

УДК 551.509.331 (575.2)

## О ВОЗМОЖНОСТИ ВЫЯВЛЕНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗАСУХ В КЫРГЫЗСТАНЕ

Э.К. Исаев, Ш.А. Омурзакова

Проанализирован мониторинг засух на территории Кыргызстана. Рассмотрено качество мониторинга в зависимости от типа засух и возможности их прогнозирования с использованием стандартизированного индекса осадков. Приведены выводы и рекомендации о моделировании засух в Кыргызстане.

*Ключевые слова:* засуха; мониторинг; прогноз; урожайность.

---

## КЫРГЫЗСТАНДА КУРГАКЧЫЛЫКТЫ АНЫКТОО ЖАНА МОДЕЛДӨӨ

Э.К. Исаев, Ш.А. Омурзакова

Макалада Кыргызстандын аймагында кургакчылыктын мониторинги талданган. Стандарттык жаан-чачындар индексинин пайдалануу менен кургакчылыкты түрүнө жараша аныктоо жана болжолдоо мүмкүнчүлүгү каралган. Макаланын аягында Кыргызстанда кургакчылыкты болжолдоо тууралуу жыйынтыктар жана сунуштар келтирилген.

*Түйүндүү сөздөр:* кургакчылык; мониторинг; болжолдоо; түшүмдүүлүк.

---

## ON THE POSSIBILITY OF DROUGHT DETECTION AND MODELING IN KYRGYZSTAN

E.K. Isaev, Sh.A. Omurzakova

The article analyzes the monitoring of droughts on the territory of Kyrgyzstan. It is considered the quality of monitoring depending on the type of droughts and the possibility of predicting droughts using a standardized precipitation index. Conclusions and recommendations on drought modeling in Kyrgyzstan are presented.

*Keywords:* drought; monitoring; forecast; yield.

Засуха, будучи опасным агрометеорологическим явлением и неотъемлемой частью изменчивости климата, часто наносит значительный ущерб засушливым и полузасушливым регионам Кыргызстана. Однако на сегодняшний день в Кыргызстане отсутствует мониторинг и прогноз засух. Метеорологические, сельскохозяйственные и гидрологические засухи проявляются в стране все чаще, также как и в других странах Центральной Азии. Метеорологической засухой считается ситуация, когда годовое количество осадков меньше, чем их многолетнее среднегодовое количество. Если метеорологическая засуха продолжается долгое время, она порождает гидрологическую засуху, характерную сокращением руслового стока и запасов подземных вод. Сельскохозяй-

ственная засуха происходит, когда водообеспеченность почвы для сельхозкультур сокращается до уровня, при котором возникают отрицательные воздействия на урожай зерна и, как следствие, сельскохозяйственное производство в регионе [1, 2]. С учетом того, что земледелие в Кыргызстане преимущественно орошаемое, следующим по значимости фактором риска является маловодье на реках или гидрологическая засуха в период вегетации (апрель–сентябрь). Ее проявление чрезвычайно опасно особенно весной и в начале лета. В период 1975–2004 гг. в Чуйской, Ошской, Жалал-Абадской, Баткенской областях в период вегетации маловодными были 13–33 % лет.

Цель данной работы – исследование возможности использования стандартизированного

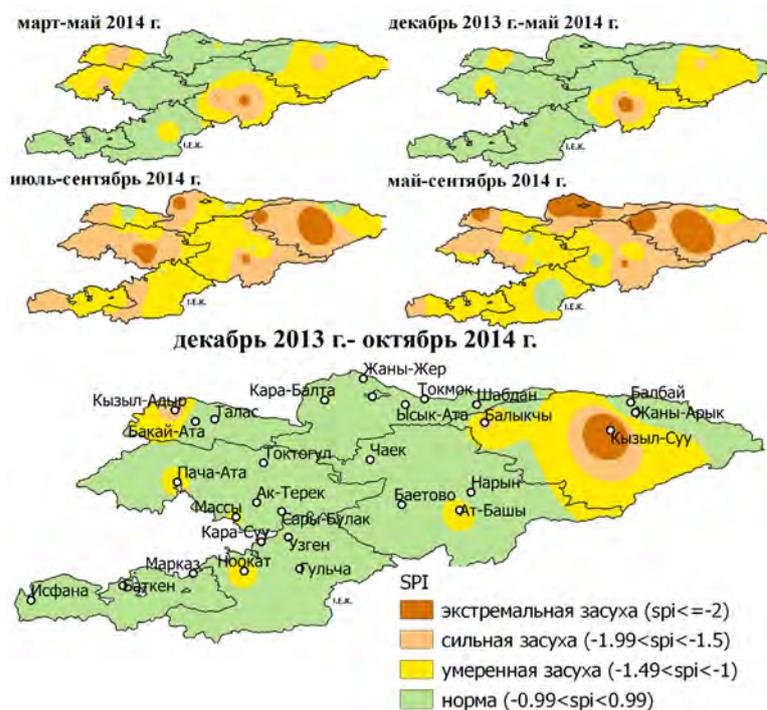


Рисунок 1 – Значение индекса засухи SPI за 2013–2014 гг.

индекса осадков (SPI) для мониторинга и прогнозирования засух в Кыргызстане.

Чтобы выполнить анализ засух, необходим показатель точного определения влажных и засушливых периодов. Многие исследователи предлагали несколько показателей засухи, все они приведены в справочнике по показателям и индексам засушливости ВМО [3].

В 2009 г. Всемирная метеорологическая организация (ВМО) рекомендовала использовать для мониторинга засух стандартизированный индекс осадков (The Standardized Precipitation Index – SPI), который в исследовательском или в оперативном режиме используется более чем в 70 странах [4].

Состояние влажности почвы реагирует на аномалии осадков в относительно кратком временном масштабе. Состояние подземных вод, речного стока и водохранилищ отражает долгосрочные аномалии осадков. Так, например, кто-то пожелает узнать SPI на 1 или 2 месяца для метеорологической засухи, SPI на 1–6 месяцев для сельскохозяйственной засухи и SPI на срок приблизительно от 6 до 24 месяцев или более того, для гидрологической засухи для мониторинга соответствующих применений [4].

По данным агрометеорологических станций и постов на территории Кыргызстана были созданы алгоритмы расчетов SPI (рисунки 1, 4, 7), для чего использовалась предварительно созданная в отделе агрометеорологии Агентства по гидрометеорологии при Министерстве чрезвычайных ситуаций Кыргызской Республики (Кыргызгидромет) специализированная база осадков по тридцати агрометеорологическим постам за 1927–2018 гг.

Индекс SPI основан на распределении вероятности осадков в любом временном масштабе. По существу, он базируется на использовании временных рядов месячных сумм осадков; фактически это преобразованная величина количества осадков, имеющая нормальное распределение. Расчеты SPI могут производиться за любой период – месяц, сезон, год, т. е. и в зимний период, где гарантируется, что частоты чрезвычайных событий в любом месте и в любом масштабе времени согласованы. Подробное описание SPI приведено в [4].

С использованием расчетных значений SPI были построены карты распределения этого показателя по агрометеорологическим постам за отдельные годы по месяцам основного весенне-

летнего периода вегетации зерновых культур. Рассчитанные значения SPI были проинтерполированы методом обратных взвешенных расстояний (IDW) (рисунки 1, 4 и 7). Их анализ показал значительное сходство с агрометеорологической оценкой условий засухи.

Анализ рисунка 1 позволил выявить засушливые условия за период март-май 2014 г. в Таласской, Нарынской областях и в юго-восточной части Иссык-Кульской котловины. За период март-май 2014 г. и декабрь 2013 г. – май 2014 г. в Чуйской области засушливость не наблюдалась, но за период май-сентябрь 2014 г. наблюдалась экстремальная засуха.

Для мониторинга засухи использовали данные из спутника MODIS с пространственным разрешением 250 м, и были построены карты (рисунок 2) индекса вегетации NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) [5]. Но, к сожалению, по индексу NDVI определить засуху напрямую является довольно трудной задачей. Необходимо посчитать косвенные показатели засухи с помощью индекса NDVI. Поэтому на рисунке 3 приведен среднегодовой индекс здоровья вегетации (Mean VHI), который позволяет пользователю оценить общую степень засухи за весь вегетационный период, отслеживая здоровье растительности и влияние температуры на состояние растений. Среднегодовое значение VHI учитывает чувствительность культуры к нехватке воды в течение ее вегетационного периода и рассчитывает временное влияние дефицита влаги и температуры в течение всего вегетационного периода.

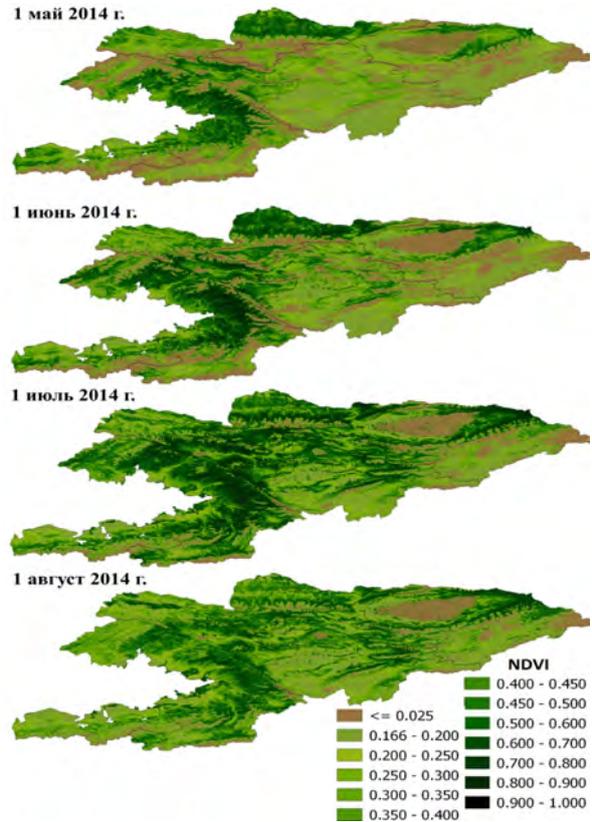


Рисунок 2 – Значение индекса вегетации NDVI

Анализ карты VHI показывает, что в 2014 г. в зоне земледелия (рисунок 3, а) наблюдалась засуха, а в 2016 г. (рисунок 3, б) в зоне земледелия (все отмечено зеленым цветом) засухи не было. И в пастбищных зонах наблюдалась аналогичная ситуация (рисунок 3 в, г).

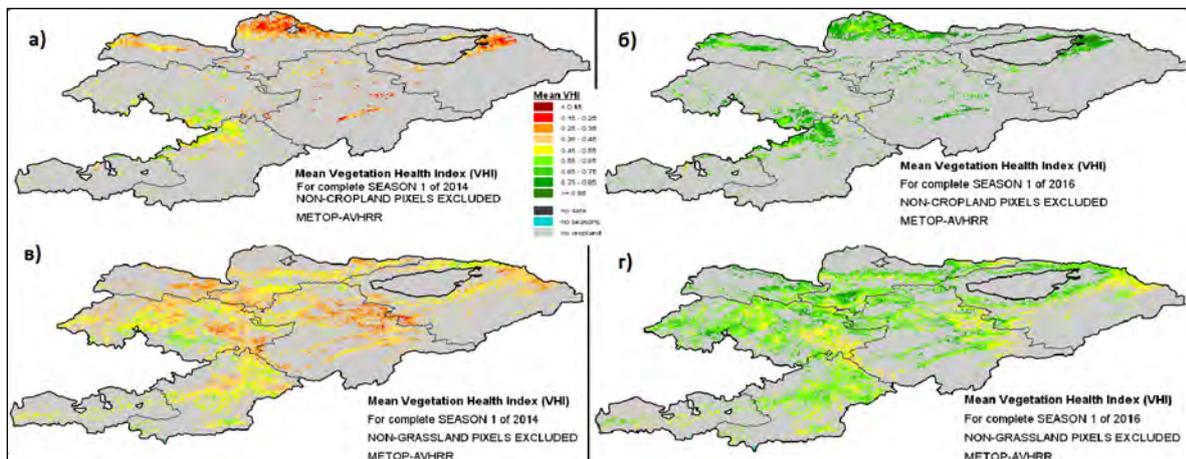


Рисунок 3 – Значение среднегодового индекса VHI [6]

Таблица 1 – Зерновые культуры – всего (без зерно-бобовых, риса и гречихи)

Области	2014 г.			2016 г.			2018 г.		
	Общая площадь уборки, га	Валовой сбор, т	Урожайность, цент/га	Общая площадь уборки, гектар	Валовой сбор, т	Урожайность, цент/га	Общая площадь уборки, га	Валовой сбор, т	Урожайность, цент/га
Баткен	36085	90341,4	24,8	34838	97102,8	27,7	34722	98400,4	28,3
Джалал-Абад	60348	242486	39,9	59997	271201,8	44,4	59481	272084,4	45,0
Иссык-Куль	92655	147811,1	16	88245	216114,3	24,5	88815	218680,3	24,6
Нарын	24051	39578	16,5	25300	51625,0	20,4	22157	45110,5	20,4
Ош	94645	292187,1	30,4	92063	316552,7	33,4	85673	294126,2	33,5
Талас	15349	49994	32,6	13714	49940,4	36,4	11781	45426,6	38,6
Чуй	262890	459389	17,5	242270	719560,5	29,7	247819	762020,8	30,7

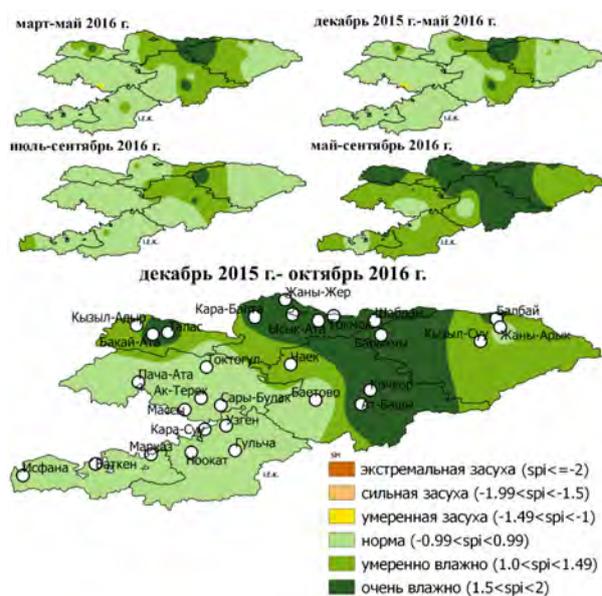


Рисунок 4 – Значение индекса засухи SPI за 2015–2016 гг.

Анализ рисунков 1–3 позволил сделать вывод, что засуха 2014 г. негативно отразилась на продуктивности растениеводства и животноводства. И этот результат подтверждается данными Национального комитета статистики Кыргызской Республики (таблица 1).

Данные таблицы 1 показывают, что в 2014 г. была низкая урожайность по всей территории страны, тогда же наблюдалась засуха. В Чуйской области урожайность была самой низкой – 17,5 цент/га по сравнению 2016 г. – 29,7 цент/га, когда год был влажным.

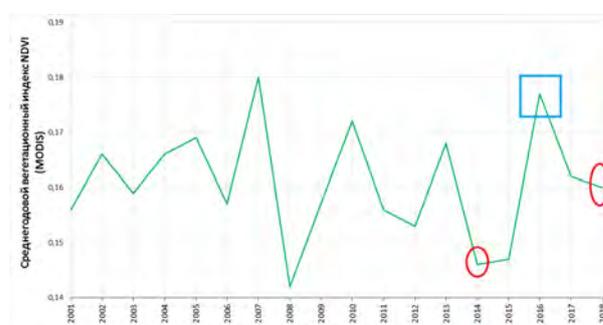


Рисунок 5 – Значение среднего индекса вегетации NDVI в Кыргызстане

На рисунке 4 приведены значения индекса засухи SPI за 2016 г., когда засуха не наблюдалась.

Если посмотреть среднее значение NDVI для всей территории Кыргызстана, то можно определить засушливые годы. На рисунке 5 отмечены красными кружками годы, когда наблюдались засухи и квадратом – влажный год.

Анализ рисунка 5 позволяет сделать вывод о том, что в 2014 и 2008 гг. наблюдались сильные засухи, а в 2016 г. год был влажным. В 2018 г. также наблюдалась умеренная засуха.

Как уже выше отмечалось, приведенный на рисунке 2 нормализованный разностный индекс растительности (NDVI), который измеряет “зеленоватость” почвенного покрова, показывает плотность и состояние растительности (от +1 до -1), где высокие положительные значения соответствуют плотной и здоровой растительности, а низкие и отрицательные значения NDVI указывают на плохие условия

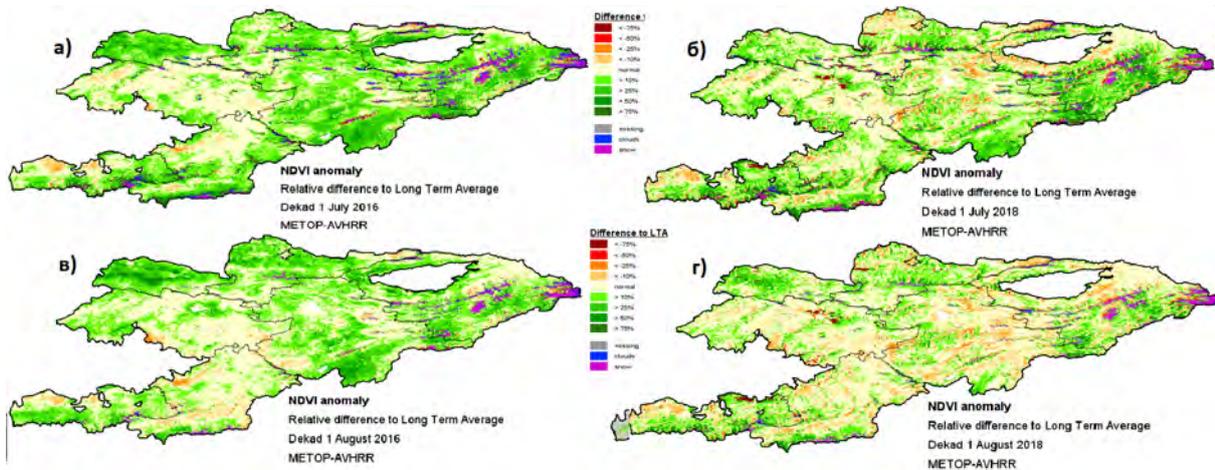


Рисунок 6 – Значение аномалия NDVI [6]

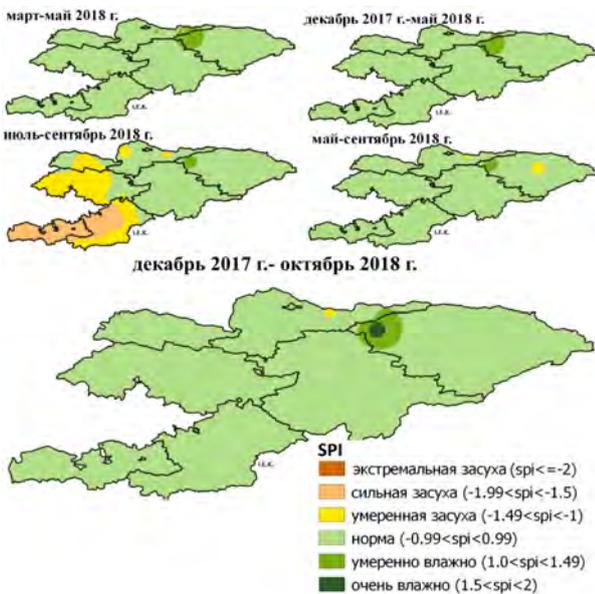


Рисунок 7 – Значение индекса засухи SPI за 2017–2018 гг.

растительности. Однако он недостаточен для прямого мониторинга засухи. Поэтому на рисунке 6 приведены значения аномалии NDVI, которая указывает на изменение текущей декады до долгосрочного среднего значения, где положительное значение (например, 20 %) будет означать улучшение условий вегетации по сравнению со средним, в то время как отрицательное значение (например, 40 %) будет указывать на сравнительно плохие условия растительности.

Анализ рисунка 6, на котором приведена аномалия NDVI за первую декаду июля, августа 2016 г. и за первую декаду июля, августа 2018 г., показывает засушливость в некоторых районах Баткенской и Жалал-Абадской областях. Там значения аномалии NDVI достигают 75 %. По значениям SPI (рисунок 7) в этих областях также наблюдается засуха в период вегетации.

По урожайности зерновых культур (таблица 1) 2018 г. не сильно отличается от влажного 2016 года. Это, по-видимому, объясняется тем, что более 60 % территории зоны земледелия Кыргызстана находятся в зоне орошаемого земледелия, где почвенная засуха частично купировалась поливами.

Для подробного анализа в таблице 2 приведены данные урожайности по основным культурам в Баткенской области.

Таблица 2 – Урожайность культур в Баткенской области за 2014–2018 гг.

Культура	2014 г.	2016 г.	2018 г.
	урожайность, цент/га	урожайность, цент/га	урожайность, цент/га
Пшеница	15,8	17,0	17,8
Ячмень	10,1	13,0	12,9
Рис	32,3	32,1	33,2
Подсолнечник	15,6	16,5	16,1
Сафлор	7,2	7,2	7,6
Хлопок	16,4	23,3	19,4
Табак	23,1	24,1	23,5
Картофель	140,4	141,7	145,6
Фрукты и ягоды	47,4	47,4	51,1
Виноград	12,9	15,5	16,5

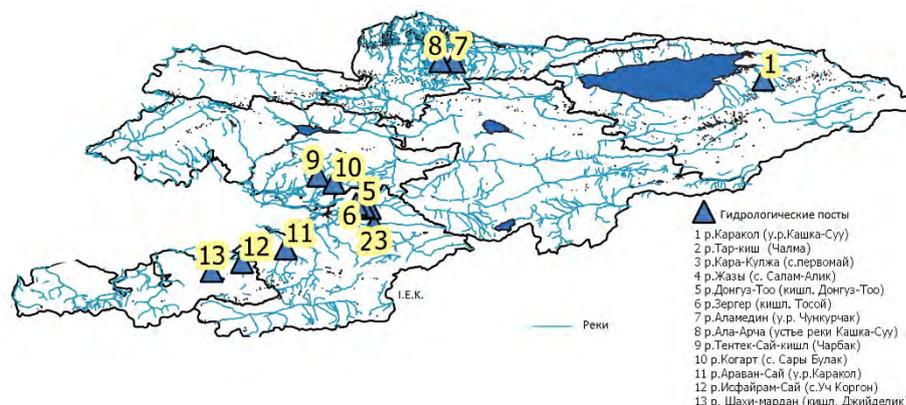


Рисунок 8 – Гидрологические посты

Таблица 3 – Среднее значение расходов воды в реках Кыргызстана в м<sup>3</sup>/с

Название реки (гидрологические посты)	2013 г. де- кабрь–2014 г. октябрь	2015 г. де- кабрь–2016 г. октябрь	2017 г. де- кабрь–2018 г. октябрь	Май– сентябрь 2014 г.	Май– сентябрь 2016 г.	Май– сентябрь 2018 г.
р. Каракол (у.р. Кашка-Суу)	3,75	<b>7,46</b>	-	5,73	<b>9,10</b>	-
р. Тар-киш (Чалма)	42,51	<b>56,85</b>	49,94	65,90	<b>94,20</b>	82,60
р. Кара-Кулжа (с. Первомай)	18,95	<b>29,85</b>	16,48	32,70	<b>55,32</b>	25,40
р. Жазы (с. Салам-Алик)	12,97	<b>17,39</b>	16,64	19,82	<b>27,11</b>	24,62
р. Донгуз-Тоо (кишл. Донгуз-Тоо)	3,30	<b>3,30</b>	3,60	3,98	<b>3,92</b>	3,88
р. Зергер (кишл. Тосой)	2,68	<b>2,94</b>	4,44	3,12	<b>4,97</b>	4,33
р. Аламедин (у.р. Чункурчак)	-	-	0,00	11,07	<b>13,48</b>	-
р. Ала-Арча (устье реки Кашка-Суу)	-	-	0,00	8,46	<b>13,79</b>	-
р. Тентек-Сай-кишл (Чарбак)	-	<b>47,95</b>	39,35	-	<b>62,72</b>	57,40
р. Когарт (с. Сары Булак)	-	<b>32,07</b>	25,59	-	<b>47,42</b>	34,73
р. Араван-Сай (у.р. Каракол)	-	<b>8,91</b>	7,00	-	<b>10,54</b>	7,21
р. Исфайрам-Сай (с. Уч Коргон)	-	-	18,72	-	-	27,36
р. Шахи-Мардан (кишл. Джийделик)	-	<b>12,33</b>	11,94	-	<b>17,18</b>	16,49

Анализ данных урожайности в Баткенской области показал влияние засухи на некоторые культуры. Например, хлопок снизился с 23,3 цент/га до 19,4 цент/га, однако на других видах культур засуха отразилась незначительно.

Для анализа выявленной гидрологической засухи (рисунок 1) в период с декабря 2013 г. по октябрь 2014 г. в таблице 3 приведены средние значения расходов воды в исследуемых реках (рисунок 8) по периодам.

Анализ моделирования SPI и средних значений расходов воды (таблица 3) в юго-восточной части Иссык-Кульской котловины по SPI (рисунок 1) показал наличие гидрологической

засухи. Этот результат подтверждается средним значением расходов воды в р. Каракол в период с декабря 2013 г. по октябрь 2014 г. (таблица 3), что составило 3,75 м<sup>3</sup>/с, как во влажный период с декабря 2015 г. по октябрь 2016 г. (таблица 3) среднее значения расхода воды составило 7,46 м<sup>3</sup>/сек. Аналогичный результат наблюдался и на других реках.

Анализ средних расходов воды в период май–сентябрь 2014 г. (таблица 3) показывает значительно более низкий уровень расходов воды по всем рекам по сравнению периодом май–сентябрь 2016 г. Также по значениям SPI в период

май–сентябрь 2014 г. наблюдалась засуха на большей части Кыргызстана.

Кратковременная засуха в период июль–сентябрь 2018 г. (рисунок 7) незначительно повлияла на среднее значение расхода воды в реке Шахи-Мардан (таблица 3), поскольку это была метеорологическая засуха, а гидрологическая засуха складывается за срок приблизительно от 6 до 24 месяцев согласно [4].

Анализ показал, что на преобладающей территории Кыргызстана отмечалось вполне удовлетворительное сходство распределения SPI со средними значениями расходов воды в реках, а также с урожайностями культур, т. е. по этим показателям наблюдалось адекватное выявление засух и увлажненности. Это указывает на возможность использования SPI в мониторинге и прогнозе гидрологических, агрометеорологических и метеорологических засух.

Обобщая всё сказанное выше, можно сделать следующие выводы.

Впервые была выявлена приемлемая адекватность идентификации гидрологических, агрометеорологических, метеорологических засух и увлажненности территорий Кыргызстана по SPI.

На примере областей Кыргызстана показано, что индекс SPI достаточно тесно связан с урожайностью зерновых и зернобобовых культур и со средними значениями расхода воды в реках Кыргызстана.

Необходимы дальнейшие исследования по мониторингу и моделированию засухи в Кыр-

гызстане. Для прогноза гидрологических, агрометеорологических, метеорологических засух необходим прогноз количества осадков и температуры за месяц–сезон–год. Для этого следует использовать модели долгосрочного прогноза осадков и температуры, где выходная продукция модели будет служить в качестве начальных данных для модели засухи и урожайности.

#### *Литература*

1. Kumar V. Predictive Assessment of Severity of Agricultural Droughts Based on Agro-Climatic Factors / V. Kumar, U. Panu // Journal of the American Water Resources Association, 1997. № 33(6). P. 1255–1264.
2. Dracup J.A. On the definition of droughts / J.A. Dracup, K.S. Lee, E.G. Paulson // Water Recourse. Res., 1980. № 16. P. 297–302.
3. Справочник по показателям и индексам засушливости Всемирной метеорологической организации (ВМО), 2012: Руководство для пользователей стандартизированного индекса осадков. Вып. 1090. Женева: ВМО, 2012. С. 1–26.
4. Standardized Precipitation Index. User Guide // WMO-No. 1090. 2012. 18 p.
5. Normalized Difference Vegetation Index // Exact Farming: [сайт]. URL: <https://www.exactfarming.com/ru/o-chem-rasskazhet-ndvi/> (дата обращения: 05.05.2019).
6. Vegetation index // Earth observation: [сайт]. URL: <http://www.fao.org/giews/earthobservation/country/index.jsp?code=KGZ&lang=ru> (дата обращения: 18.05.2019).