

УДК 551.583.1:523.7

**СВЯЗЬ ВАРИАЦИЙ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ  
С ПРОДУКТИВНОСТЬЮ ХЛОПЧАТНИКА**Г.А. БЕЗБОРОДОВ<sup>1</sup>, Р.А. ХАЛБАЕВА<sup>1</sup>,  
А.Г. БЕЗБОРОДОВ<sup>2</sup>, Ю.Г. БЕЗБОРОДОВ<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Узбекский научно-исследовательский институт селекции, семеноводства и агротехники выращивания хлопчатника; <sup>2</sup> ДПО РАКО АПК; <sup>3</sup> РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)

*На примере Центрально-Азиатского региона приведены результаты исследований солнечно-земных связей за период 1926–2015 гг., охватывающий ветвь спада 16-го цикла солнечной активности (СА) и ветвь роста 24-го цикла; всего 9 циклов, из которых 7 – полные и 2 – неполные. Построенные для вегетационного периода хлопчатника (апрель–сентябрь) циклы СА с высокой точностью (коэффициент корреляции 0,99) соответствуют годовым циклам 90-летнего периода. Путем анализа таких элементов цикла, как протяженность ветвей роста и спада, период времени между эпохами минимума и максимума СА, угол наклона ветвей, рассчитаны их коэффициенты вариации, соответственно, 0,11 и 0,10; 0,075 и 0,076; 0,016 и 0,018.*

*Для региона с развитым орошаемым земледелием важным фактором экономики является объем речного стока. Для его прогнозирования использован метод сравнения СА, стока двух рек региона Зеравшана и Аксу, продолжительности солнечного сияния. Каждый из этих факторов тесно коррелирует с геометрией СА: ее эпохи максимумов и минимумов определяют соответствующие показатели речного стока и солнечного сияния.*

*Происходящее потепление климата отразилось на размере речного стока. Построенным трендом стока реки Зеравшан за последние 50 лет установлено его снижение на 0,9 км<sup>3</sup>. Вместе с этим связь экстремумов стока рек Зеравшана и Аксу с продолжительностью солнечного сияния характеризуется противофазой, а экстремумы СА совпадают с таковыми речного стока. В связи с тем, что главной орошаемой сельскохозяйственной культурой в странах Центральной Азии, и в частности в Узбекистане, является хлопчатник, установлена зависимость его урожайности от СА. При традиционной агротехнике урожайность хлопчатника в эпохи минимальной СА снижается, от чего ряд хлопкосеющих хозяйств становится убыточным. В такие годы рекомендуется применение разработанной и широко апробированной в масштабах государства усовершенствованной агротехнологии, основанной на мульчировании почвы.*

**Ключевые слова:** солнечная активность, цикл, солнечное сияние, ветвь роста, ветвь спада, река, оросительная вода, урожайность, хлопчатник.

**Введение**

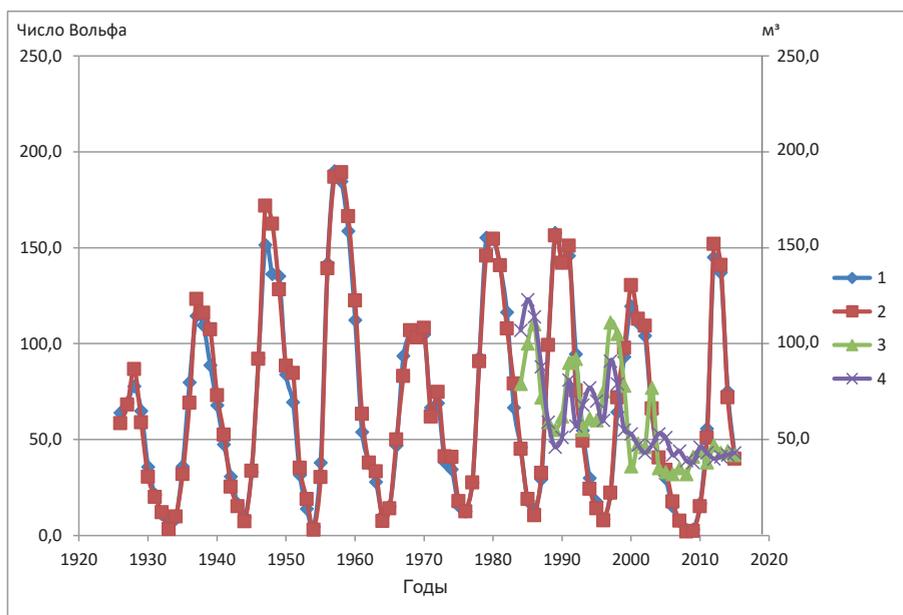
Сопричастность некоторых направлений исследований с наукой о солнечно-земных связях позволяет расширить круг закономерностей и использовать их для развития теоретических и прикладных наук.

В монографии основоположника гелиобиологической науки А.Л. Чижевского [10], а также в ряде других работ [1–9] приведены результаты влияния солнечной активности на компоненты окружающей среды. Однако в Центрально-Азиатском регионе, где с древних времен развито орошаемое земледелие и мелиорация земель, где имеется существенная необходимость в установлении результатов влияния солнечной активности на систему «почва – растение – атмосфера», исследования о солнечно-земных связях ограничиваются немногочисленными работами [11].

## Результаты и их обсуждение

Для описания некоторых солнечно-земных связей для условий Узбекистана проведен анализ среднегодовой и средневегетационной (апрель–сентябрь) солнечной активности за период 1926–2015 гг. Для сопоставления некоторых природных факторов построены соответствующие циклы солнечной активности (рис. 1). Как показали результаты корреляционного анализа, конструкции среднегодовых и средневегетационных циклов совпадают с высокой точностью. Их коэффициент корреляции оказался равным 0,99, что дает основание сделать вывод о наличии определенной внутригодовой закономерности динамики солнечной активности.

Как следует из рис. 1, на ветви спада 16 цикла расположены 6 точек (лет), 17 и 18 циклов – по 8 точек, 19, 20 и 21 цикла – по 7 точек, 22 цикла – 8 точек, 23 цикла – 9 точек; в среднем – 7,9. Статистической обработкой полученных данных установлены параметры распределения: среднее квадратическое отклонение от среднего значения составило 0,78; коэффициент вариации – 0,10; теснота связи – средняя (табл. 1).



**Рис. 1.** Динамика средневегетационной (1) и среднегодовой (2) СА, а также затрат оросительной воды на один центнер хлопка-сырца на опытно-промышленных участках Гулистан (3) и Пахтакор (4)

## Элементы циклов солнечной активности за период 1926–2016 гг.

№ цикла Вольфа	Продолжительность, лет		Период между эпохами, лет		Угол наклона, град.	
	ветви роста	ветви спада	min	max	ветви роста	ветви спада
16		6	–	–	–	82
17	5	8	12	10	85	83
18	4	8	11	11	87	83
19	4	8	11	11	88	84
20	5	8	13	12	85	82
21	4	8	11	12	87	83
22	4	8	11	11	88	86
23	5	9	13	12	84	83
24	5	–	–	13	87	83
$\bar{x}$	4,5	7,9	11,7	141,5	86,4	83
$\sigma$	0,5	0,78	0,88	0,87	1,4	1,49
$\nu$	0,11	0,1	0,075	0,076	0,016	0,018

На ветви роста 17 цикла расположены 5 точек, 18 и 19 циклов – по 4 точки, 20, 21, 22 и 23 циклов – по 5 точек, 24 – по 4 точки; в среднем – 4,5. Для ветви роста получены следующие параметры распределения полученных показателей: среднеквадратическое отклонение от среднего значения – 0,5; коэффициент вариации – 0,11.

Как и для ветви роста, теснота связи показателей относится к среднему уровню. Число солнечных реперов на линии спада 16 цикла оказалось равным 5; 17, 18 и 19 циклов – по 4; 20 цикла – 6; 21 цикла – 5; 22 цикла – 7; 23 цикла – 4; в среднем – 4,88. Среднеквадратическое отклонение от среднего значения составило 1,05; коэффициент вариации – 0,215. Число реперов на линии роста солнечной активности составило: для 17 цикла – 5; для 18 цикла – 4; для 19 цикла – 5; для 20 цикла – 4; для 21 цикла – 3; для 22 цикла – 4; для 23 цикла – 3; в среднем – 3,7. Среднеквадратическое отклонение – 0,70; коэффициент вариации – 0,189.

Важным элементом геометрии солнечных циклов является расстояние между их минимумами, исчисляемое в годах. Так, между 16 и 17 циклами оно равно 12 годам, между 17 и 18, 18 и 19 циклами – 11 годам, между 19 и 20 циклами – 13 годам, между 20 и 21, 21 и 22 циклами – 11 годам, между 21 и 22 циклами – 11 годам, между 22 и 23 циклами – 13 годам.

Целесообразно дополнить характеристику приведенных циклов еще одним показателем, не упоминаемом в специальной литературе. Это угол наклона линий солнечных циклов – ветви роста и спада. Так, ветвь роста 17 цикла поднимается под углом 85°, 18 цикла – под углом 87°, 19 цикла – 88°, 20 цикла – 85°, 21 цикла – 87°, 22 цикла – 88°, 23 цикла – 84°, 24 цикла – 87°; в среднем – 86,4°. Среднеквадратическое отклонение от среднего значения угла наклона ветви роста составило 1,41°; коэффициент вариации – 0,016. Угол ветвей спада соответствующих циклов солнечной

активности составил  $83^\circ, 83^\circ, 83^\circ, 84^\circ, 80^\circ, 83^\circ, 86^\circ, 83^\circ, 83^\circ$ ; в среднем –  $83^\circ$  со среднеквадратическим отклонением 1,49 и коэффициентом вариации 0,018. Геометрию солнечных циклов 16–24 дополняют показатели периодов времени между эпохами экстремумов. Так, период между эпохами минимумов циклов солнечной активности характеризуется продолжительностью от 11 до 13 лет, средней продолжительностью – 11,7 лет, среднеквадратическим отклонением от среднего значения – 0,88, коэффициентом вариации – 0,075. Период между эпохами максимумов солнечной активности составляет 10–13 лет, в среднем – 11,5 лет, а его показатели распределены со среднеквадратическим отклонением от среднего значения – 0,866 и коэффициентом вариации – 0,075.

Таким образом, за 7 полных и 2 неполных цикла солнечной активности в ее динамике самыми устойчивыми и стабильными во времени элементами являются углы наклона ветвей циклов роста и спада. Соответственно, их колебания определяются коэффициентом вариации 1,6 и 1,8%. Менее стабильными во времени являются периоды между эпохами максимума и минимума солнечной активности. При средней их продолжительности в 11,7 и 11,5 лет коэффициент вариации составляет – 7,5 и 7,6%. И наименее устойчивым элементом солнечной активности является продолжительность ветвей роста и спада циклов солнечной активности. Так, ветвь роста растянута на 4–5 лет и в среднем на 4,5 года, а ветвь спада – 6–9 лет, в среднем 7,9 лет.

Из табл. 1 следует, что ветвь роста формируется 4- и 5-летними показателями солнечной активности, причем количество 4- и 5-летних показателей одинаково – по 4 из 8, т. е. 50%. Ветвь спада циклов солнечной активности имеет продолжительность в 6, 8 и 9 лет, причем доля 8-летней продолжительности составляет 75%. Такой размах колебаний продолжительности ветвей роста и спада циклов солнечной активности оценивается самым высоким коэффициентом вариации этого фактора – 11 и 10%.

Таким образом, геометрии с 16 по 24 циклы СА присущи некоторые факторы с достаточно высокой степенью сходства. Это углы наклона ветвей роста и спада, средней степени – периоды между эпохами солнечной активности, низкой степенью – протяженность обоих ветвей циклов.

Для стран Центральной Азии с развитым орошаемым земледелием важное значение имеет объем речного стока. В Узбекистане, в частности, ввиду недостатка речной воды введено лимитированное водопользование, довольно широко используются слабоминерализованные коллекторно-дренажные и сбросные воды. В связи с этим для планирования водопользования важное значение приобретает надежное прогнозирование водности рек. Существующие методы прогноза стока рек бассейна Аральского моря не принимают во внимание его зависимость от солнечной активности, хотя сведения о наличии такой связи имеются в ряде публикаций. В работе [7], например, содержится положение, согласно которому в одних регионах, и в частности, в Средней Азии, увеличение солнечной активности приведет к уменьшению речного стока, т. е. эти факторы солнечно-земных связей якобы находятся в противофазе – максимуму солнечной активности соответствует минимум речного стока и наоборот.

Для установления взаимосвязи этих факторов солнечно-земных связей выбраны два объекта – реки Зеравшан и Аксу, из которых от истока до соответствующего гидропоста водозаборы на орошение отсутствуют. В табл. 2 содержатся данные речного стока за годовой и вегетационный периоды.

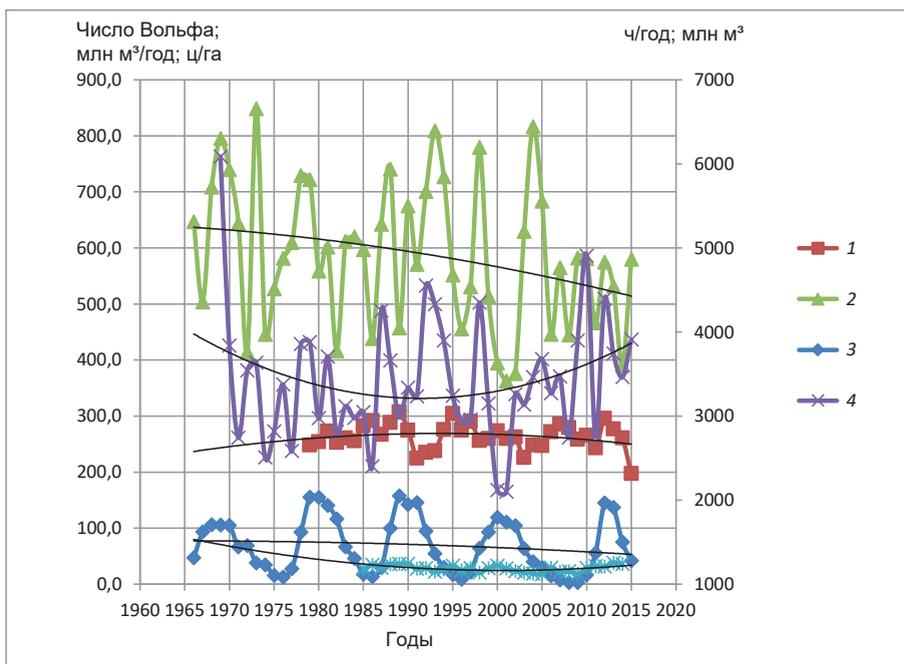
Т а б л и ц а 2

## Сток рек Аксу и Зеравшан

Год	Годовой сток, млн м <sup>3</sup>	В том числе сток за вегетацию, млн м <sup>3</sup>	Год	Годовой сток, млн м <sup>3</sup>	В том числе сток за вегетацию, млн м <sup>3</sup>
1969	763,1/6289,1	634,3/5245,4	1993	499,6/6392,2	398,5/5116,8
1970	425,4/5929,8	351,0/4995,1	1994	434,6/5845,2	347/4534,0
1971	261,5/5290,9	205,6/4380,9	1995	336,1/4678,5	263,2/3692,3
1972	381,8/3762,7	315,5/3005,2	1996	292,5/4037,6	232,8/3110,6
1973	395/6653,8	324,3/5847,1	1997	293,7/4536,6	237,4/3624,2
1974	226,3/3972,8	167,9/3280,7	1998	502,7/6195,0	421,2/5105,9
1975	273/4513,9	215,4/3766,7	1999	322,6/4427,4	239,3/3501,7
1976	356,4/4877,1	296,5/4054,4	2000	167,9/3630,9	116,6/2877,7
1977	237,6/5064,5	182/4200,1	2001	165/3416,4	115,7/2645,6
1978	428,7/5859,1	327,5/4910,0	2002	339,4/5706,9	265,6/4700,5
1979	432,1/5809,5	353/4808,2	2003	320,2/5195,5	254,3/4085,3
1980	296/4721,4	232,1/3908,5	2004	369,5/5441,5	264,2/4411,0
1981	406,2/5010,3	331,5/4203,3	2005	401,8/5555,8	307,4/4499,4
1982	271,6/3775,8	214,1/2967,4	2006	340,7/3969,6	260/3210,8
1983	317,5/5077,6	255,6/4280,8	2007	370,9/4763,4	301/3900,0
1984	296,6/5132,4	239,2/4338,7	2008	261,6/3964,8	200,5/3158,8
1985	307,3/4980,7	245,6/4139,6	2009	434,9/4872,0	369,9/3982,2
1986	210,5/3922,9	155,2/3155,1	2010	586,2/4872,0	472,7/3872,1
1987	488,2/5279,0	409,7/4389,6	2011	263,5/4108,4	192,5/3215,2
1988	5937,6/5937	324,3/4998,8	2012	509,2/4830,8	411,8/3862,0
1989	298,6/4046,4	232,8/3148,2	2013	411,4/4542,8	316,3/3547,2
1990	350,8/5496,6	280,7/4563,6	2014	369,4/3603,3	287,3/2738,5
1991	334,9/4804,5	257,3/3906,1	2015	436,5/4865,5	336,9/3966,4
1992	532,7/5670,9	438,8/4592,6	–	–	–

Примечание. В числителе приведены данные по р. Аксу, в знаменателе – по р. Зеравшан.

Что касается трендов приведенных факторов солнечно-земных связей, то они характеризуют динамику процессов, происходивших на Солнце и на Земле за последние полвека. Все приведенные на рис. 2 тренды выражены многочленом второй степени. Анализ тренда солнечной активности показывает, что она существенно снизилась, примерно на 23 числа Вольфа. Продолжительность солнечного сияния изменяется по параболе, и с 1995 г. она понижается. Сток р. Зеравшан также стабильно снижается, и за последние полвека его тренд понизился на 0,9 км<sup>3</sup>. Тренд р. Аксу к 1990 г. понизился до минимума, после чего стал подниматься. Тренд урожайности хлопчатника к 2000 г. снизился до минимума, а затем, аналогично тренду стока



**Рис. 2.** Динамика солнечно-земных связей в Центральной Азии:  
 1 – продолжительность солнечного сияния по ГМС «Джизак», ч/год;  
 2 – сток р. Зеравшан, млн м<sup>3</sup>/год; 3 – СА, число Вольфа;  
 4 – сток р. Аксу, млн м<sup>3</sup>/год; 5 – урожайность хлопчатника (Аккавак), ц/га

р. Аксу, стал повышаться. Если динамика урожайности хлопчатника повторяет ход солнечной активности, то их трендам присуща другая закономерность: за последние 50 лет (1965–2015 гг.) тренд солнечной активности понижается, а урожайность хлопчатника изменяется по параболе с минимумом в 2000 г. Вероятно, в ближайшие годы их тренды пересекутся, если солнечная активность будет снижаться. Данные табл. 1 и 2, рис. 2 дополняют информацию о связи геометрии циклов солнечной активности с солнечно-земными связями.

В табл. 3 приведены даты экстремумов речного стока и продолжительности солнечного сияния и даты их общих экстремумов.

На рис. 2 кроме показателей речного стока приведены продолжительность солнечного сияния и урожайность хлопчатника в увязке с индексом СА – числом Вольфа. Как показал анализ связи каждого фактора с числом Вольфа, в целом эпохи максимумов и минимумов солнечной активности соответствуют периодам речного стока, солнечного сияния и урожайности хлопчатника. Последние два фактора приурочены к метеопункту Аккавак, расположенному на территории института селекции, семеноводства и агротехнологии выращивания хлопка (Ташкентская область, Кибрайский район).

Как видно, связь между экстремумами речного стока и продолжительностью солнечного сияния характеризуется противофазой, экстремумы суммарного речного стока двух рек совпадают во времени, экстремумы солнечной активности коррелируют с речным стоком. Таким образом, два солнечных фактора – солнечная активность,

## Факторы солнечно-земных связей в Центральной Азии

Год	Экстремум		Год	Экстремум		Экстремум стоков р. Зеравшан и р. Аксу, год		Связь СА и стока р. Зеравшан, год		Связь СА и стока р. Аксу, год	
	стока р. Зеравшан	продолжительности солнечного сияния		стока р. Аксу	продолжительности солнечного сияния						
						min	max	max	min	max	min
1979	+	–	1979	+	–	1972	1969	1969	1965	1969	1971
1986	–	+	1986	–	+	1974	1973	1973	1986	1979	1979
1989	–	+	1989	–	+	1982	1979	1979	1996	1992	1986
1993	+	–	1993	–	–	1986	1987	1988	2008	1998	1996
1995	–	+	1995	–	+	1989	1993	1998	2014	2006	2001
1998	+	–	2010	–	+	1991	1998	2015	–	2010	2008
2001	–	+	2003	+	–	1996	2003	–	–	2012	2011
2005	+	–	2008	–	+	2001	2007	–	–	–	–
2008	–	+	2015	+	–	2008	2010	–	–	–	–
2015	+	–	–	–	–	2011	2012	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	2014	2015	–	–	–	–

выражаемая числом Вольфа, и продолжительность солнечного сияния, измеренная на ГМС «Джизак», на примере двух рек снегово-ледникового питания Зеравшан и Аксу, оказывают непосредственное влияние на динамику и объем речного стока.

Орошаемое земледелие Узбекистана обеспечивает население продовольствием, а перерабатывающую промышленность – сырьем. Важнейшей орошаемой сельскохозяйственной культурой является хлопчатник, а от его урожайности зависит экономика. В табл. 4 приведены данные урожайности хлопчатника по двум объектам расположенных в Сырдарьинской (опытно-промышленный участок Гулистан) и Джизакской (опытно-промышленный участок Пахтакор) областях.

Данные табл. 4, сопрягаемые с динамикой солнечной активности, приведенной на рис. 2, указывают на наличие тесной связи урожайности хлопчатника с геометрией циклов солнечной активности – их экстремумы совпадают. В литературе приводятся многочисленные данные о том, что в эпохи минимума солнечной активности во многих регионах земного шара, где продуктивность земледелия зависит от атмосферных осадков, урожайность сельскохозяйственных культур снижается или происходят засухи [2].

**Динамика чисел Вольфа, урожайности хлопчатника  
и затрат оросительной воды за период 1984–2015 гг.**

Год	Число Вольфа, среднее значение за апрель–сентябрь	Урожайность хлопчатника, ц/га / затраты оросительной воды на 1 ц хлопка, м <sup>3</sup>	
		ОПУ Гулистан	ОПУ Пахтакор
1984	45,9	39,2/79	29/107
1985	17,9	32/100	26/123
1986	13,4	30/100	29/114
1987	29,2	42,4/72	35/88
1988	100	41,9/59	42/59
1989	157,8	43/55	51/46
1990	142,3	39/62	48/51
1991	145,8	36/90	40/81
1992	94,5	34,1/92	37/57
1993	54,7	36,7/55	31/68
1994	29,9	35,4/61	26/77
1995	17,5	36,4/60	31/70
1996	8,6	25,8/75	32/60
1997	21,5	23,8/111	29/91
1998	64,2	25/105	26,6/79
1999	93,2	26,5/78	37,3/55
2000	119,5	28,3/36	38,4/53
2001	110,9	25,2/48	34,6/47
2002	104,1	25,8/46	35,7/43
2003	63,6	28,7/77	36,8/47
2004	40,4	27,5/35	47,4/53
2005	29,8	23,3/33	42,6/51
2006	15,2	22,3/32	37,1/42
2007	7,5	24/35	39,2/44
2008	2,9	22,5/32	35,6/39
2009	3,1	25,4/41	29,3/38
2010	16,5	30,6/44	36,2/46
2011	56,6	29,8/38	34,4/43
2012	145	37,5/47	35/40
2013	137	34,2/43	36/41
2014	75	33/44	34,7/42
2015	42	34,4/42	31,5/43

В практике хлопководства одним из показателей эффективности применяемой агротехники является коэффициент водопотребления, который рассчитывается по урожайности хлопчатника и затратам оросительной воды, почвенной влаги, грунтовых вод и атмосферных осадков. В связи с тем, что основной вклад в водопотребление хлопчатника вносит дефицитная оросительная вода, в отличие от других природных источников имеющая денежную стоимость, в качестве критерия эффективности принят показатель затрат этой воды на получение одного центнера урожая хлопка-сырца.

В табл. 4 приведены многолетние данные по урожайности хлопчатника на двух ОПУ, один из которых расположен на землях старого орошения – Гулистан, другой на землях нового орошения – Пахтакор, а также значения комплексного показателя – затрат оросительной воды в расчете на один центнер урожая хлопка-сырца для открытой и мульчированной почвы. По данным табл. 4 построены сочетанные графики динамики солнечной активности и затрат оросительной воды на один центнер урожая хлопка-сырца (рис. 1).

Несмотря на искусственную ирригацию в орошаемом земледелии Узбекистана в эпохи минимума солнечной активности урожайность хлопчатника снижается. Для получения высокого урожая в это время целесообразно использовать разработанную авторами данной статьи и проверенную в производственных условиях технологию выращивания хлопчатника с применением мульчирования почвы перфорированной темной полиэтиленовой пленки. Эффективность этого агроприема доказана многолетними полевыми опытами, проведенными ОПУ Гулистан и Пахтакор. В окрестности последней эпохи минимума солнечной активности – 2006–2011 гг., прибавка урожая хлопка-сырца на ОПУ Гулистан в среднем за этот период составила 14,6 ц/га (53,5%), на ОПУ Пахтакор, соответственно, 6,7 ц/га (19%).

Начиная с 2013 г. технология мульчирования почвы в междурядьях хлопчатника внедряется во всех административных областях Узбекистана и дает многоплановый эффект – экономию дефицитной оросительной воды в среднем по республике в размере 33%, дизельного топлива 10–12 кг/га, сокращение числа междурядных тракторных обработок на 2,5–3, прибавку урожая хлопка-сырца в размере 3–6 ц/га.

## Выводы

1. Циклы солнечной активности от 16 до 24, построенные по числам Вольфа за вегетационный период хлопчатника, с высокой точностью повторяют геометрию среднегодовых циклов.

2. Угол наклона ветви роста этих циклов солнечной активности в среднем составляет  $86,4^\circ$ , ветви спада –  $83^\circ$ . Соответствующие ветви циклов солнечной активности практически параллельны, что дает основание с высокой степенью вероятности прогнозировать развитие последующих циклов.

3. На примере двух рек региона Зеравшан и Аксу установлена фазовая синхронность речного стока с солнечной активностью, что опровергает существующую гипотезу о соотношении этих факторов в противофазе.

4. Динамика урожайности хлопчатника соответствует геометрии циклов солнечной активности и продолжительности солнечного сияния. В годы минимума солнечной активности урожайность хлопчатника снижается, от чего экономика хлопководства падает. Однако в периоды эпох минимума солнечной активности применение мульчирования почвы в междурядьях хлопчатника способствует получению высокого урожая хлопка-сырца.

5. Интегральный показатель затрат оросительной воды на получение одного центнера урожая хлопка-сырца находится в противофазе к солнечной активности, что может быть использовано для прогноза урожайности хлопчатника соответственно данным вероятности солнечной активности.

### Библиографический список

1. *Алексеев В.А.* Некоторые особенности климатических изменений на Земле и возможная их связь с вариациями солнечной активности // *Астрономический вестник*. 2007. Т. 41. № 6. С. 568–576.

2. *Антипенко Н.И.* Влияние цикличности солнечной активности на формирование урожая арбузов в условиях орошения: дис. ... канд. с.-х. наук. Астрахань, 2005. 184 с.

3. *Белецкий Е.Н.* Теория цикличности динамики популяций и методы прогноза массового размножения вредных насекомых: дис. ... д-р биол. наук. Харьков, 1992. 290 с.

4. *Гневыхив М.Н.* Результаты исследований солнечной активности и солнечно-земных связей: автореф. дис. ... д-р физ.-мат. наук. М., 1982. 53 с.

5. *Золотова Н.В.* Пространственно-временные закономерности солнечной цикличности: автореф. дис. ... д-р физ.-мат. наук. СПб., 2016. 28 с.

6. *Кузьменко И.В.* Исследование солнечных событий с «отрицательными радиовсплесками» с использованием данных радиометра Уссурийской обсерватории: автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. Уссурийск, 2011. 180 с.

7. *Мизун Ю.В., Мизун Ю.Г.* Тайны будущего. М.: Вече, 2000. 180 с.

8. *Огурцов М.Г.* Солнечная активность и гелиоклиматические факторы – долго-временная эволюция и возможные сценарии будущего развития: автореф. дис. ... д-р физ.-мат. наук. СПб., 2009. 25 с.

9. *Ожередов В.А.* Исследование солнечно-земных связей с помощью оптимизационных алгоритмов: дис. ... канд. физ.-мат. наук. М., 2010. 159 с.

10. *Чижевский А.Л.* Земное эхо солнечных бурь. М.: Мысль, 1976. 349 с.

11. *Шерматов Е., Якубов М.А., Кучкарова Д.Х.* Оценка динамики засоления почв // *Материалы Респ. науч.-практич. конф.* Ташкент, 2010. С. 303–305.

### EFFECTS OF VARIATIONS IN SOLAR ACTIVITY ON COTTON PRODUCTIVITY

G.A. BEZBORODOV<sup>1</sup>, R.A. KHALBAYEVA<sup>1</sup>,  
A.G. BEZBORODOV<sup>2</sup>, Yu.G. BEZBORODOV<sup>3</sup>

(<sup>1</sup> Uzbekistan Research Institute of Plant Breeding, Seed Production  
and Agrotechnology of Cotton Growing;

<sup>2</sup> Russian Academy of Farm Industry Human Resourcing;

<sup>3</sup> Russian Timiryazev State Agrarian University)

*The paper presents the results of studying solar-terrestrial relations over a period of 1926–2015 as exemplified by the Central Asian region, covering the recession curve of the 16-th cycle of*

solar activity (SA) and the growth curve of the 24-th cycle. The total amount of cycles is 9, including 7 complete cycles and 2 incomplete ones. Solar cycles designed with high accuracy (a correlation coefficient of 0,99) for a cotton growing period of April – September correspond to annual cycles of a 90-year period. The analysis of cycle elements – the length of growth and recession curves, the time period between the epochs of minimum and maximum SA, and the angle of curves – resulted in the calculation of their variation coefficients of 0,11 and 0,10; 0,075 and 0,076; 0,016 and 0,018, respectively. The amount of river runoff is an important economic factor for a region with developed irrigated agriculture. To forecast it, the authors used a method of SA comparison in the flow of two rivers, the Zeravshan and the Aksu, and the duration of sunshine. Each of these factors is closely correlated with the SA geometry – its era of highs and lows determine appropriate indicators of the river flow and sunshine. The current climate warming has affected the amount of the river flow. The designed flow trend of the Zeravshan river over the past 50 years allowed to determine its decrease to 0,9 km<sup>3</sup>. Moreover, the connection of the flow extrema of the Zeravshan and Aksu rivers with the sunshine duration is characterized by the opposite phase, and the extremes of the SA coincide with those of the river flow. As cotton is the main irrigated crop in Central Asia, and Uzbekistan, in particular, the authors have determined the dependence of its yield from SA. When a traditional agricultural technique is used, cotton yield is reduced in the minimum epoch of SA, thus making a number of cotton-growing farms unprofitable. In such years, it is recommended to develop and test country-wide improved agricultural techniques based on soil mulching.

**Key words:** solar activity cycle, sunshine, growth curve, recession curve, river, irrigation water, yield, cotton.

## References

1. *Alekseyev V.A.* Nekotoryye osobennosti klimaticheskikh izmeneniy na Zemle i vozmozhnaya ikh svyaz s variatsiyami solnechnoy aktivnosti [Some features of climate changes on the Earth and their possible connection with solar activity variations] // *Astronomicheskii vestnik*. 2007. Vol. 41. No. 6. P. 568–576.
2. *Antipenko N.I.* Vliyaniye tsiklichnosti solnechnoy aktivnosti na formirovaniye urozhaya arbuzov v usloviyakh orosheniya [Effect of cyclical solar activity on watermelon yield formation in irrigation conditions]: PhD (Ag) thesis. Astrakhan, 2005. 184 p.
3. *Beletskiy Ye.N.* Teoriya tsiklichnosti dinamiki populyatsiy i metody prognoza massovogo razmnozheniya vrednykh nasekomykh [The theory of cyclical population dynamics and methods of forecasting of mass reproduction of harmful insects]: PhD (Bio) thesis. Kharkov, 1992. 290 p.
4. *Gnevyshev M.N.* Rezultaty issledovaniy solnechnoy aktivnosti i solnechno-zemnykh svyazey [The results of studies of solar activity and solar-terrestrial relations]: self-review of PhD (Math) thesis. M., 1982. 53 p.
5. *Zolotova N.V.* Spatial and temporal patterns of solar cycle [Prostranstvenno-vremennyye zakonomernosti solnechnoy tsiklichnosti]: self-review of PhD (Math) thesis. St. Petersburg, 2016. 28 p.
6. *Kuzmenko I.V.* Issledovaniye solnechnykh sobytii s «otritsatelnymi radiovspleskami» s ispolzovaniyem dannykh radiometra Ussuriyskoy observatorii [Study of solar events with «negative radio bursts» using the radiometer data of the Ussuri Observatory]: PhD (Math) thesis. Ussuriysk, 2011. 180 p.
7. *Mizun Yu.V., Mizun Yu.G.* Tayny budushchego [The secrets of the future]. M.: Veche, 2000. 180 p.
8. *Ogurtsov M.G.* Solnechnaya aktivnost i gelioklimaticheskiye faktory – dolgovremennaya evolyutsiya i vozmozhnyye stsenarii budushchego razvitiya [Solar

activity and heliolitida factors – long-term evolution and possible future development scenarios]: self-review of PhD (Math) thesis. St. Petersburg, 2009. 25 p.

9. *Ozheredov V.A.* Issledovaniye solnechno-zemnykh svyazey s pomoshch'yu optimizatsionnykh algoritmov [Study of solar-terrestrial relations with optimization algorithms]: PhD (Math) thesis. M., 2010. 159 p.

10. *Chizhevskiy A.L.* Zemnoye ekho solnechnykh bur [Terrestrial echo of solar storms]. M.: Mysl, 1976. 349 p.

11. *Shermatov Ye., Yakubov M.A., Kuchkarova D.Kh.* Otsenka dinamiki zasoleniya pochv [Assessment of soil salinity] // Materialy Resp. nauch.-praktich. konf. Tashkent, 2010. P. 303–305.

**Безбородов Герман Александрович** – д. т. н., гл. науч. сотр. Узбекского научно-исследовательского института селекции семеноводства и агротехнологии выращивания хлопка (702133, Республика Узбекистан, Ташкентская обл., Кибрайский р-н, пос. Аккавак).

**Халбаева Римма Алимбековна** – к. т. н., науч. консультант Узбекского научно-исследовательского института селекции семеноводства и агротехнологии выращивания хлопка (702133, Республика Узбекистан, Ташкентская обл., Кибрайский р-н, пос. Аккавак).

**Безбородов Александр Германович** – д. с.-х. н., проф. кафедры экономики и менеджмента РАКО АПК (111621, г. Москва, ул. Оренбургская, 15 Б).

**Безбородов Юрий Германович** – д. т. н., проф. кафедры лесоводства и мелиорации ландшафтов РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, Тимирязевская 49; тел.: (499) 976-40-25; e-mail: geo@timacad.ru).

**German A. Bezborodov** – DSc (Eng), Chief researcher of Uzbekistan Research Institute of Plant Breeding, Seed Production and Agrotechnology of Cotton Growing (702133, Republic of Uzbekistan, Tashkent region, Kibray district, Akkavak).

**Rimma A. Khalbayeva** – PhD (Eng), Scientific advisor of Uzbekistan Research Institute of Plant Breeding, Seed Production and Agrotechnology of Cotton Growing (702133, Republic of Uzbekistan, Tashkent region, Kibray district, Akkavak).

**Aleksandr G. Bezborodov** – DSc (Ag), Professor of the Department of Economics and Management, Russian Academy of Farm Industry Human Resourcing (111621, Moscow, Orenburgskaya str., 15 B).

**Yuri G. Bezborodov** – DSc (Eng), Professor of the Department of Forestry and Landscape Reclamation, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya str., 49; Tel.: +7 (499) 976-40-25; e-mail: geo@timacad.ru).