6. Fomenko M. A., Grabovec A. I., Olejnikova T. A. Osobennosti selekcionnogo uluchsheniya ozimoy pshenicy v stepnoj zone Rostovskoj oblasti // Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2020. № 5. P. 18-22.

7. Schukina L. V., Lapochkina I. F., Pshenichnikova T. S. Fenotipicheskoe raznoobrazie linij myagkoj pshenicy s introgressiyami ot diploidnogo zlaka *Aegilops speltoides* po tehnologicheskim svojstvam zerna i muki // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2020. № 24 (7). P. 738-746.

8. Alvarez J. B., Guzman C. Interspecific and intergeneric hybridization as a source of variation for wheat grain quality improvement // Theor. Appl. Genet. 2018. № 131. P. 225-251.

9. Vikram P., Franco J., Burgueno-Ferreira J. Unlocking the genetic diversity of Creole wheats. Sci. Rep. 2016. № 6. P. 1-13.

Author's Information

Romanov Boris Vasilyevich, Senior researcher, laboratory of selection and genetics of agricultural plants, Federal Rostov agricultural research center (Russia, 346735, Rostov region, Aksay district, Rassvet village, Institutskaya str., 1), candidate of biological Sciences, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0701-1584>, phone: +79381556901, e-mail: triticumrbw@mail.ru

Pimonov Konstantin Igorevich, Professor of the Department of Crop Production, Don State Agrarian University (Russia, 346493, Rostov region, Oktyabrsky district, p. Persianovsky, Krivoshlykova str., 24), doctor of agricultural Sciences, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0726-2583>, phone: +79882562700, e-mail: Konst.pimonov@yandex.ru

Sorokina Irina Yuryevna, Candidate of Agricultural Sciences, Don State Agrarian University (Russian Federation, 346493, Rostov Region, Oktyabrsky District, Persianovsky village, Krivoshlykova str., 24), Associate Professor of the Department of Crop Production, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6892-9308>, e-mail: irin.sorokina@yandex.ru

Информация об авторах

Романов Борис Васильевич, старший научный сотрудник лаборатории селекции и генетики сельскохозяйственных культур ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» (РФ, 346735, Ростовская обл., Аксайский район, п. Рассвет, ул. Институтская, 1), кандидат биологических наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0701-1584>, тел.: +79381556901, e-mail: triticumrbw@mail.ru

Пимонов Константин Игоревич, профессор кафедры «Растениеводство», ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет» (РФ, 346493, Ростовская обл., Октябрьский район, п. Персиановский, ул. Кривошлыкова, 24), доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0726-2583>, тел.: +79882562700, e-mail: Konst.pimonov@yandex.ru

Сорокина Ирина Юрьевна, кандидат сельскохозяйственных наук, ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет» (РФ, 346493, Ростовская обл., Октябрьский район, п. Персиановский, ул. Кривошлыкова, 24), доцент кафедры «Растениеводство», ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6892-9308>, e-mail: irin.sorokina@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-17

METHODOLOGY OF CALCULATION OF TOTAL WATER CONSUMPTION OF AGRICULTURAL CULTURES

N.N. Khozhanov

Taraz Regional University named after M.Kh.Dulati, Taraz, and Republic of Kazakhstan

Received 11.05.2021

Submitted 10.08.2021

Abstract

Introduction. In the context of the transition of the economy to intensification rails, the increase in the efficiency of agricultural production depends on how consistently advanced labor methods, achievements of science and technology are disseminated and mastered. The path to high productivity of irrigated fields lies through the widespread use of industrial technologies in the cultivation of crops.

Materials and research methods. In world practice, there are theoretical methods for calculating the total water consumption based on the physical laws of evaporation (methods of Penman, Türk, etc.), empirical methods based on the functional dependence of evaporation on the yield, temperature and

relative humidity of the air (methods of Kostyakov, Sharov, Alpatiev, etc.). According to Alpatiev S.M. total water consumption is a function of air humidity deficit. The results of methodological studies of calculating the total water consumption of agricultural crops in the arid zone of Kazakhstan, based on the analysis of the use of energy resources, i.e. the radiation balance, are presented. In relation to the total deficit of air humidity for the growing season (Σd) to the radiation index of a particular area (R), which is described as the radiation coefficient of the area (K_{Rd}), the actual total water consumption of agricultural crops is much accurately determined. **Research results and discussion.** The calculations of the experimental data of the total water consumption exceeded the calculated ones, respectively, by 1709.77; 1602.44; 960.38 mm., Which, in our opinion, has contributed to the strengthening of anthropogenic processes in irrigated agriculture and the depletion of water resources in the arid zone for many years. The calculated indicators of the radiation coefficient of the area for the deficit of air humidity are on average 13.7, and the radiation balance is 10.5. This, as evidenced by the calculations, has a discrepancy of 3.2, which, according to our assumptions, led to a shortage of water resources for many years. **Conclusion.** In an arid climate and marginal irrigated lands, in order to ensure high productivity of irrigated hectares, it is necessary to optimize the regime of water consumption of agricultural crops on the basis of accounting for energy resources.

Keywords: *water consumption, lack of air humidity, radiation balance, water consumption coefficient, irrigation rate.*

Citation. Khozhanov N.N. Methodology of calculation of total water consumption of agricultural cultures. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3(63). 174-181 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-17.

Conflict of interest. The author declares that there is no conflict of interests.

УДК 631.633.62

МЕТОДИКА РАСЧЕТА СУММАРНОГО ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Н. Н. Хожанов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Таразский региональный университет им. М. Х. Дулати, г.Тараз, Республика Казахстан

Дата поступления в редакцию 11.05.2021

Дата принятия к печати 10.08.2021

Актуальность. В условиях перевода экономики на рельсы интенсификации повышение эффективности сельскохозяйственного производства зависит от того, насколько последовательно распространяются и осваиваются передовые методы труда, внедряются достижения науки и техники. Путь к высокой продуктивности орошаемых полей лежит через широкое применение индустриальных технологий при возделывании сельскохозяйственных культур. **Материалы и методы.** В мировой практике существуют теоретические методы расчета суммарного водопотребления, основанные на физических законах испарения (методы Пенмана, Тюрка и др.), эмпирические методы, основанные на функциональной зависимости испарения от урожая, температуры и относительной влажности воздуха (методы Костякова, Шарова, Алпатыева и др.). По Алпатыеву С. М. суммарное водопотребление является функцией дефицита влажности воздуха. Представлены результаты методологических исследований расчета суммарного водопотребления сельскохозяйственных культур в аридной зоне Казахстана на основе анализа использования энергетических ресурсов, т.е. радиационного баланса. По отношению суммарного дефицита влажности воздуха за вегетационный период (Σd) к радиационному показателю конкретной местности (R), которая описывается как радиационный коэффициент местности (K_{Rd}), гораздо точнее определяется фактическое суммарное водопотребление сельскохозяйственных культур. **Результаты и обсуждение.** Расчеты опытных данных суммарного водопотребления превысили расчетные соответственно на 1709,77; 1602,44; 960,38 мм, что, на наш взгляд, на протяжении многих лет способствовало усилению антропогенных процессов в орошаемом земледелии и истощению водных ресурсов в аридной зоне. Расчетные показатели радиационного

коэффициента местности по дефициту влажности воздуха составляют в среднем 13,7, а радиационному балансу – 10,5. Это, как свидетельствуют расчеты, имеют невязку в размере 3,2, которые, по нашим предположениям, привели в течение многих лет к дефициту водных ресурсов. **Выводы.** В условиях засушливого климата и малопродуктивных орошаемых землях для обеспечения высокой продуктивности поливного гектара следует оптимизировать режим водопотребления сельскохозяйственных культур на основе учета энергетических ресурсов.

Ключевые слова: водопотребление сельскохозяйственных культур, дефицит влажности воздуха, коэффициенты водопотребления, оросительные нормы.

Цитирование. Хожанов Н. Н. Методика расчета суммарного водопотребления сельскохозяйственных культур. *Известия НВ АУК.* 2021. 3(63). 174-181. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-17.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Природно-хозяйственные условия юга Казахстана в целом обладают необходимым потенциалом и позволяют получать здесь высокие и гарантированные урожаи сельскохозяйственных культур.

Однако дальнейшая интенсификация поливного земледелия требует осуществления целенаправленного управления факторами жизни растений, особенно водным режимом почв. Осуществление поставленных задач также осложняется ввиду разнообразия природно-климатических и хозяйственных условий основных зон орошаемого земледелия и требует глубокого изучения процессов и закономерностей формирования мелиоративного режима почвогрунтов орошаемого массива [3, 6, 8].

Объект исследования. Орошаемые зоны Казахстана, на основании которых представлены результаты методологических исследований расчета суммарного водопотребления сельскохозяйственных культур в аридной зоне, с учетом анализа использования энергетических ресурсов, т.е. радиационного баланса.

Материалы и методы. Многие ученые (Алпатыев, 1965, 1998; Данильченко Н. В. 1965; Никольский Ю. Н., Шабанов В. В., 1986; Шабанов В. В., 1981 и др.) свидетельствуют, что климатические зоны формируются под воздействием теплоэнергетических ресурсов и атмосферных осадков и в качестве энергетических ресурсов при определении влагообеспеченности географических зон использовали некоторые функции испаряемости.

В мировой практике существуют теоретические методы расчета суммарного водопотребления, основанные на физических законах испарения (методы Пенмана, Тюрка и др.), эмпирические методы, основанные на функциональной зависимости испарения от урожая, температуры и относительной влажности воздуха (методы Костякова А. Н., 1960; Шабанов В. В., 1981; Алпатыева А. М., 1998 и др.).

По мнению Алпатыева С. М., суммарное водопотребление является функцией дефицита влажности воздуха.

$E = K_6 \sum d$; где $\sum d$ – сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха для расчетного года в гПа; K_6 – биоклиматический коэффициент.

По сведениям (Исабай С. И., 2002 г.), на сероземных почвах Жамбылской области величина суммарного водопотребления в основном зависит от величины, поданной на поле оросительной воды, т.е. режима орошения. В среднем за годы исследований при глубоком залегании грунтовых вод оросительная норма в зависимости от предполивной влажности 60-70-80 % НВ составила соответственно 75,6 %, 76,6 %, 88 %. Использование осадков за вегетационный период колебалось в пределах от 9,6 до 14,3 % от суммарного водопотребления, а использование запасов влаги из почвы колебалось в пределах от 2,4 до 13,1 % суммарного водопотребления.

В практике орошаемого земледелия очень важным показателем эффективности использования почвенной влаги, который в основном складывается из оросительной нормы, является коэффициент водопотребления. Многочисленные исследования показывают, что по мере оптимизации водного режима почвы, условий минерального питания, совершенствование других агротехнических приемов, эксплуатации орошаемых систем продуктивность сельскохозяйственных культур значительно возрастает и адекватно этому снижается коэффициент водопотребления [1, 2, 4, 5, 10-14].

Коэффициент водопотребления для одной и той же культуры в пределах одного и того же географического пункта не является постоянной величиной, а, как отмечают исследователи (Алпатьев А. М., 1981; Костяков А. Н., 1960; Данильченко Н. В., 1965), зависит от режима орошения, свойства почвы, погодных условий и величины урожая.

В таблице 1 представлены коэффициент водопотребления кукурузы по вариантам при глубоком и близком залегании грунтовых вод (Исабай С. И., 2002 г.).

Таблица 1 – Значение коэффициента водопотребления кукурузы

Table 1 – The value of the coefficient of water consumption of corn

Вар. опыта / Experience option	Коэффициенты водопотребления, м ³ /га / Water consumption coefficients, m ³ / ha		
	максимальный / maximum	минимальный / minimum	Средний / average
Глубокое залегание грунтовых вод / Deep bedding of groundwater			
60 % НВ	18,9	11,1	13,8
70 % НВ	15,7	10,8	12,5
80 % НВ	14,6	10,7	12,1
Близкое залегание грунтовых вод / Close occurrence of groundwater			
60 % НВ	26,1	12,8	17,5
70 % НВ	17,5	10,7	13,0
80 % НВ	16,8	9,2	11,8
средняя	18,2	10,8	13,4

При этом водопотребление кукурузы колебалось в пределах 3666-5417 м³/га.

Результаты и обсуждение. Однако, как свидетельствуют результаты анализа (Харченко С.И., Азарий М.С., 1966), благоприятное соотношение тепла и влаги в природных системах Казахстана наблюдается только в горных и предгорных зонах, а в других зонах равновесное их состояние ввиду низкой влагообеспеченности не соблюдается. Поэтому во многих случаях встречается острый недобор урожая сельскохозяйственных культур и резкое снижение почвенно-мелиоративного и экологического состояния орошаемых земель, вызванные необоснованным использованием основных составляющих системы земледелия [7, 9].

По сведениям С. И. Харченко и М. С. Азарий (1965), проводивших исследования элементов теплового и водного балансов на орошаемых рисовых полях, следует, что за вегетационный период суммарное испарение с орошаемых полей можно определить из соотношения: $E_0 = k R/L$; где R – годовой радиационный баланс (ккал/см²); L – скрытая теплота испарения; k – коэффициент, учитывающий продолжительность вегетационного периода культуры. По Г. Т. Селянинову величина испаряемости определялась, из соотношения $E_0 = 0,1 \sum t$, а по М. И. Будыко она выражается в виде $E_0 = 0,18 \sum t$. Однако расчеты свидетельствуют, что для условий Казахстана наиболее подходящим считается представленная нами соотношение, т.е. $E_0 = 0,30 \sum t$.

Исходя из вышеприведенных уравнений и сравнивая их между собой, мы уточнили качественные показатели суммы эффективных температур ($\sum t$) для каждого составляющего энергетических ресурсов (радиационный баланс (R), испаряемости (E_0) и k – коэффици-

ента, учитывающего продолжительность вегетационного периода культуры в каждой конкретной местности (таблица 2). Отсюда следует, что сумма эффективных температур больше 10 °C на формирование радиационного баланса в Жамбылской области расходуются – 34 %, на испаряемость – 30 % и на формирования зеленых растений – 36 % [1, 2, 3].

Таблица 2 – Расчет составляющих энергетических ресурсов Жамбылской области от суммы положительных температур больше 10 °C

Table 2 - Calculation of the components of the energy resources of the Zhambyl region from the sum of positive temperatures more than 10 °C

Метеостанция / Weather station	сумма эффективных температур более 10 °C / the sum of positive temperatures is more than 10 °C $\sum t$	радиационный баланс R / radiation balance, R	Испаряемость Eo / volatility Eo	Составляющие энергетических ресурсов / Components of energy resources		
				R (34 %)	Eo (30 %)	k (36 %)
Кулан / Kulan	3386	170,4	1051	1151,2	1015,8	1218,9
Тараз / Taraz	3492	173,9	1048	1187,2	1047,8	1257,1
Мерке / Mercke	3472	173,2	1041	1180,4	1041,6	1249,9
Жуалы / Jualy	2766	149,9	830	940,4	829,8	995,7

В этом плане большой интерес представляет так называемый радиационный коэффициент местности (K_{Rd}). Это отношение суммарного дефицита влажности воздуха за вегетационный период ($\sum d$) к радиационному показателю конкретной местности (R), которая в значительной степени отличается от показателя коэффициента водопотребления сельскохозяйственных культур (K_b) и наиболее точно указывает фактические величины водопотребления той или иной географической местности, коэффициент вариации составляет CV=8,2 %. Показатель радиационного коэффициента местности (K_{Rd}) с показателем суммы среднесуточных дефицитов влажности воздуха и радиационным показателем местности коррелируется прямолинейной зависимостью (таблица 3) [6, 7].

$$K_{Rd} = 21,64 - 0,004 \sum d; \quad K_{Rd} = 36,3 - 0,15R.$$

Таблица 3 – Расчет радиационного коэффициента местности

Table 3 – Calculation of the radiation coefficient of the area

№ п/п / P / p No	Метеостанция / Weather station	суммарный дефицит влажности воздуха за вегетационный период $\sum d$, мб / total deficit of air humidity $\sum d$, mb	радиационный показатель конкретной местности R, кДж/см ² / radiation balance of a specific area R, кДж/см ²	Показатель радиационного коэффициента местности KRd по дефициту / KRd of deficit air humidity	Показатель радиационного коэффициента местности KRd по R, кДж/см ² / KRd of radiation balance of a specific area R, кДж/см ²
1	Кордай / Kordai	2214	185,3	12,7	8,5
2	Акыр-тобе / Akyr-tobe	2560	176,2	11,4	9,8
3	Кулан / Kulan	2519	170,4	14,7	10,7
4	Тараз / Taraz	2309	173,9	11,5	10,2
5	Мерке / Mercke	2513	173,2	11,5	10,3
6	Жуалы / Jualy	2022	149,9	13,5	13,8

Среднее 13,7 10,5

Данные таблицы 3 свидетельствует, что расчеты показателя радиационного коэффициента местности по дефициту влажности воздуха составляют в среднем 13,7, а радиационному балансу – 10,5. Это, как свидетельствует расчеты, имеют невязку в размере 3,2, которые, по нашим предположениям, привели в течение многих лет к дефициту водных ресурсов.

Далее, приравнявая выше представленные уравнения, получим, что

$$\sum d = 37,5 R - 3665,$$

и основываясь на данных С. М. Алпатьева, можем выделить показатель суммарного водопотребления в новой редакции:

$$E = K_{Rd} (37,5 R - 3665);$$

Осредненные показатели суммарного водопотребления по метеостанциям Тараз, Мерке и Жуалы представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Расчет показателя суммарного водопотребления

Table 4 - Calculation of the indicator of total water consumption

№ п/п / P / p No	Метео- станция / Weather station	$\sum d$ по дан- ным метеостан- ции / total deficit of air hu- midity of the Weather station	$\sum d$ расчет- ная / $\sum d$ calcula- tion naya	радиационный показатель конкретной местности R, кДж/см ² / radiation bal- ance of a specif- ic area R, кДж/см ²	K_{Rd} расчи- танная по R расч. / K_{Rd} calcula- ted by R calc.	E опытные данные, мм / E experi- enced data, mm	E расчет- ная, мм / E calcula- tionnaya, mm
1	Тараз / Taraz	2309	2856,2	173,9	10,21	4626,0	2916,23
2	Мерке / Mercke	2513	2830	173,2	10,32	4523,0	2920,56
3	Жуалы / Jualy	2022	1956,2	149,9	13,8	3660,0	2699,62

Отсюда следует, что опытные данные суммарного водопотребления превысили расчетные соответственно на 1709,77; 1602,44; 960,38 мм, что, на наш взгляд, способствовало на протяжении многих лет усилению антропогенных процессов в орошаемом земледелии и истощению водных ресурсов в аридной зоне.

Выводы. В условиях засушливого климата и малоплодородных орошаемых землях для обеспечения высокой продуктивности поливного гектара следует оптимизировать режим водопотребления сельскохозяйственных культур на основе учета энергетических ресурсов.

Следовательно, необходимо разработать и внедрить ландшафтно-восстановительные системы земледелия, которые в условиях разнообразия природно-климатических и хозяйственных условий обеспечат получение стабильного урожая сельскохозяйственных культур и приумножение почвенного плодородия.

Библиографический список

1. Ахмедов А. Д., Азиева И. А. Коэффициенты водопотребления при выращивании роз в зимних теплицах Нижнего Поволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 3 (63). С. 61-71.
2. Ахмедов А. Д., Абдуова Р. Ю. Продуктивность использования влаги белокочанной капусты при орошении в Волго-Донском междуречье // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 2 (62). С. 32-41.

3. Безбородов Ю. Г., Хожанов Н. Н., Ауганбаева Ж. С. Оценка продуктивности мелиоративных агроландшафтов Жамбылской области // Природообустройство. 2020. № 4. С. 22-27.
4. Бородычев В. В., Лытов М. Н. Алгоритм решения задач управления водным режимом почвы при орошении сельскохозяйственных культур // Мелиорация и водное хозяйство. 2015. № 1. С. 8-11.
5. Оптимальное управление поливами на основе современных вычислительных алгоритмов / В. В. Бородычев [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2015. № 4 (40). С. 21-28.
6. Хожанов Н. Н., Турсынбаев Х. И. Методология расчета поливной нормы сельскохозяйственных культур // The Scientific Heritage. 2021. № 59. С. 51-54.
7. Хожанов Н. Н., Ержанова Н. К. Оптимизация оросительной нормы сельскохозяйственных культур // Водное хозяйство Казахстана. 2012. № 8-9 (46-47).
8. Хожанов Н. Н., Турсынбаев Х. И. Энергетические концепции развития системы земледелия. Известия Горского государственного университета. 2018. № 55 (ч.1). С. 20-26.
9. Штанько А. С., Шкура В. Н. Методика расчета поливных норм, обеспечивающих формирование заданных параметров увлажнения почв при капельном поливе // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2018. № 4 (32). С. 60-76. <http://www.rosniipm-sm.ru/archi-ve?n=567&id=571>.
10. Akhmedov A. D., Dzhamaletdinova E. E., Zasimov A. E. Water-saving irrigation regimes for vegetable crop production under conditions of Volga-Don interfluvium // RUDN journal of Agronomy and animal industries. 2018. V. 13. No 3. P. 185-193.
11. Akhmedov A. D., Borovoy E. P., Khodiakov E. A. Water-saving technologies for vegetables in the south of Russia // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science: Conference on Innovations in Agricultural and Rural development. 2019. V. 341. 012105.
12. Khodiakov E. Management of the water regime of soil to increase the vegetable crops yield with different irrigation methods in the south of Russia // E3S Web Conf. International Conference: Ensuring Food Security in the Context of the COVID-19 Pandemic (EFSC2021). 2021. Volume 282.
13. Khozhanov N. N., Tursunbayev Kh. Methodology for calculating the irrigation rate of agricultural crops // The scientific heritage. 2021. V. 1. № 59.
14. Optimum control model of soil water regime under irrigation // A. S. Ovchinnikov, V. V. Borodychev, M. N. Lytov, V. S. Bocharnikov, S. D. Fomin, O. V. Bocharnikova, E. S. Vorontsova // Bulgarian journal of agricultural Science. 2018. № 24 (5). P. 909-913.

Conclusion. This makes it necessary to review the structure of the placement of agricultural crops, depending on the radiation index of the absolute height of the terrain. In the long-term context, due to the irrational use of energy resources, the processes of anthropogenic desertification intensified, which sharply affected the gross yield and the sustainability of agricultural production.

In the arid climate and fertile irrigated lands to ensure high productivity of irrigated hectare should be optimized mode for irrigation of crops, methods, techniques and technologies of irrigation based on energy resources.

Develop and implement landscape restoration systems of agriculture, which, in the conditions of a variety of natural, climatic and economic conditions, ensure a stable crop yield and increase soil fertility.

Reference

1. Akhmedov A. D., Azieva I. A. Coefficients of water consumption when growing roses in winter greenhouses of the Lower Volga region // News of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: science and higher professional education. 2020. No. 3 (63). P. 61-71.
2. Akhmedov A. D., Abduova R. Yu. Productivity of using the moisture of white cabbage during irrigation in the Volga-Don interfluvium // Bulletin of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: science and higher professional education. 2021. No. 2 (62). P. 32-41.

3. Bezborodov Yu. G., Khozhanov N. N., Auganbaeva Zh. S. Evaluation of the productivity of ameliorative agricultural landscapes of the Zhambyl region // Prirodobustroystvo. 2020. No. 4. P. 22-27.
4. Borodychev V. V., Lytov M. N. Algorithm for solving problems of managing the water regime of the soil during irrigation of agricultural crops // Melioration and water management. 2015. No. 1. P. 8-11.
5. Optimal irrigation control based on modern computational algorithms / V. V. Borodychev [et al.] // Bulletin of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: science and higher professional education. 2015. No. 4 (40). P. 21-28.
6. Khozhanov N. N., Tursynbaev Kh. I. Methodology for calculating the irrigation rate for agricultural crops // The Scientific Heritage. 2021. No. 59. P. 51-54.
7. Khozhanov N. N., Erzhanova N. K. Optimization of the irrigation rate of agricultural crops // Water management of Kazakhstan. 2012. No. 8-9 (46-47).
8. Khozhanov N. N., Tursynbaev Kh. I. Energy concepts for the development of a farming system. Bulletin of the Mountain State University. 2018. No. 55 (part 1). P. 20-26.
9. Shtanko A. S., Shkura V. N. Methodology for calculating irrigation rates that ensure the formation of specified parameters of soil moisture during drip irrigation // Scientific journal of the Russian Research Institute of Melioration Problems. 2018. No 4 (32). P. 60-76. <http://www.rosniipm-sm.ru/archi-ve?N=567&id=571>.
10. Akhmedov A. D., Dzhamaletdinova E. E., Zasimov A. E. Water-saving irrigation regimes for vegetable crop production under conditions of Volga-Don interfluvium // RUDN journal of Agronomy and animal industries. 2018. V. 13. No 3. P. 185-193.
11. Akhmedov A. D., Borovoy E. P., Khodiakov E. A. Water-saving technologies for vegetables in the south of Russia // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science: Conference on Innovations in Agricultural and Rural development. 2019. V. 341. 012105.
12. Khodiakov E. Management of the water regime of soil to increase the vegetable crops yield with different irrigation methods in the south of Russia // E3S Web Conf. International Conference: Ensuring Food Security in the Context of the COVID-19 Pandemic (EFSC2021). 2021. Volume 282.
13. Khozhanov N. N., Tursunbayev Kh. Methodology for calculating the irrigation rate of agricultural crops // The scientific heritage. 2021. V. 1. № 59.
14. Optimum control model of soil water regime under irrigation // A. S. Ovchinnikov, V. V. Borodychev, M. N. Lytov, V. S. Bocharnikov, S. D. Fomin, O. V. Bocharnikova, E. S. Vorontsova // Bulgarian journal of agricultural Science. 2018. № 24 (5). P. 909-913.

Author's Information

Khozhanov Nietbay Nurzhanovich, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Associate Professor of the Department of Melioration and Agronomy, Taraz Regional University named after M.Kh.Dulati, Taraz, Republic of Kazakhstan. khozhanov55@mail.ru

Информация об авторе

Хожанов Ниегбай Нуржанович, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры «Мелиорация и агрономия» Таразского регионального университета имени М.Х.Дулати (г. Тараз, Республика Казахстан). khozhanov55@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-18

EVALUATION OF THE QUALITY OF THE NATURAL ENVIRONMENT BY FLUCTUATING ASYMMETRY OF LEAF BLADES OF SMALL-LEAVED ELM (*ULMUS PUMILA L.*) IN THE SETTLEMENT «OKTYABRSKY» OF KALACHEVSKY DISTRICT OF THE VOLGOGRAD REGION

L.S. Panchenko

Volgograd State Technical University, Volgograd

Received 09.04.2021

Submitted 30.08.2021

Summary

The article is devoted to the assessment of the quality of the natural environment by the method of fluctuating asymmetry of leaf blades of small-leaved elm (*Ulmus pumila L.*) in the settlement «Oktyabrsky» of the Kalachevsky district of the Volgograd region. The analysis of the de-