдан-жылға әркелкі таралатындығы көрінеді. Ең аз орташа аудандық өнімділік Шал ақын және Тимирязев аудандарына сәйкес келсе (5,1 және 5,3 ц/га), ең көп өнімділік Қызылжар және Тимирязев аудандарында жинақталған (28 ц/га).

Өнімділігі тұрақтылығымен Мамлют және Аққайың аудандары көзге түседі, бұл аудандарда вариация коэффициенті 0,2-ге тең. Жоғарыда аталғандай облыс аумағы континентальды климат пен тұрақсыз ылғалдану әсерінен өнімділік жылдан жылға ауытқымалы болып келеді. Мысалы 13 ауданның 4-і 2000 жылы ең минималды өнімділікке ие болса, 2011 аса қолайлы жағдайлар орын алғанда 11 ауданда максималды өнімділік жинақталған.

Кесте 2

СҚО аудандары бойынша астық өнімділігінің көпжылдық сипаттамалары (1975...2017 жж.)

Аудан	Көпжылдық орташа өнімділік, ц/га	Орташа квадраттық ауытқуы	Вариация коэффициенті	Минимумы	Максимумы
Айыртау ауданы	13,4	4,4	0,3	7,7 (2000)	25 (2011)
Ақжар ауданы	11,6	4,0	0,3	5,7 (2000)	18 (2011)
Аққайың ауданы	15,5	3,7	0,2	9,4 (2004)	24,2 (2011)
Есіл ауданы	13,8	4,2	0,3	6,9 (1975, 1998)	25 (2011)
Жамбыл ауданы	13,2	3,8	0,3	7 (1989)	22,1 (2015)
Мағжан Жұмабаев ауданы	13,5	3,5	0,3	7,9 (1989)	22 (2011)
Қызылжар ауданы	14,4	4,5	0,3	6,4 (1998)	28 (2011)
Мамлют ауданы	15,5	3,2	0,2	10,8 (2005)	21,7 (2011)
Ғабит Мүсірепов ауданы	13,0	4,3	0,3	7,6 (2000)	24 (2011)
Тайыншы ауданы	12,6	3,7	0,3	5,7 (2000)	21,1 (2011)
Тимирязев ауданы	12,2	4,3	0,3	5,3 (1975)	28,1 (2011)
Уалиханов ауданы	10,6	4,0	0,4	5,8 (2003)	16,3 (2015)
Шал ақын ауданы	12,7	3,7	0,3	5,1 (1975)	20 (2011)

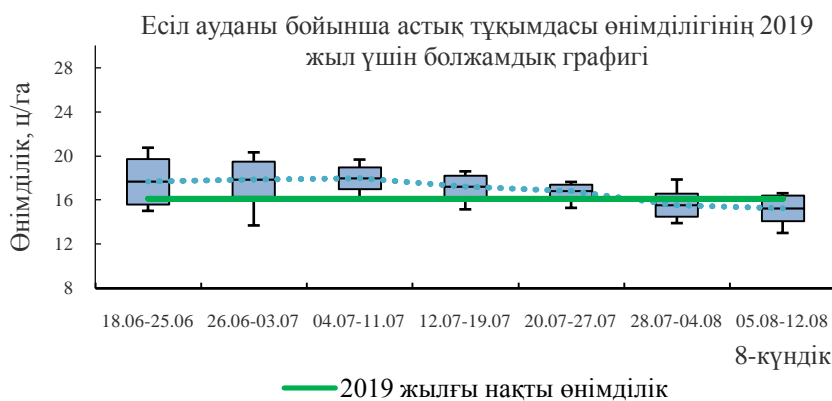
2018 және 2019 жылдарға астық өнімділігін болжау.

Теңдеулерді пайдаланып вегетациялық кезеңнің әрбір 8-күндігі бойынша ансамбльдік болжау әдісін пайдаланып, 2018 және 2019 жылдарда тәуелсіз мәліметтер негізінде болжамдар жасалынды.

Сурет 2...3 сәйкес, Қызылжар және Есіл аудандары бойынша ансамбльдік болжаудың мысалы келтірілген.



Сур. 2. Қызылжар ауданы бойынша 2018 жылғы ансамбльдік болжаудың мысалы.



Сур. 3. Есіл ауданы бойынша 2019 жылғы ансамбльдік болжаудың мысалы.

3-кестеде СҚО аудандары бойынша 2018 және 2019 жылы жүргізілген авторлық бақылау нәтижелері берілген.

Кесте 3-ке сәйкес, Жасанды жерсерік бойынша алынған мәліметтер мен жер беті метеорологиялық бақылау станцияларының мәліметтерін кешенді түрде пайдаланып, ауылшаруашылық дәнді-дақылдарды өнімділігін бағалау мүмкіндігін көруімізге болады. 2018 жылға жүргізілген бағалау жұмыстары бойынша жалпы Солтүстік Қазақстан облысы бойынша орташа салыстырмалы қателік 1,6 ц/га немесе 9 %

болды, ал 2019 жылға жүргізілген бағалау жұмыстарында сәйкесінше салыстырмалы қателік 2,2 ц/га немесе 12 % тең болды. Аудандар бойынша тек Ақжар ауданы бойынша салыстырмалы қателік 2018 жылы 21 % және Мағжан Жұмабаев ауданы бойынша 2019 жылы 22 %-ды құрады, өзге аудандар бойынша 2018 және 2019 жылғы кезең бойынша салыстырмалы қателік 20 %-дық шектен аспаған.

Кесте 3

2018...2019 жылғы дәнді-дақылдардың өнімділігін бағалау

Аудан	Өнімділікті бағалау, ц/га		Нақты өнімділік, ц/га		Салыстырмалы қателік, %	
	2018	2019	2018	2019	2018	2019
Айыртау	17,0	15,6	16,7	16,9	2	8
Аққайын	17,4	17,5	18,5	15,6	6	12
Ақжар	14,1	14,8	18	18,3	21	19
Есіл	17,2	16,9	16,6	16,1	3	5
Ғ. Мүсірепов	17,1	13,9	16,5	17,2	4	19
Қызылжар	16,5	17,3	20,5	15,3	19	13
М. Жұмабаев	17,1	18,0	16,5	23,2	4	22
Мамлют	15,5	16,2	16,9	19	9	15
Шал ақын	15,6	15,2	16	16,8	2	10
Тайыншы	16,2	16,2	15	15,8	8	2
Тимирязев	17,2	14,1	16,2	14	6	1
Ш. Уалиханов	14,0	13,2	17	16,2	17	19
Жамбыл	17,9	16,7	21	14,5	15	15

Қорытынды. Қазіргі уақытта ауылшаруашылық дақылдарын жер беті мәліметтері бойынша өнімділікті бағалау жүргізіліп келсе, авторлармен жүргізілген жұмыс қашықтықтан зондылау мәліметтерін кешенді пайдалану артықшылықтарын көрсетеді. Келесі бір артықшылық, вегетациялық кезеңнің алғашқы декадаларынан бастап өнімділікті бағалау мүмкіндігінде. 2018 жылға жүргізілген бағалау жұмыстарына сәйкес жалпы Солтүстік Қазақстан облысы бойынша орташа салыстырмалы қателік 1,6 ц/га немесе 9 % болды, ал 2019 жылға жүргізілген бағалау жұмыстарында сәйкесінше салыстырмалы қателік 2,2 ц/га немесе 12 % тең болды.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Агроклиматические ресурсы Северо-Казахстанской области: научно-прикладной справочник / Под ред. С.С. Байшолонова – Астана, 2017. – 125 с.
2. АПК Информ. Казахстан на мировом рынке зерна. [Электрон. ресурс]. – 2006 URL. <https://www.apk-inform.com/> [дата обращения 17.10.2019].
3. Клещенко А.Д., Вирченко О.В., Савицкая О.В. Методы оценки урожайности зерновых культур и ее пространственного распределения на основе агрометеорологических и спутниковых данных / Вопросы радиометеорологии, 2013 – С. 305-315.
4. Клещенко А.Д., Лебедева В.М., Найдина Т.А., Савицкая О.В. Использование спутниковой информации MODIS в оперативной агрометеорологии // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Институт космических исследований Российской академии наук, 2015. – Т. 12. – № 2. – С. 143-154.
5. Клещенко А.Д., Савицкая О.В., Технология ежедекадной оценки урожайности зерновых культур по спутниковой и наземной агрометеорологической информации. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса Институт космических исследований Российской академии наук, 2011. – Т. 8. – № 1. – С. 178–182.
6. Курбанов Э.А., Воробьев О.Н., Губаев А.В., Лежнин С.А., Полевщикова Ю.А. Оценка точности и сопоставимости тематических карт лесного покрова разного пространственного разрешения на примере Среднего Поволжья // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Институт космических исследований Российской академии наук, 2016. – Т. 13. – № 1. – С. 36–48.
7. Полищук Ю.М., Хамедов В.А., Русакова В.В. Дистанционные исследования воздействия факельного сжигания попутного газа на лесорастительный покров нефтедобывающей территории с использованием вегетационного индекса // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса Институт космических исследований Российской академии наук, 2016. – Т. 13. – № 1. – С. 61–69.
8. Сладких Л.А., Сапрыкин Е.И., Захватов М.Г., Сахарова Е.Ю. Технология мониторинга состояния посевов по данным дистанционного зондирования Земли на юге Западной Сибири – ГЕОМАТИКА, 2016 – №2 – С. 39-48.
9. Терехов А.Г., Кауазов А.М. Подспутниковый MODIS-ориентированный анализ информативности вегетационных индексов в

задаче описания состояния яровой пшеницы Северного Казахстана // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2007. – Выпуск 4. – Т. 2. – С. 352-357.

10. Хайбрахманов Т., Геоинформационные сервисы космического мониторинга сельскохозяйственных земель // Земельные отношения и землеустройство. – 2016. – МСХЖ №4. – С. 9-12.
11. Aqua Earth-observing satellite mission.[Электрон. ресурс]. – URL. <https://aqua.nasa.gov/> [дата обращения 17.10.2019].
12. Huete A.R., Justice C. MODIS vegetation index (MOD13) algorithm theoretical basis document. Ver. 3. 1999
13. Landsat Science.[Электрон. ресурс]. – URL. <https://landsat.gsfc.nasa.gov/> [дата обращения 17.10.2019].
14. Liu, W.T. and F.N. Kogan, 1996: Monitoring regional drought using the Vegetation Condition Index. International Journal of Remote Sensing, 17(14): 2761–2782.
15. MODIS Web.[Электрон. ресурс]. – URL. <https://modis.gsfc.nasa.gov/> [дата обращения 17.10.2019].
16. Sentinel Online. [Электрон. ресурс]. – URL. <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/home> [дата обращения 17.10.2019].
17. Terra: the EOS Flagship. [Электрон. ресурс]. – URL. <https://terra.nasa.gov/> [дата обращения 17.10.2019].

Поступила 06.05.2020

Канд. геогр. наук, доцент
Н.Н.Абаев
Ш.Е. Турашов
А.С. Нысанбаева
К.М. Болатов

ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ДЛЯ ОЦЕНКИ УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР СЕВЕРО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Ключевые слова: вегетационный период, вегетационный индекс, индекс состояния растений, ГТК, продуктивная влажность почвенного покрова

В статье представлена возможность применения данных дистанционного зондирования Земли для оценки урожайности зерновых культур. Работа проводилась с использованием предикторов, полученных по данным 8-дневных съемок спутников космического агентства Соединенных Штатов Америки NASA Terra и данным наземных метеостанций. В ходе работы были

составлены уравнения многомерной регрессии по районам Северо-Казакстанской области с прогнозом урожайности зерновых культур за 2018, 2019 годы и определены возможности использования спутниковых данных. В результате проведенной прогнозной работы с собранными уравнениями средняя относительная погрешность прогноза на 2018 год составила 1,6 ц/га или 9%, а относительная погрешность прогноза на 2019 год составила 2,2 ц/га или 12%.

N.N. Abaev, Sh.E. Turashov, A.S. Nyssanbaeva, K.M. Bolatov

REMOTE SENSING DATA USING IN CROP YIELD ASSESSMENT OF THE NORTH KAZAKHSTAN REGION

Keywords: vegetation period, vegetation index, plant condition index, hydrothermal coefficient, productive soil moisture

The article presents the possibility of using remote sensing data to assess crop yields. The work was carried out using predictors obtained from the 8-day surveys of Terra satellites of The US National Aeronautics and Space Administration and weather stations. In the course of the work, multidimensional regression equations were compiled for the regions of the North Kazakhstan region with the forecast of grain yield for 2018 and 2019, and the possibility of using satellite data was determined. As a result of the forecast work with the collected equations, the average relative error of the forecast for 2018 was 1,6 C / ha or 9 %, and the relative error of the forecast for 2019 was 2,2 C/ha or 12 %.