

Л.Б. Чанга, Р.П. Репинская

## О ПОКАЗАТЕЛЕ ЗАСУХИ И ИЗБЫТОЧНОГО УВЛАЖНЕНИЯ В ТАНЗАНИИ

L.B. Chang'a, R.P. Repinskaya

## ON THE DROUGHT AND OVERMOISTENING INDEX FOR TANZANIA

В тропической зоне Африки, находящейся под воздействием муссонной циркуляции, нередко наблюдаются продолжительные засушливые периоды, либо имеет место избыточное увлажнение, оба явления приносят странам этого региона большие экономические потери. С 1870 по 1990 г. больше 70% из всех катастрофических явлений были связаны с засухами и избыточным увлажнением. Целью данной работы явилось исследование атмосферных засух и избыточного увлажнения в Танзании на основе количественного параметра, предложенного Д.А. Педем.  $S_i(\tau) = \Delta T / \sigma_T - \Delta R / \sigma_R$ , где  $i$  – пункт, для которого вычисляется индекс;  $\Delta T$  – аномалия температуры, а  $\Delta R$  – аномалия количества осадков за рассматриваемый интервал времени  $\tau$ ;  $\sigma_T$  и  $\sigma_R$  – соответственно средние квадратические значения величин  $\Delta T$  и  $\Delta R$ . Исследование проводилось нами по данным наблюдений (за 1972 – 2002 гг.) на 20 станциях, достаточно равномерно расположенным по территории страны. Результаты анализа засухи и избыточного увлажнения за исследуемый период в Танзании показали, что: территория Танзании подвержена воздействию как засухи, так и избыточного увлажнения, следовательно, изучение условий возникновения этих явлений необходимо в равной степени; ареал распространения как сильных засух, так и сильного увлажнения, в основном, локальный, хотя в отдельные годы может быть значительным по площади; использованный нами критерий засушливости хорошо характеризует изучаемое атмосферное явление и им можно успешно пользоваться в практической работе.

*Most of the African countries along the tropics which are under the influence of monsoon circulation are very often affected by drought phenomena and sometimes floods, leading to serious economic consequences. From 1870 to 1990, more than 70% of all natural disasters in Tanzania were linked to drought and flood. The main objective of this study is to analyze atmospheric drought and overmoistening in Tanzania with the aid of the Pedy Index, which is the difference between normalized temperature anomalies and normalized rainfall anomalies.  $S_i(\tau) = \Delta T / \sigma_T - \Delta R / \sigma_R$ , where  $\Delta T$  is temperature anomaly, and  $\Delta R$  is monthly rainfall anomaly over a given period;  $\sigma_T$  and  $\sigma_R$  are the respectively standard deviations of the parameters  $\Delta T$  and  $\Delta R$ . The study was conducted using data from 1972 to 2002, collected at 20 meteorological stations evenly distributed across the country. The results obtained in this study show that (1) Tanzania is often affected by both drought and floods and therefore the study on the causes and the dynamics of drought and floods should carry equal weights; (2) the distribution of both severe droughts and severe floods is mainly of a local nature, although they may cover large areas in certain years and (3) the Pedy Index employed in this study responds well to the extreme events and can therefore be used for operational purpose.*

В литературе, посвященной изучению засух, приводятся различные способы определения засухи, характерные типы и условия формирования этого явления [1 – 14]. Понятие о засухе возникло в сельскохозяйственном производстве, однако, из-за сложности явления и отсутствия единой методики его оценки, получило несколько противоречивых определений. Метеорологи изучают засуху без учета ее влияния на растительность, т.е. только метеорологические аспекты явления.

Обычно под засухой понимают [11] комплекс метеорологических и биологических явлений, обусловленных длительным и значительным недостатком осадков при высокой температуре воздуха в вегетационный период, когда за счет испарения с поверхности почвы и транспирации исчерпываются запасы влаги в почве и создаются неблагоприятные условия для произрастания сельскохозяйственных культур.

Аналогичное положение сложилось и с определением избыточного увлажнения. Поэтому целесообразно использовать количественный критерий для характеристики обоих явлений, противоположных по своей природе.

Анализ исследований засух показал, что существует три подхода к их классификации: агрономический, агрометеорологический и метеорологический. Установлено, что засухи бывают атмосферные, почвенные и атмосферно-почвенные. Хотя каждая из засух отличается от другой по комплексу влияющих факторов, однако в общем они зависят от температуры воздуха, ее устойчивости в течение определенного периода, количества выпавших осадков, их интенсивности и частоты, особенностей почвы и ее влажности на различных глубинах (обычно в деятельном слое – до 1 м), покрытия неба облаками, относительной влажности, скорости ветра и т. п.

Все указанные параметры или их комбинацию при засухе следует рассматривать как резкое отклонение от нормы, а не как обычное условие, характерное для засушливых районов.

Агрономический критерий засухи базируется только на снижении урожайности. В этом отношении агрометеорологический подход, в соответствии с которым изучают биологию растения в комплексе с воздействием окружающей среды (метеорологические условия), заслуживает особого внимания. Однако засуха, как чисто метеорологическое явление, может быть независимо от растительности. Засуха – аномально сухой период. Различают понятие засухи, которая может быть в любом районе в теплой части года, с климатической засушливостью, неблагоприятной для растительности.

Например, в [1] в качестве показателя увлажнения предложено отношение количества осадков к сумме активных (положительных) средних суточных температур, т. е.  $K_c = \sum R / 0,1 \sum t$ , где  $\sum R$  – количество осадков (мм) за вегетационный период, а  $\sum t$  – сумма средних суточных температур выше  $10^0$  за то же время. Установлены следующие типы климатических условий

в зависимости от величины  $K_C$ : менее 0,5 – весьма мало осадков и очень засушливо; 0,5 – 1,0 – засушливо и недостаточно влажно; более 1,0 – избыточно влажно. Такой способ оценки увлажнения территории получил широкое распространение при изучении засух.

Оценку засухи можно производить с помощью плювиотермического коэффициента  $K_{ПТ}$  [1], представляющего собой отношение количества выпавших осадков (мм) к сумме средних месячных температур за то же время:  $K_{ПТ} = \sum R / \sum T$ . В качестве критерия наличия атмосферной засухи принята величина  $K_{ПТ} \leq 2$  мм/град.

В тропической зоне Африки, находящейся под воздействием муссонной циркуляции, нередко наблюдаются продолжительные засушливые периоды, либо имеет место избыточное увлажнение, оба явления приносят странам этого региона большие экономические потери. С 1870 по 1990 г 38% из всех катастрофических явления в Танзании были связаны с наводнениями в периоды избыточного увлажнения, а 33% с засухами [7]. Следовательно, больше 70% из всех катастрофических явления были связаны с засухами и избыточным увлажнением.

### **Цель, исходные данные и метод исследования**

Целью данной работы явилось исследование атмосферных засух и избыточного увлажнения в Танзании на основе количественного параметра, предложенного Д.А. Педем [1, 2]:  $S_i(\tau) = \Delta T / \sigma_T - \Delta R / \sigma_R$ , где  $i$  – пункт, для которого вычисляется индекс;  $\Delta T$  – аномалия температуры, а  $\Delta R$  – аномалия количества осадков за рассматриваемый интервал времени  $\tau$ ;  $\sigma_T$  и  $\sigma_R$  – соответственно средние квадратические значения величин  $\Delta T$  и  $\Delta R$ . В нашей работе  $\tau$  равно одному месяцу. Таким образом, индекс  $S_i$  представляет собой разность нормированных значений аномалий температуры и количества осадков в отдельные месяцы года в пункте  $i$  и указывает на потенциальную возможность засух и избыточного увлажнения за счет атмосферных факторов, а именно: чем меньше выпадает осадков и чем выше температура воздуха, тем, очевидно, выше оценка значения индекса  $S_i$  и, следовательно, вероятности засухи, и наоборот.

Исследование проводилось нами по данным наблюдений за 1972 – 2002 гг. на 20 станциях, достаточно равномерно расположенным по территории страны. Значение  $S_i$  определялось для каждого года и каждого пункта отдельно за октябрь, ноябрь и декабрь (сезон OND) и марта, апреля и мая (сезон MAM). Полученные результаты усреднялись по 10 районам (рис. 1) и расчи-

тывались повторяемости засух и избыточного увлажнения разной интенсивности: чем больше  $S_i$ , тем явление сильнее, и наоборот [1, 2].

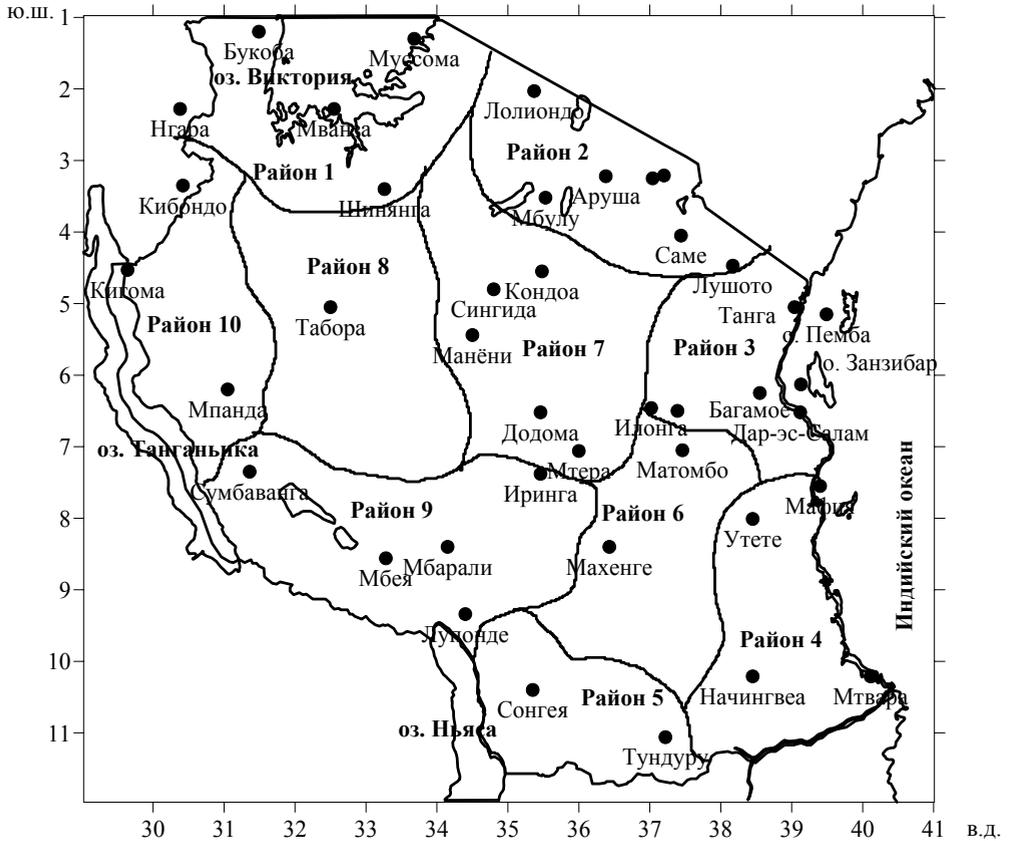


Рис. 1. Климатические районы Танзании.

### Основные результаты

Выявлено, что почти во всех районах в сезоне МАМ, в основном, преобладали явления, близкие к норме ( $-1 \leq S_i \leq 1$ ) – от 41 до 61%; слабая засуха ( $1 < S_i \leq 2$ ) наблюдались от 9% до 32%, сильная засуха ( $2 < S_i \leq 3$ ) – от 0 до 12,9%, очень сильная засуха ( $S_i > 3$ ) – 3,2%, а избыточное увлажнение было, в основном, слабое ( $-2 \leq S_i < -1$ ) – от 6,5% до 29% (табл. 1). В 1997 г наблюдалось очень сильное увлажнение ( $S_i < -3$ ), которое нанесло ущерб в 70 миллионов долларов.

Таблица 1

**Повторяемость (%) засухи и избыточного увлажнения разной интенсивности по районам Танзании за 1972 – 2002 гг. в марте, апреле и мае (МAM)**

Район	Увлажнение			Около нормы	Засуха		
	очень сильное	сильное	слабое		слабая	сильная	очень сильная
	$S_i < -3$	$-3 \leq S_i < -2$	$-2 \leq S_i < -1$		$-1 \leq S_i \leq 1$	$1 < S_i \leq 2$	$2 < S_i \leq 3$
	%	%	%	%	%	%	%
1	0	0	22,6	61,3	9,7	6,5	0
2	9,7	0	16,1	45,2	22,6	3,2	3,2
3	0	3,2	12,9	61,3	12,9	9,7	0
4	6,5	9,7	16,1	41,9	12,9	9,7	3,2
5	0	3,2	29,0	41,9	9,7	12,9	3,2
7	3,2	12,9	6,5	54,8	12,9	6,5	3,2
8	6,5	0	19,4	41,9	19,4	9,7	3,2
9	0	9,7	16,1	48,4	22,6	0	3,2
10	6,5	9,7	9,7	41,9	32,3	0	0

В сезоне OND преобладали явления, близкие к норме – от 38,7 до 54,8%; повторяемости слабой засухи колеблются от 16 до 29%, сильной засухи – от 0 до 12,9%, очень сильной – от 0 до 9,7%, а слабого увлажнения – от 3,2 до 16,1%, сильного увлажнения – от 0 до 12,9% и очень сильного – от 0 до 6,5% (табл. 2).

Таблица 2

**Повторяемость (%) засухи и избыточного увлажнения разной интенсивности по районам Танзании за 1972 – 2002 гг. в октябре, ноябре и декабре (OND)**

Район	Увлажнение			Около нормы	Засуха		
	очень сильное	сильное	слабое		слабая	сильная	очень сильная
	$S_i < -3$	$-3 \leq S_i < -2$	$-2 \leq S_i < -1$		$-1 \leq S_i \leq 1$	$1 < S_i \leq 2$	$2 < S_i \leq 3$
	%	%	%	%	%	%	%
1	0	9,7	12,9	54,8	12,9	6,5	3,2
2	6,5	0	12,9	48,4	25,8	6,5	0
3	3,2	6,5	12,9	48,4	16,1	12,9	0
4	3,2	12,9	3,2	54,8	16,1	9,7	0
5	6,5	6,5	6,5	54,8	16,1	0	9,7
7	3,2	9,7	12,9	45,1	29,0	0	0
8	0	12,9	19,4	38,7	19,4	6,5	3,2
9	3,2	12,9	12,9	38,7	22,6	6,5	3,2
10	0	9,7	16,1	48,4	16,1	6,5	3,2

Рис. 2 – 9 представляют пространственное распределение индекса  $S_i$  в период засух в 1983 г. и избыточное увлажнение в 1982, 1972 и 1997 г. В 1972 г. в основном преобладало слабое увлажнение, а в сезоне октябрь – декабрь 1982 г. избыточное увлажнение охватило почти всю территорию страны (рис. 2 – 4). В сезоне март – май 1983 г практически вся территория Танза-

нии была охвачена засухой, которая особенно сильно проявлялась в центральной части ( $S_i \approx 3,5$ ) и на северо-западе, в районе озера Виктория ( $S_i \approx 3,5$ ), а в сезоне октябрь – декабрь засуха охватила только район «северо-восточное побережье» (рис. 6 – 7). В период с октября по декабрь 1997 г. (рис. 8) практически на всей территории страны имело место избыточное увлажнение. Особенно сильно этот эффект наблюдался в центральной части ( $S_i \approx -6$ ). В 1972 г. в отличие от 1997 г. область максимального избыточного увлажнения была несколько смещена в юго-восточную часть страны, где  $(S_i)_{\max} \approx -3$ ; при этом в северо-западной части территории наблюдалась слабая засуха. Приведенные примеры свидетельствуют о том, что в указанные годы циркуляционный механизм, ответственный за формирование крупномасштабных зон осадков, действовал существенно по-разному.

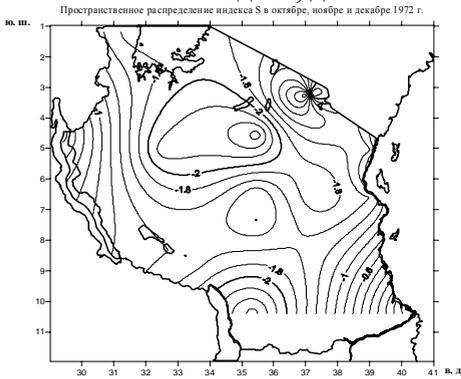


Рис. 2. Пространственное распределение индекса  $S_i$  в период избыточного увлажнения в октябре, ноябре и декабре 1972 г.

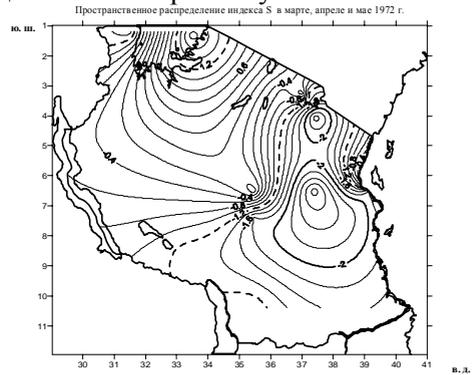


Рис. 3. Пространственное распределение индекса  $S_i$  в период избыточного увлажнения в марте, апреле и мае 1972 г.

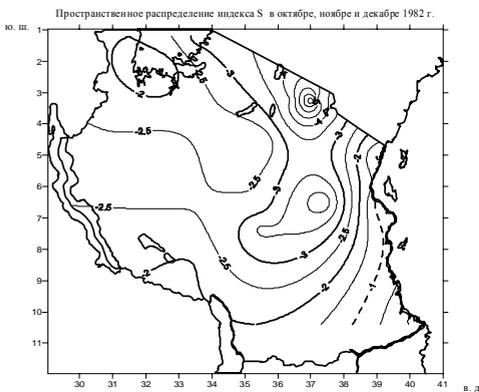


Рис. 4. Пространственное распределение индекса  $S_i$  в период избыточного увлажнения в октябре, ноябре и декабре 1982 г.

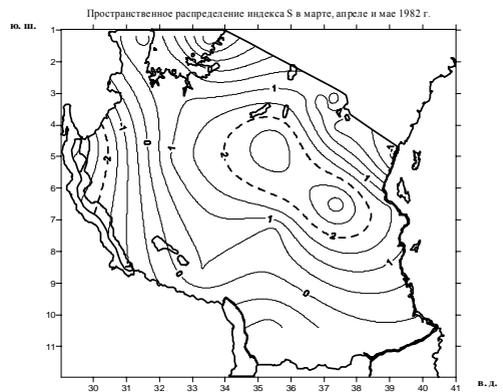


Рис. 5. Пространственное распределение индекса  $S_i$  в марте, апреле и мае 1982 г.

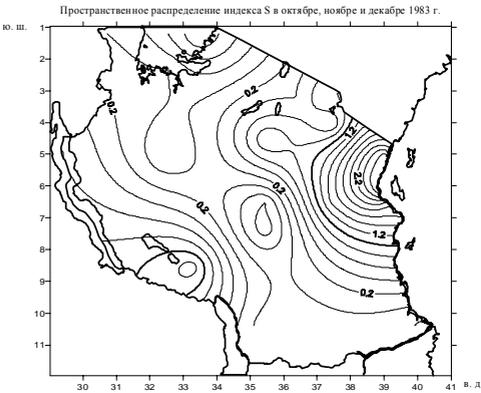


Рис. 6. Пространственное распределение индекса  $S_i$  в период засухи в октябре, ноябре и декабре 1983 г.

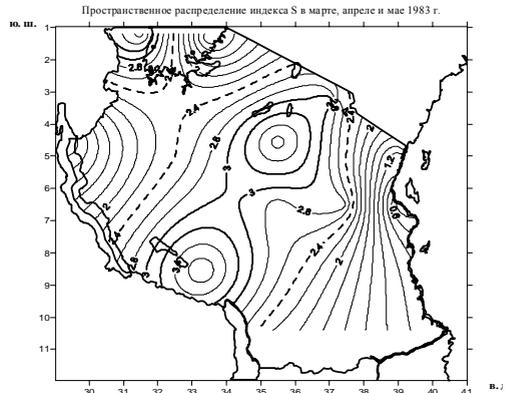


Рис. 7. Пространственное распределение индекса  $S_i$  в период засухи в марте, апреле и мае 1983 г.

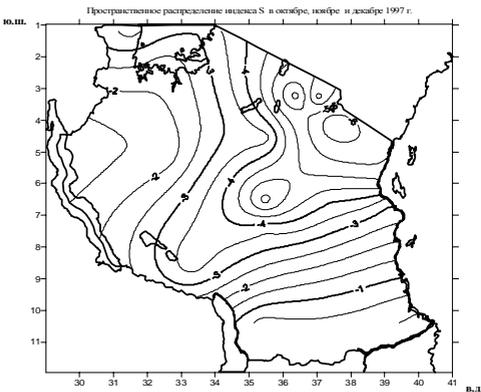


Рис. 8. Пространственное распределение индекса  $S_i$  в период избыточного увлажнения в октябре, ноябре и декабре 1997 г.

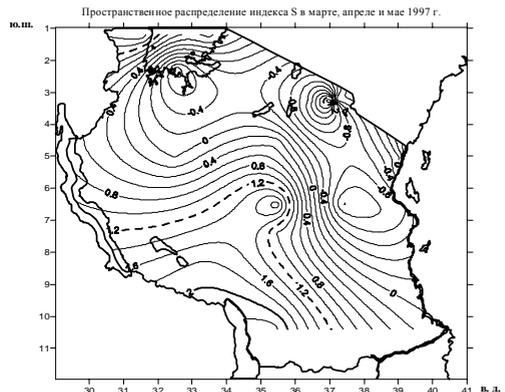


Рис. 9. Пространственное распределение индекса  $S_i$  в марте, апреле и мае 1997 г.

Интересно отметить, что во всех случаях сильные засухи (1983, 1987, 1993 гг.) и избыточное увлажнение (1997 г.) наблюдались во время Эль-Ниньо. Этот факт еще раз подтверждает роль этого глобального климатообразующего фактора в формировании режима осадков в тропиках, а также о необходимости включения различных индексов его и в разных районах тропической части Тихого океана в перечень виртуальных предикторов для долгосрочного прогноза осадков в Танзании.

### **Выводы**

Таким образом, результаты анализа засухи и избыточного увлажнения за исследуемый период в Танзании показали, что:

– территория Танзании подвержена воздействию как засухи, так и избыточного увлажнения, следовательно, изучение условий возникновения этих явлений необходимо в равной степени;

– ареал распространения как сильных засух, так и сильного увлажнения, в основном, локальный, хотя в отдельные годы может быть значительным по площади;

– использованный нами критерий засушливости хорошо характеризует изучаемое атмосферное явление и им можно успешно пользоваться в практической работе.

### **Литература**

1. *Педь Д.А.* О показателе засухи и избыточного увлажнения // Труды ГМЦ. 1975. Вып. 156, с. 19–38.
2. *Педь Д.А.* Климатические особенности атмосферных засух и избыточного увлажнения // Труды ГМЦ. 1975. Вып. 156, с. 39–63.
3. *Кулик М.С.* Об оценке засушливых явлений // Метеорология и гидрология, 1952. № 1, с. 35–40.
4. *Дроздов О.А.* Засухи и динамика увлажнения. – Л.: Гидрометеоиздат, 1980. – 93 с.
5. *Гедеонов А.Д.* Об африканской засухе последних лет // Метеорология и гидрология, 1975. № 5, с. 79–86.
6. *Утешев А.С.* Атмосферные засухи и их влияние на природные явления. – Алма-Ата: Наука 1972. – 176 с.
7. *Nuhu. H., Henry F. M.* Rainwater harvesting for natural resources management. A planning guide for Tanzania, RELMA Technical Handbook series No. 22, 2000.
8. *Каменькова Н. Г.* К вопросу об изучении весенне-летних засух на Европейской территории СССР // Труды ГГО. 1964. Вып. 164, с. 43–53.
9. *Кулик М.С.* Агроклиматические показатели засухи. Вопросы агрометеорологии. – М.: Гидрометеоиздат, 1958, с. 70–75.
10. *Селянинов Г.Т.* Происхождение и динамика засух. / В кн.: Засухи в СССР, их происхождение, повторяемость и влияние на урожай. – Л.: Гидрометеоиздат, 1958, с. 5–30.
11. Особенности засухи 1972 г. на Украине (Ред. К. Т. Логвинова). – Л.: Гидрометеоиздат, 1973. – 32 с.
12. *Tsheko R.* Rainfall reliability, drought and flood vulnerability in Botswana // Water SA. 2003. Vol. 29, № 4. P. 389–392.
13. *Dube L.T., Jury M.R.* Structure and precursors of the 1992/93 drought in Kwazulu–Natal, South Africa from NCEP reanalysis data // Water SA. 2003. Vol. 29. № 2. P. 201–208.
14. *Аласан Т.А.* Условия формирования засушливых явлений в Судано-Сахельской зоне Африки и их прогнозирование. Диссертация на соискание ученой степени канд. физ.-мат. наук / РГГМУ, 1990. – 178 с.