

DOI:10.26104/NNTIK.2023.52.13.012

Шаршеев Э.С., Чонтоев Д.Т., Жакеев Б.М.

ЫСЫК-КӨЛ ЧӨЛКӨМҮНҮН ТҮШТҮК-ЧЫГЫШ ТАРАБЫНЫН
МИСАЛЫНДА НЫМ ЗАПАСТАРЫН МАТЕМАТИКАЛЫК МОДЕЛДӨӨ

Шаршеев Э.С., Чонтоев Д.Т., Жакеев Б.М.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛАГОЗАПАСОВ НА ПРИМЕРЕ
ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ КОТЛОВИНЫ ОЗЕРА ИССЫК-КУЛЬ

E. Sharsheev, D. Chontoev, B. Zhakeev

MATHEMATICAL MODELING OF MOISTURE RESERVES ON THE EXAMPLE
OF THE SOUTH-EASTERN PART OF THE BASIN OF THE LAKE ISSYK-KUL

УДК: 551.1.48: 5515:519.86

Илимий иш техника илимдеринин доктору, профессор А.И. Голованов тарабынан иштелип чыккан «ПОЛИВ» моделдөө системасынын негизинде нымдуулуктун запастарын моделдөөгө арналган. Нымдуулук запастарын математикалык маделдөө метеорологиялык маалыматтар (атмосфералык жаан-чачындар, абанын температурасы жана салыштырмалуу нымдуулук) жана топурак кыртышынын касиеттери, изилденүүчү аймактын геологиялык шарттары эске алынган. Метеорологиялык маалыматтар Ысык-Көл облусунун Каракол шаарынын метеорологиялык станциясынан алынган. «ПОЛИВ» моделдөө системасына киргизилген киргизүү параметрлеринин негизинде 0,5 жана 1 м катмардагы өндүрүштүк нымдуулук запасынын математикалык маделдери маделдейтирилип алынды, алынган өндүрүштүк нымдуулук запасы Кыргыз Республикасынын аймактарын изилдөөдө экологиялык-экономикалык негиздөөдө мааниси жогорку деңгээлде турат.

Негизги сөздөр: нымдуулуктун запасы, кыртыштын нымдуулугу, моделдөө системасы, кыртыштын касиеттери, атмосфералык жаан-чачындар, абанын температурасы, нымдуулуктун даражасы, климаттык маалыматтар.

Научная работа посвящена моделированию влагозапасов на базе моделирующей системы «ПОЛИВ» разработанной д.т.н., профессором А.И. Головановым. Для моделирования влагозапасов были подготовлены метеорологические данные атмосферные осадки, температура воздуха и относительная влажность воздуха с метеостанции г. Каракол Иссык-Кульской области. Кроме вышеназванных данных при моделировании учтены свойства почвы и геологические условия исследуемого участка. На основе введенных входных параметров в моделирующую систему «ПОЛИВ» получены выходные параметры как продуктивные влагозапасы в слое 0,5 и 1 м. испаряемость, дефицит влаги и многие другие данные для производства расчетов урожайности и продуктивности исследуемого участка, что в действительности является ценным материалом для обоснования эколого – экономического обоснования отдельных регионов Кыргызской Республики.

Ключевые слова: влагозапасы, почвенная влага, моделирующая система, свойства почвы, атмосферные осадки, температура воздуха, степень влагопроводности, климатические данные.

The scientific work is devoted to the modeling of moisture reserves on the basis of the modeling system "POLIV" developed by Doctor of Technical Sciences, Professor A. I. Golovanov. To model moisture reserves, meteorological data were prepared - atmospheric precipitation, air temperature and relative air humidity from the

meteorological station of Karakol city of Issyk-Kul region. In addition to the above data, the modeling takes into account the properties of the soil and the geological conditions of the study area. Based on the input parameters entered into the modeling system "POLIV", output parameters were obtained as productive moisture reserves in a layer of 0.5 and 1 m. substantiation of the ecological and economic substantiation of individual regions of the Kyrgyz Republic.

Key words: moisture reserves, soil moisture, modeling system, soil properties, atmospheric precipitation, air temperature, relative air humidity, climatic data.

Введение. Научная статья является одним из серии статей по вопросам подготовки и обработки метеорологических данных для моделированию влагозапасов в условиях Юго-Восточной части котловины оз. Иссык-Куль. Предыдущая научная статья была опубликована в журнале «Наука новые технологии и инновации Кыргызстана» на тему «Анализ климатических условий посредством аппарата матрицы переходных вероятностей» (журнал №3, 2022 г.) [4].

Основной фактор, который определяет условия роста и развития не только сельскохозяйственных растений, но и всех других не сельскохозяйственных растений это почвенная влага [1].

Почвенная влага – считается основным ресурсом, посредством которого формируется и строится тело растения.

Влагозапасы в корнеобитаемом слое почвы – это единственный источник водоснабжения растений [1].

Содержание почвенной влаги непрерывно меняется в зависимости от обмена между почвой растением и атмосферой. Для исследования этого жизненно необходимого фактора необходимо изучения режима влаги в почве, которая определяется совокупными процессами поступления в почву, изменения физического состояния, передвижение и расход почвенной влаги из почвы. В регионах нашей страны разность урожаев от года к году имеет зависимость от несоответствия запасов влаги в почве к требованию растений.

Многие вопросы агропромышленного производства требует учета и оценки к особенности водного режима сельскохозяйственных угодий и изменения

его закономерности в зависимости от погодных условий местности [2].

Таковыми вопросами в сельскохозяйственном производстве могут быть, специализация сельского хозяйства (растениеводство, животноводство, птицеводство, рыбоводство, лесное хозяйство), структура посевных площадей (зерновые культуры, кормовые культуры, овощи бахчевые культуры, технические культуры), подбор сортов, система обработки почвы и удобрений тоже имеют большое значение в получении высоких устойчивых урожаев овощей. Глубокая зяблевая вспашка создает запас влаги в почве искореняются сорняки, уничтожаются вредители, микробиологические процессы улучшаются в результате накапливаются питательные микроэлементы в почве.

Кыргызская Республика относится к аридной зоне климата – это сухой климат с недостаточным атмосферным осадком. В аридных зонах основной

проблемой является рациональное использование водных ресурсов [2].

Количество воды имеет особое влияние и на процесс фотосинтеза, в странах СНГ процесс фотосинтеза ограничивается количеством воды, а не количеством солнечной энергии [1]. Специализация сельского хозяйства, структура посевных площадей, система обработки почвы в том числе глубокая зяблевая вспашка, аридность региона, процесс фотосинтеза – вот далеко не полный перечень тех вопросов в котором почвенная влага играет особенную роль, не говоря об орошении, осушении и лесоразведении. В данной научной работе по данным атмосферных осадков и температуры воздуха на примере Юго-Восточной части котловины оз. Иссык-Куль на базе моделирующей системы «ПОЛИВ». На рисунке 1 представлена блок-схема моделирования влагозапасов.

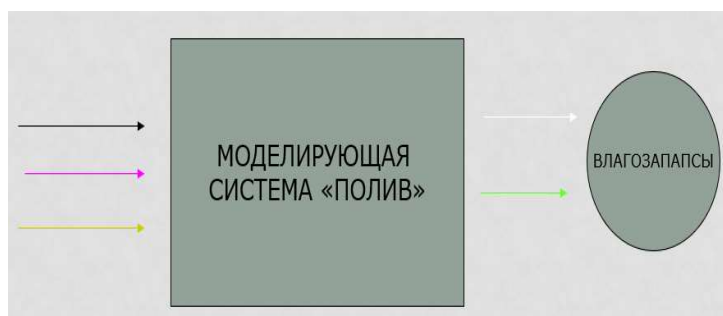


Рис. 1. Блок-схема модели моделирования влагозапасов.

Материалы и методы.

- Материалами для анализа являются многолетние метеорологические ряды данных
- (Метеостанция Каракол (Ак-Суйского района Иссык-Кульской области Республики Кыргызстан). Наблюдения проводились с 1960 по 1990 гг.
- декадные суммы атмосферных осадков в мм.
- декадные температуры воздуха в °С.

Метод.

1. Моделирующая система «ПОЛИВ», который

основан на дифференциальном уравнении. В диссертационной работе Шаршеева Э.С. приведена моделирующая система «ПОЛИВ» [3]

2. Нами использована одна из математических моделей из группы моделей разработанных профессорами А.И. Головановым, В.Н. Красношековым, В. В. Шабановым модель формирования водного режима почв на богаре и при орошении $W(\tau)$.

$W(\tau)$ – изменения влагозапасов во времени

В таблице 1 входные и выходные параметры моделирования влагозапасов в метровом слое и в зоне аэрации.

Таблица 1

Модель	Входные параметры	Выходные параметры
2. $W(\tau)$	$R_i; t_i; \varphi; k_w;$	$W_i; g$

Где, R_i – атмосферные осадки в i -й момент времени; t_i – температура; φ – относительная влажность воздуха; k_w – коэффициент влагопроводности; Кроме этого, для расчета водного режима почвы необходимы еще следующие параметры: пористость, ММВ, МГ, ВЗ, Нк, Кф (с учетом трещиноватости).

W_i – влагозапасы в i -ю декаду вегетации; g – инфильтрация; τ – время;

Результаты. Полученные результаты исследований позволили получить некоторые новые знания и сделать ряд новых выводов.

Практически все входные величины, используемые при моделировании (осадки, температуры воздуха, влажности воздуха), могут быть описаны нормальным законом распределения вероятностей. Это

существенно облегчает расчеты и повышает достоверность полученных результатов.

Группы моделей, характеризующие взаимодействие биологических объектов с внешней средой, показали достаточную гибкость и могут быть использованы не только для сельскохозяйственных культур, но и для диких и декоративных растений, что важно при мелиорации земель различного назначения, например природоохранных, группы моделей приведена в диссертационной работе Шаршеева Э.С. [3]

Модели, описывающие влагообмен в системе атмосфера – растение – почва чувствительны к изменениям показателей влагопроводности.

Исследования дали возможность наметить методу обоснованного выбора этих показателей.

Одной из основных выходных характеристик блока моделей, характеризующих влагообмен (влагопроводность) являются влагозапасы в почве, которые однозначно связаны с продуктивностью биотического сообщества и, следовательно, являются основой для экономической оценки деятельности [3].

Показатель степени влагопроводности очень отличается от существующей в литературе, при модели-

ровании показателя степени влагопроводности который имеется, в литературе, в частности, у С.Ф. Аверьянова этот степень был равен 3,5, а у А.И. Голованова до 5 [3].

В нашем случае при этих коэффициентах влагопроводностей изменение моделированных влагозапасов и другие выходные параметры существенно не совпадали с экспериментальными и литературными данными на примере Юго-Восточной части котловины озера Иссык-Куль.

В связи с этим нам пришлось изменить этот степень влагопроводности при моделировании.

Сличения результатов моделирования с экспериментальными и литературными данными, показало при степени влагопроводности равной 10.

Моделированные влагозапасы, оросительные нормы, водообмен, продуктивность и другие параметры наилучшим образом совпадали, с экспериментальными данными и изменение влагозапасов существенно приближалось к данным из литературных источников при степени влагопроводности равной 10. На рисунке №2 показан один из результатов расчетов при поиске n в модели влагообмена – изменение продуктивности при изменении n [3].

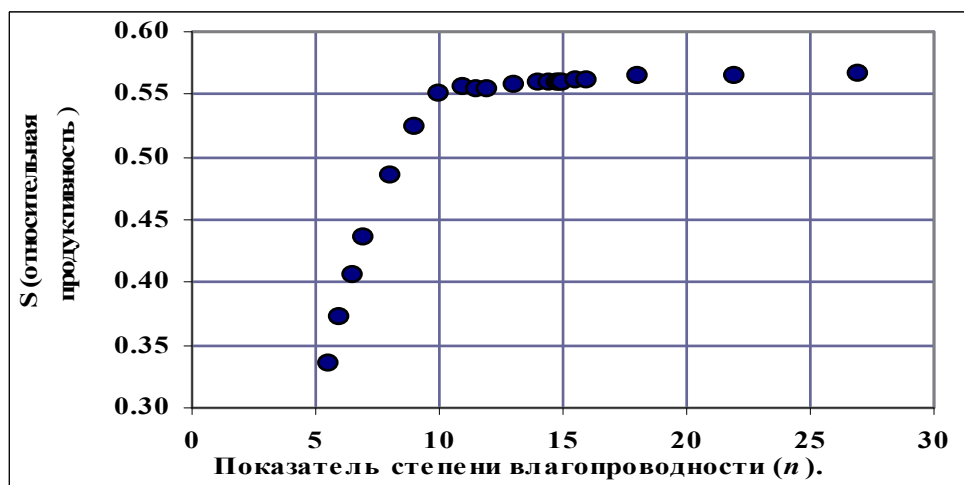


Рис. 2. Зависимость относительной продуктивности S от показателя степени влагопроводности n . (вариант без орошения).

Как видно из рисунка стабилизация продуктивности происходит при $n=10$. Вместе с тем, при $n=10$ наблюдается и наилучшее совпадение экспериментальных и теоретических точек в зависимости: продуктивность – оросительная норма [3].

Проведенные исследования показали, что многолетние влагозапасы в каждую декаду вегетации подчиняются нормальному закону распределения вероятностей. Это дает возможность использовать для

их анализа математический аппарат, разработанный для такого класса случайных величин, что существенно сокращает необходимую длительность ряда при соблюдении достаточной точности.

Расчеты моделирования влагозапасов. Влагозапасы в слое 1 м расчет выполнен в режиме моделирования без орошения при степени влагопроводности 10 продолжительностью вегетационного периода 100 суток.

Таблица 2

№ п/п m_i	Годы $n = 30$	Упорядочены по убыванию среднегодовые влагозапасы в слое 1 м.	$P_i = \frac{m_i - 0.3}{n + 0.4} 100\%$	Обеспеченности в %.
1	1981	136.0	2.3	Влажные годы от 0--10
2	1983	103.4	5.6	
3	1979	100.2	8.9	
4	1987	94.9	12.2	Средне влажные годы от 10--25
5	1964	86.8	15.5	
6	1969	82.6	18.8	
7	1970	81.4	22.0	
8	1975	80.6	25.3	Средние годы от 25--75
9	1980	79.7	28.6	
10	1988	78.6	31.9	
11	1974	75.1	35.2	
12	1986	74.4	38.5	
13	1968	73.7	41.8	
14	1976	72.2	45.1	
15	1984	71.7	48.4	
16	1965	71.2	51.6	
17	1971	71.0	54.9	
18	1960	69.9	58.2	
19	1962	69.5	61.5	
20	1966	68.9	64.8	
21	1961	68.7	68.1	
22	1982	68.5	71.4	
23	1985	68.2	74.7	
24	1963	67.5	78.0	Средне сухие годы 75--90
25	1989	66.5	81.3	
26	1973	65.9	84.5	
27	1978	64.4	87.8	Сухие годы 90-100
28	1967	62.9	91.1	
29	1972	61.5	94.4	
30	1977	60.5	97.7	

Расчет интегральной кривой (обеспеченность) проводился по формуле применяемый в гидрологии:

$$P_i = \frac{m_i - 0.3}{n + 0.4} * 100$$

где, m_i – порядковый номер членов статистического ряда $\chi_1, \chi_2, \chi_3, \chi_4, \dots, \chi_n$ расположенного в убывающем порядке, n – число наблюдений в ряду, P_i – обеспеченность в процентах.

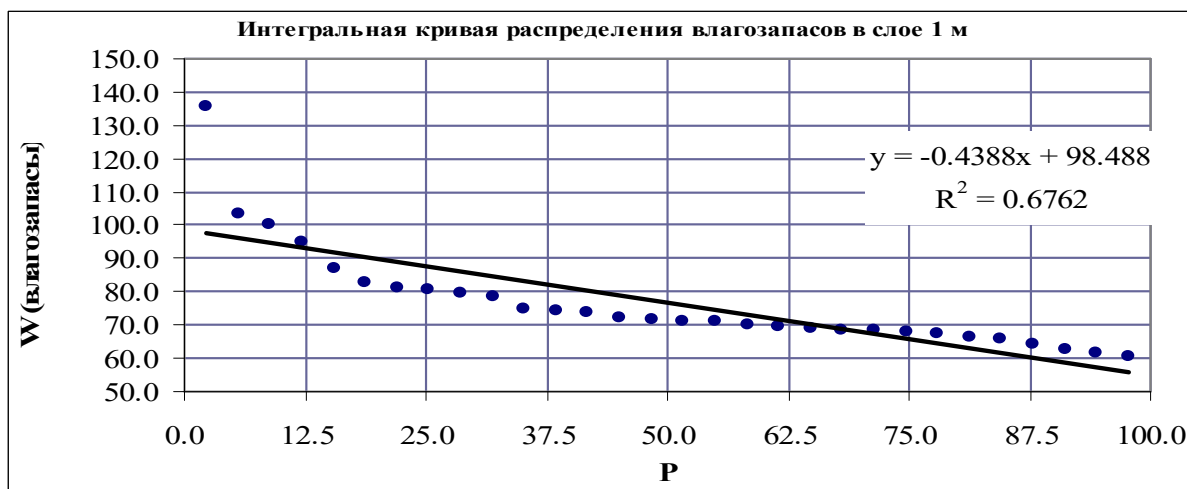


Рис. 3. Интегральная кривая распределения (обеспеченность) влагозапасов в слое 1 м.

Интенсивности изменения влагозапасов во влажные, средние, сухие годы. На рисунках представлены данные динамики изменения влагозапасов с разными обеспеченностями в процентных отношениях.

Дельта $W_{\text{рас}}$ рассчитана из моделированных данных влагозапасов путем вычитания из последующего значения декады предыдущего значения декады, например значение в 3 декаде марта месяца равен 206 мм это последующая декада того же месяца, значение

предыдущей декады равен 221 мм, тогда $\Delta W = 206 \text{ мм} - 221 \text{ мм} = -15 \text{ мм}$, $W_{\text{ср.}}$ влагозапасы получены по среднеарифметической формуле, значение последующей декады 206 мм сложена в значение предыдущей декады который равен 221 мм и сумма разделена на два. $W_{\text{ср. влагозапасы}} = 206 \text{ мм} + 221 \text{ мм} / 2 = 213,5 \text{ мм}$. Таким образом нами получена интенсивность изменения влагозапасов. Расчет обеспеченности влагозапасами в разные годы приведена в таблице №1.

Фрагмент расчетов ΔW и $W_{\text{ср. влагозапасы}}$ (табл. 2).

Таблица 2

Влажный год от 0-10%-й обеспеченности.												
Годы	Декада	Δw	$W_{\text{ср. влагозапасы}}$	Декады		$W_{\text{ср. влагозапасы}}$	Декада		$W_{\text{ср. влагозапасы}}$	Декада		$W_{\text{ср. влагозапасы}}$
				3_03	Δw		1_04	Δw		2_04	Δw	
1979	2_03	-15	213,5	3_03	-11	200,5	1_04	-10	190	2_04	25	197,5
1981	230	-20	220	210	-10	205	200	-3	198,5	197	-9	192,5
1983	232	-9	227,5	223	-13	216,5	210	-6	207	204	-4	202

Рисунки от 4 до 8 на графиках показывают интенсивность влагозапасов, при разных обеспеченностях влагозапасами которое классифицированы во влажные от 1-10 %, от 10-25 % - средне – влажные годы, от 25-75 % - середине годы, от 75- 90 % - средне сухие годы и от 90-100 % сухие годы.

Анализируя графики, можно заметить, что интенсивность влагозапасов подчиняются к нормальному закону распределения, например на рисунке 4 представлена интенсивность обеспеченности влагозапасами от 1-10% у которого значение аппроксимации $R^2 = 0.0412$, влагозапасы тут невелики, с ростом увеличения процентов обеспеченности влагозапасами соответственно и увеличивается величина аппроксимации R^2 , при интенсивности изменения влагозапасов

в средне-влажные годы от 10-25% обеспеченности влагозапасами, интенсивность влагозапасов увеличивается в 4 (четыре) раза ($0.0412 \cdot 2 = 0,0824 \cdot 2 = 0,1648 \approx 0,2; 2+2 = 4$) (рисунок 5), где $R^2 = 0.2129$. [3]

На рисунке 6 показана пик изменения интенсивности влагозапасов, где значение аппроксимации $R^2 = 0.4184$ что в два раза больше от предыдущей 10-25 %. Обеспеченности.

На рисунках 7 и 8 в средне-сухие (75-90 % обеспеченность) и сухие годы 90-100% обеспеченность и интенсивность изменения влагозапасов снижается, что доказывает нормальный закон распределения.

В таблице 3 представлены значения аппроксимации при различных обеспеченностях.

Таблица 3

№ п/п	Обеспеченности влагозапасами в %	Значение аппроксимации R ²
1.	1-10 % влажные годы	R ² = 0.0412
2.	10-25 % - средне – влажные годы	R ² = 0.2129
3.	25-75 % - средине годы	R ² = 0.4184
4.	75- 90 % - средне сухие годы	R ² = 0.3717
5.	90-100 % сухие годы	R ² = 0.3756

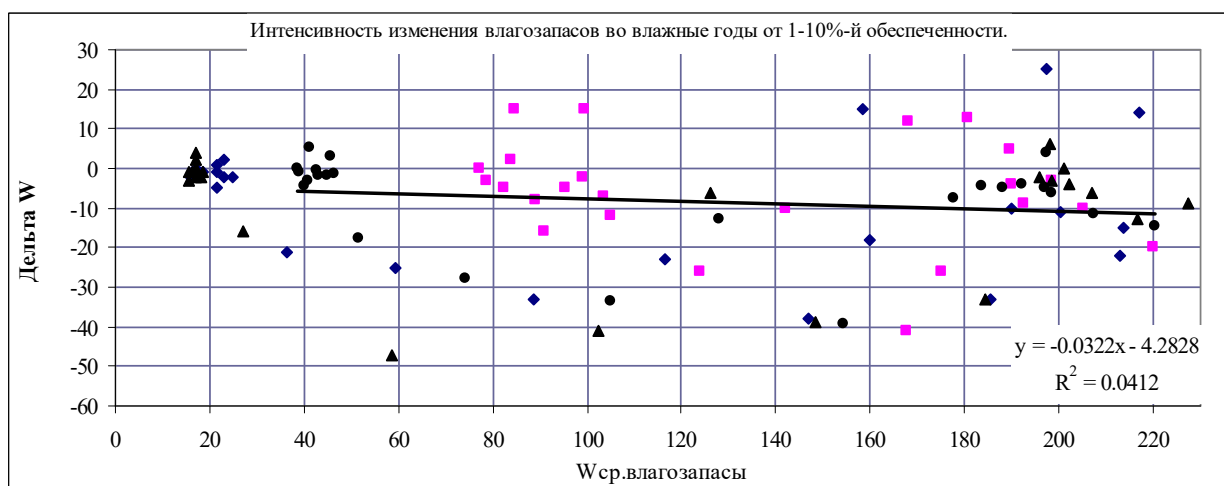


Рис. 4. Интенсивность изменения влагозапасов во влажные годы от 1-10 % обеспеченности.

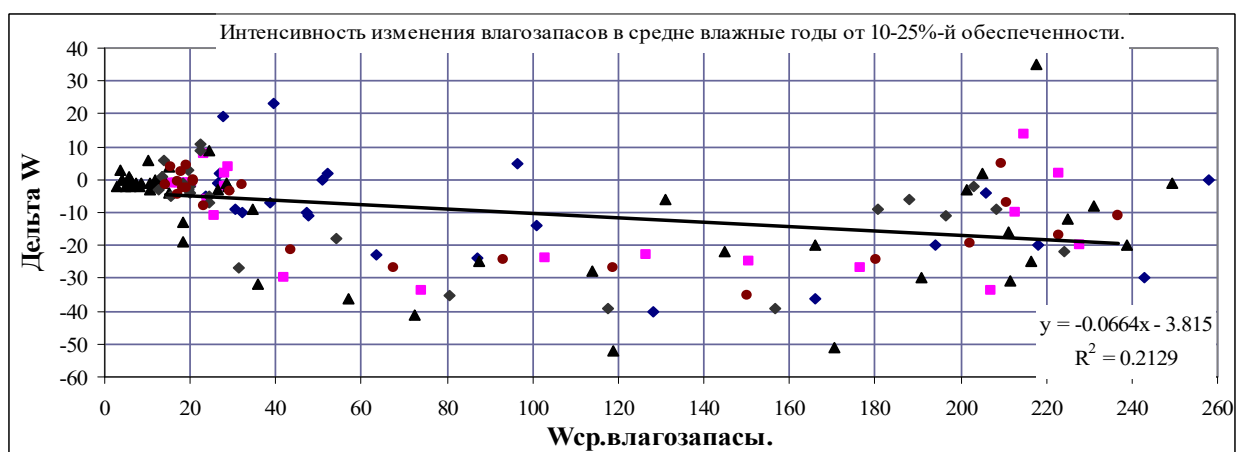
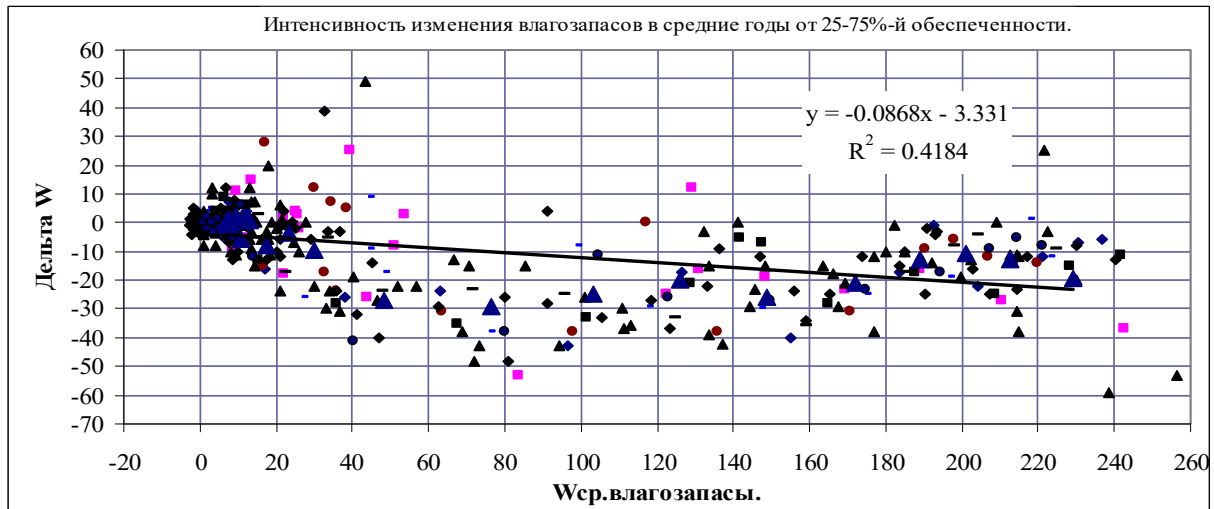


Рис. 5. Интенсивность изменения влагозапасов в средне - влажные годы от 10-25% обеспеченности.



6. Интенсивность изменения влагозапасов в средние годы от 25-75 % обеспеченности.

Рис.

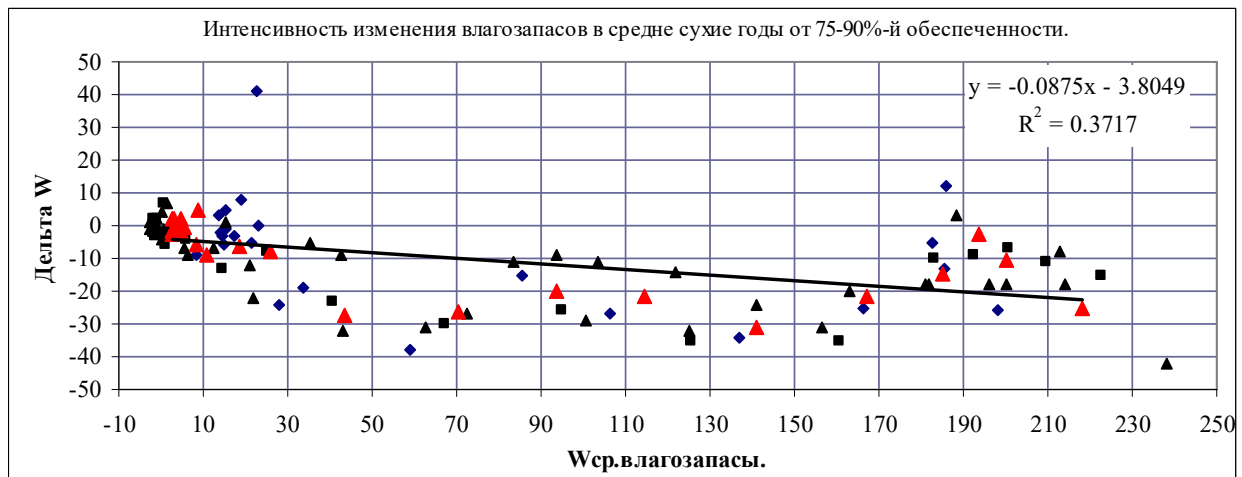


Рис. 7. Интенсивность изменения влагозапасов в средние – сухие годы от 75 -90 % обеспеченности.

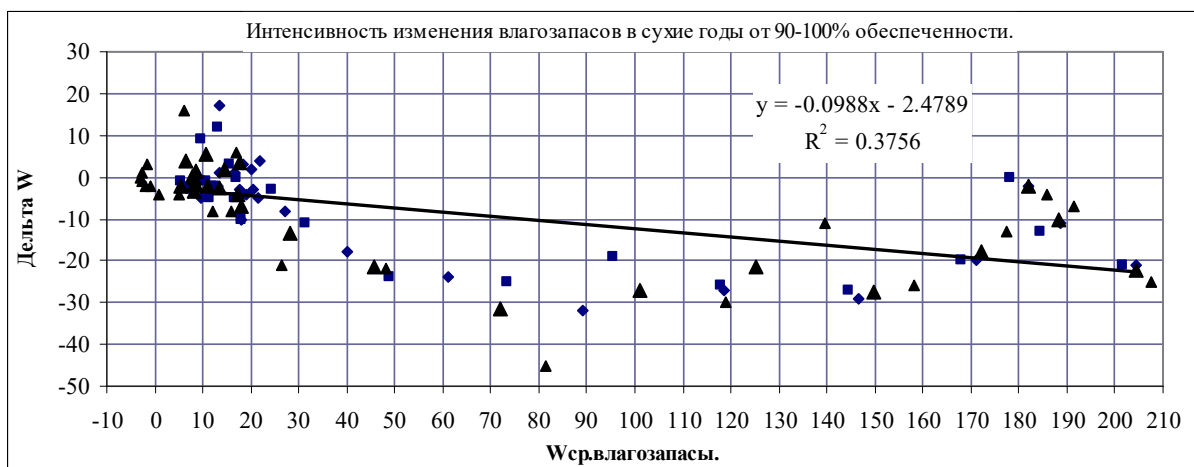


Рис. 8. Интенсивность изменения влагозапасов в сухие годы от 90-100 % обеспеченности.

Выводы:

1. Практически все входные величины, используемые при моделировании (осадки, температуры воздуха, влажности воздуха), могут быть описаны нормальным законом распределения вероятностей. Это существенно облегчает расчеты и повышает достоверность полученных результатов.

2. Модели, описывающие влагообмен в системе атмосфера – растение – почва чувствительны к изменениям показателей влагопроводности. Исследования дали возможность наметить методику обоснованного выбора этих показателей.

3. Одной из основных выходных характеристик блока моделей, характеризующих влагообмен являются влагозапасы в почве, которые однозначно связаны с продуктивностью биотического сообщества и, следовательно, являются основой для экономической оценки деятельности. Проведенные исследования показали, что многолетние влагозапасы в каждую

декаду вегетации подчиняются нормальному закону распределения вероятностей.

Литература:

1. Вериго С.А., Почвенная влага [Текст] Монография / Л.А Разумова. - Л.: Гидрометеиздат, 1973. - 327 с.
2. Шабанов В.В. Биоклиматическое обоснование мелиорации [Текст]. / Монография. В.В. Шабанов. - Л.: Гидрометеиздат 1973. - 143 с.
3. Шаршеев Э.С., Рационализация режима орошения картофеля предгорной части котловины оз. Иссык-Куль Кыргызской Республики [Текст] Диссертационная работа на соискание канд.тех.наук / Э.С Шаршеев. - Москва., 2010. - 269 с.
4. Шаршеев Э.С., Жакеев Б.М., Чортомбаев У.Т., Базарбаева И.Д. Анализ климатических условий посредством аппарата матрицы переходных вероятностей. / Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана, №3, 2022 стр 24-32. DOI:10.26104/NNTIK.2019.45.557.