

8. **Hublaryan M.G.** Modelirovanie vodnyh potokov pri nalichii vysshej vodnoj rastitelnosti / M.G. Hublaryan, A.P. Frolov, V.N. Zyrjanov // Vodnye resursy. – 2004. – Tom 31. – № 6. – S. 668-674.

9. **Chou V.T.** Gidravlika otkrytyh kanalov / [per. s angl.]. – M.: Strojizdat. – 1969. – 464 s.

10. **Huai W.X.** Turbulence structure in open channel flow with partially covered artificial emergent vegetation / W.X. Hyai, J. Zhang, W.J. Wang, G.G. Katul // Journal of Hydrology. – 2019. – Pp. 180-193.

11. **Melis M.** Resistance to flow on a sloping channel covered by dense vegetation following a dam break / M. Melis, D. Poggi G.O.D. Fasanella S. Cordero, G.G. Katul // Water Resources Research. – 2019. – № 31 (2). – Pp. 274-292.

12. **Nezu I.** Turbulence structure and coherent motion in vegetated canopy open-channel flows / I. Nezu, M. Sanjou // Journal of Hydro-Environment Research. – Vol. 2. – 2008. – Pp. 62-90.

13. Spravochnik pogidravlike / V.A. Bolshakov [i dr.]. – Kiev: Vica shkola, 1984. – 343 p.

14. **Kosheleva E.D.** Kompyuternoe modelirovanie vzaimodejstviya gruntovyh i poverhnostnyh vod v zone Burlinskogo magistralnogo kanala / E.D. Kosheleva, K.B. Koshelev // Barnaul: Izd-vo AGAU, 2010. – 238 s.

15. **Baev O.A.** Osobennosti gidravlicheskih uslovij ekspluatatsii krupnyh kanalov /

O.A. Baev Yu.M. Kosichenko // Ekologiya i vodnoe hozyajstvo. – 2019. – № 3 (03). – S. 145-160.

16. SP 100.13330.2016 Meliorativnye sistemy i sooruzheniya. Aktualizirovannaya redakciya SNIIP 2.06.03-85. – Vved. 2017-06-17. – M.: Izd-vo standartov, 2017. – 209 sp.

17. Spravochnik po gidravlicheskim raschetam / P.G. Kiselev [i dr.]. – M.: EKOLIT. – 2011. – 312 s.

The material was received at the editorial office
25.06.2020

Information about the authors

Kosichenko Jurij Mikhailovich, doctor of technical sciences, professor, chief researcher, Federal state budgetary scientific institution, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems (ROSNIPM), 346421, Novocherkassk, Baklanovskiy pr., 190, Rostov region; e-mail: Kosichenko-11@mail.ru

Baev Oleg Andreevich, candidate of technical sciences, senior researcher, Federal state budgetary scientific institution, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems (ROSNIPM), 346421, Novocherkassk, Rostov region, pr. Baklanovskiy 190; e-mail: oleg-baev1@yandex.ru

УДК 502/504:631.4:551.579

DOI 10.26897/1997-6011-2020-3-14-20

Э.П. КВАЧАНТИРАДЗЕ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

МОДЕЛЬ ПРОГНОЗА ВЛАЖНОСТИ ПОЧВ И ПРАВОМЕРНОСТЬ ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Проанализирована и доказана правомерность использования в практической работе двух прогностических моделей количественной характеристики влагосодержания в почве (кг/м³). Модели были разработаны на основе объективных научных положений. Информационная достоверность предлагаемых уравнений опиралась на сопоставление результатов по двум уравнениям между собой, а также с общепринятым коэффициентом увлажнения по Иванову; обеспечивалась широтой охвата почвенно-климатических полос, длиной анализируемого математического ряда 990. Анализ прогнозируемых величин влагосодержания, полученных на основании двух уравнений, показал их идентичность с точностью до второго знака после запятой, что дает основание рекомендовать уравнение, которое является более простым в использовании. Высокий коэффициент детерминации ($R^2 = 0,9833$) логарифмической регрессии подтвердил, что прогностическая величина «влагосодержание почвы» и «коэффициент увлажнения по Иванову» – это две взаимосвязанные величины. Принципиальная разница между этими показателями: прогнозируемая величина «влагосодержание почвы», полученная по уравнениям, – это количественная

характеристика влажности почвы, а «коэффициент увлажнения по Иванову» – это относительная величина, по которой качественно судят о степени влажности почвы. Реализация предлагаемых прогностических моделей проста, т.к. расчёты опираются на доступную информацию гидрометеорологических служб и справочные данные «Единого государственного реестра почвенных ресурсов России». Расчёты, основанные на архивных данных гидрометеослужбы, дают возможность восстановить информацию о влагосодержании почвы за периоды прошлых лет. Использование прогностической модели влагосодержания почв в системе мониторинга даст возможность получить информацию локально и регионально по: влагосодержанию почв; теплообменным процессам в системе почва-растение-атмосфера; распространению естественных фитоценозов или тенденции их изменений; выбору сельскохозяйственных культур и своевременной рекомендации нивелирующих мероприятий.

Прогностическая модель; влагосодержание в почве; количественная характеристика; простейшая реализация; восстановление информации.

Введение. В условиях глобального потепления климата для большей части земной поверхности скорость испарения с поверхности почвы увеличивается при условии достаточной влажности почвы, а в условиях недостаточной влажности почвы – уменьшается. Однако эти территории с разной влагообеспеченностью имеют общую тенденцию: уменьшение влагообеспеченности почв и осадков (при отсутствии близлежащих крупных водоемов) [1, 2].

Помимо естественных процессов на почвенные запасы существенное влияние оказывают антропогенные факторы. С антропогенной деятельностью связывают истощение подземных и поверхностных вод в результате интенсивной работы подземных водозаборов, мощных водоотливов шахт и карьеров, а также оно возникает как результат проведения мелиоративных работ.

Мелиоративные работы по осушению приводят к нарушению или прекращению функционирования родников, ручьев и мелких рек; к иссушению болот и леса, а также к исчезновению влаголюбивой растительности [3, 4].

Истощение поверхностных вод и, соответственно, почвенных запасов, приводит к прогрессивному снижению прироста биомассы. Именно поэтому необходимо создание мониторинга почвенных запасов как неотделимой составной части общего мониторинга окружающей среды.

Цель мониторинга почвенных запасов:

- получение своевременной информации о неблагоприятных изменениях почвенных запасов для прогноза состояния и тенденции изменений естественных фитоценозов;
- контроль за влагообеспеченностью почв под сельскохозяйственными

культурами для своевременных рекомендаций нивелирующих мероприятий.

На сегодняшний день о почвенных запасах судят на основании косвенных методов оценки по гидрометеорологическим данным, характеризующим определенный период. Принимаются в расчёт следующие показатели: сумма осадков; коэффициент увлажнения по Иванову; коэффициент атмосферного увлажнения по Д.И. Шашко; гидрометрический коэффициент Г.Т. Селянинова; радиационный индекс сухости М.И. Будыко.

Но все вышеперечисленные гидрометеорологические характеристики не дают количественной характеристики почвенных запасов.

Инструментальный метод определения запасов точен, однако, в списке обязательных исследований его на гидрометеорологических станциях нет.

Статистический метод анализа носит конкретизированно локальный характер, а на сегодняшний день нет прогностических моделей по влагосодержанию почв с привязкой ко всем пунктам гидрометеорологических станций – для понимания общей картины климатических ресурсов.

В работах автора [5, 6] представлены две самостоятельные модели по прогнозу влагосодержания почв (кг/м^3), причем расчёты опираются на доступную информацию гидрометеорологических служб и справочных данных «Единого государственного реестра почвенных ресурсов России» [7].

Каждая из предложенных моделей [5, 6] основана на познании закономерностей рассматриваемого явления и на основе объективных, научно обоснованных положений.

Цель работы: доказать правомерность использования предложенных моделей по прогнозу влагосодержания почв.

Материал и методы. В настоящей работе проанализирована возможность использования прогностических значений влагосодержания почвы [5, 6]. Информационная достоверность предлагаемых уравнений опиралась на сопоставление результатов по двум уравнениям между собой, а также с общепринятым коэффициентом увлажнения по Иванову; обеспечивалась широтой охвата почвенно-климатических полос, длиной анализируемого математического ряда.

Широта охвата почвенно-климатических полос обеспечивается расчётами влагосодержания почвы и коэффициента Шашко для точек, расположенных по одной долготе, но разных широт (Архангельск: 40°32'35" в.д., 64°32'24" с.ш.; г. Владимир: 40°23'47" в.д., 56°08'11" с.ш.; г. Ростов-на-Дону: 39°43. 1223' 0» в.д., 47° 13. 3519' 0» с.ш.). Полная характеристика рассчитанных величин представлена в работах автора [1, 2].

Широта охвата почвенно-климатических полос обеспечивается расчётами влагосодержания почвы и коэффициента Шашко для точек, расположенных по одной долготе, но разных широт (Архангельск: 40°32'35" в.д., 64°32'24" с.ш.; г. Владимир: 40°23'47" в.д., 56°08'11" с.ш.; г. Ростов-на-Дону: 39°43. 1223'0» в.д., 47°13. 3519'0» с.ш.). Полная характеристика рассчитанных величин представлена в работах автора [1, 2].

Предлагаемые уравнения не являются уравнениями статистического характера, а основаны на термодинамических законах, что позволяет анализировать исследуемый параметр, выстроив полученные показатели в один ряд и находить закономерности в системе почва-атмосфера. По этому принципу в один ряд были объединены каждый исследуемый параметр, рассчитанный для трех точек (по Архангельску, Владимиру и Ростов-на-Дону) – это влагосодержание по двум уравнениям и коэффициент Шашко. Длина каждого ряда составляла 990.

Проведен математический анализ на достоверность прогностических уравнений путем сопоставления результатов расчётов по двум уравнениям [5, 6] и математического анализа $y = f(x)$, где y – прогнозируемая величина, влагосодержание почвы; x – переменная величина, коэффициент увлажнения по Иванову. Во втором случае длина ряда была сокращена до 18 за счет формирования группировок по коэффициенту увлажнения Иванова, характеризующего типы и подтипы ландшафта [8].

Статистическая достоверность обеспечивается для числа наблюдений 990 – числом группировок 18 [9].

Обсуждение результатов. Обсуждение результата исследований проведено в трёх направлениях:

1. Обсуждение результата прогноза почвенных влагозапасов по двум прогностическим уравнениям [5, 6].

2. Обсуждение результата математического анализа параметров спрогнозированной влажности почвы и коэффициента увлажнения по Иванову [8].

3. Обсуждение результатов первого и второго пунктов.

Анализ прогнозируемых величин влагосодержания, полученных на основании двух уравнений [5, 6], показал их идентичность.

3.1. Пример прогноза количественных изменений почвенных влагозапасов Δg в условиях изменяющегося климата по уравнениям предложенным автором [5, 6].

Дано:

1) Пористость почвы измерялась в кубических метрах. Для одного гектара с мощностью один метр пористость равна 5000 (g^{max}).

2) Температура измерялась в градусах по Цельсию. Среднемесячная температура повысилась на один градус с 15 (t_1) до 16 (t_2).

3) Абсолютная влажность воздуха измерялась в граммах на килограмм сухого воздуха и соответствовала значениям с 8,1 (f_{t1}) до 6,9 (f_{t2}).

4) Абсолютное максимальное насыщение воздуха в граммах на килограмм сухого воздуха при температурах воздуха (t_1 и t_2) соответствуют значениям 10,9 (f_{t1}^{max}) и 11,6 (f_{t2}^{max}).

3.1.1. Расчет влагосодержания почвы по уравнению [5]:

$$g_t = f_t \frac{g^{max}}{f_t^{max}} \quad (1)$$

Первый этап расчета. Перевод всех компонентов в объёмные доли. Делаем следующее рассуждение.

Максимальные значения безразмерного параметра d при температурах t_1 и t_2 соответствуют значениям:

$$d_1^{max} = 10.9 \times 10^{-3} \text{кг/кг сух. возд.}$$

$$d_2^{max} = 11.6 \times 10^{-3} \text{кг/кг сух. возд.}$$

$$d_1 = 8.1 \times 10^{-3} \text{кг/кг сух. возд.}$$

$$d_2 = 6.9 \times 10^{-3} \text{кг/кг сух. возд.}$$

Влагосодержание воздуха f связано с параметром d соотношением:

$$f = p_w d \quad (2)$$

где $p_w = 10^3 \text{ кг/м}^3$ плотность воды.

Поэтому максимальное влагосодержание воздуха при температурах t_1 и t_2 соответствует значениям $f_1^{max} = 10.9 - \text{кг/м}^3$ и $f_2^{max} = 11.6 \text{ кг/м}^3$

Текущее влагосодержание воздуха при температуре $t_1 = 15^\circ\text{C}$ и влажности 75% – влагосодержание воздуха $f_1 = 8.1 \text{ кг/м}^3$: при температуре $t_2 = 16^\circ\text{C}$ и влажности 60% – $f_2 = 6.9 \text{ кг/м}^3$

Максимальное влагосодержание почвы, не зависящее от температуры, равно пористости почвы $- g^{max} = 5000 \text{ м}^3/\text{га}$.

Переведём эту величину в кг/м^3 :

$$5000 \text{ м}^3 \text{ воды} = 5 \times 10^6 \text{ кг воды.}$$

1 га почвы толщиной 1 м = 10^4 м^3 и, таким образом,

$$g^{max} = 5000 \text{ м}^3/\text{га} = 5 \times 10^6 / 10^4 = 500 \text{ кг/м}^3.$$

Второй этап расчета.

Вычислим изменения влагосодержания почвы.

Из уравнения (1) вытекает:

$$\begin{aligned} \Delta g &= g_2 - g_1 = \frac{g^{max}}{f_2^{max}} f_2 - \frac{g^{max}}{f_1^{max}} f_1 = \\ &= g^{max} \left(\frac{f_2}{f_2^{max}} - \frac{f_1}{f_1^{max}} \right) = 500 \left(\frac{6.9}{11.6} - \frac{8.1}{10.9} \right) = -75 \end{aligned} \quad (3)$$

Вывод: в связи с изменением климата почвенные влагозапасы исследуемого пункта уменьшаются на 75 кг/м^3 .

3.1.2. Расчет влагосодержания почвы по уравнению [6] с позиции изменения теплосодержания воздуха.

Формула теплосодержания (i) влажного воздуха:

$$i = C_{dr} t + d (\lambda + C_v t), \quad (4)$$

где теплоёмкость сухого воздуха $C_{dr} = 1.005 \text{ кДж/кг.град}$; теплоёмкость пара $- C_v = 1.807 \text{ кДж/кг град}$; скрытая теплота парообразования $- \lambda = 2500 \text{ кДж/кг}$; t – температура воздуха; d – влагосодержание.

Вычислим изменение теплосодержания воздуха:

$$\Delta i = i_2 - i_1,$$

для чего представим:

$$t_2 = t_1 + \Delta t, \quad d_2 = d_1 + \Delta d$$

и пренебрежём членом $\Delta t \Delta d$,

после чего легко получим:

$$\Delta i = i_2 - i_1 = (C_{dr} + d_1 C_v) \Delta t + (\lambda + C_v t_1) \Delta d \quad (5)$$

Вычислим Δd из формулы (2)

$$\Delta d = \frac{1}{p_w} (f_2 - f_1) = \frac{1}{1000} (6.9 - 8.1) = -1.2 \times 10^{-3} \quad (6)$$

Подставляя все известные значения в (5), найдём

$$\Delta i = -2,04 \text{ кДж/кг} = -2040 \text{ Дж/кг} \quad (7)$$

Вычислим Δg из формулы (3), для чего подставим вместо f_1 и f_2 их значения из формулы (2):

$$\begin{aligned} \Delta g &= p g^{max} \left(\frac{d_2}{f_2^{max}} - \frac{d_1}{f_1^{max}} \right) = \\ &= p g^{max} \left(\frac{d_1 + \Delta d}{f_2^{max}} - \frac{d_1}{f_1^{max}} \right) = \\ &= p g^{max} \left(\frac{f_1^{max} \Delta d - d_1 (f_2^{max} - f_1^{max})}{f_1^{max} f_2^{max}} \right) \end{aligned} \quad (8)$$

Подставляя в (8) значение Δd из формулы (5):

$$\Delta d = \frac{\Delta i - (C_{dr} + C_v d_1) \Delta t}{\lambda + C_v d_1} \quad (9)$$

Найдём:

$$\begin{aligned} \Delta g &= p g^{max} \times \\ &\times \left\{ \frac{f_1^{max} [\Delta i - (C_{dr} + C_v d_1) \Delta t] - (\lambda + C_v t_1) d_1 \Delta f^{max}}{f_1^{max} f_2^{max} (\lambda + C_v t_1)} \right\} = \\ &= -75 \end{aligned} \quad (10)$$

Вывод.

В связи с изменением климата почвенные влагозапасы уменьшаются на 75 кг/м^3 .

Таким образом, Δg , вычисленные по формуле (3) и (10), совпадают. Это даёт право на предпочтение выбора более простого способа вычисления влагосодержания в почве по формуле (3) для последующего использования этого уравнения при прогнозе теплосодержания почв.

3.2. Обсуждение результата математического анализа.

Аналитическая зависимость $y = f(x)$ наилучшим образом описывается логарифмической функцией, что наглядно видно из рисунка.

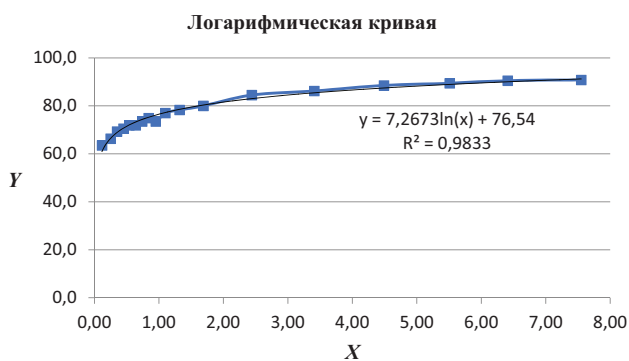


Рис. Логарифмическая кривая

y – прогнозируемая величина, влажность почвы;
 x – переменная величина, коэффициент увлажнения по Иванову,
 коэффициент детерминации – R^2

Высокий коэффициент детерминации (R^2) логарифмической регрессии демонстрирует не только то, что модель точно описывает исходные данные, но главное, что прогностическая величина «влажность почвы» и «коэффициент увлажнения по Иванову» – это две взаимосвязанные величины. Принципиальная разница между этими показателями: прогнозируемая величина «влажность почвы», полученная по уравнениям (1;10) – это количественная характеристика влажности почвы, а «коэффициент увлажнения по Иванову» – это относительная величина, по которой качественно судят о степени влажности почвы.

Выводы

В работе доказана правомерность использования двух моделей оценки влагосодержания почвы.

Правомерность использования прогноза влагосодержания почв подтвердилась расчётами двух прогностических уравнений и результатом математического анализа.

Абсолютные величины прогнозируемого влагосодержания, полученные при расчёте по двум моделям, совпали с точностью до второго знака после запятой, что дает основание рекомендовать более простое в использовании уравнение.

Высокий коэффициент детерминации (R^2) логарифмической регрессии подтвердил, что прогностическая величина *влажность почвы* и *коэффициент увлажнения по Иванову* – это две взаимосвязанные величины.

Реализация предлагаемой прогностической модели проста, т.к. расчёты

опираются на доступную информацию гидрометеорологических служб и справочные данные «Единого государственного реестра почвенных ресурсов России».

Расчёты, основанные на архивных данных гидрометеослужбы, дают возможность восстановить информацию о *влажносодержании почвы* за периоды прошлых лет.

Использование прогностической модели даёт не только количественную характеристику влагосодержания почв, но и понятие общей картины климатических ресурсов.

Использование прогностической модели влагосодержания почв в системе мониторинга даст возможность получить информацию локально и регионально по:

- *влажносодержанию почв*;
- теплообменным процессам в системе почва-растение-атмосфера;
- распространению естественных фитоценозов или тенденции их изменений;
- выбору сельскохозяйственных культур и своевременной рекомендации нивелирующих мероприятий.

Библиографический список

1. **Квачантирадзе Э.П., Терехова С.И.** Тенденция изменения климата в Европейской части России по 40° восточной долготы / Коллективная монография по мат-лам Всероссийской с междуна. участием научно-практ.конф. LXXII Герценовские чтения, посвященной 150-летию со дня рождения В.Л. Комарова, 135-летию со дня рождения П.В. Гуревича, 90-летию со дня рождения В.С. Жекулина. – СПб.: Астерион. 2019. – С. 146-151.
2. **Квачантирадзе Э.П., Терехова С.И.** Изменение климата как сигнал обеспечения безопасности сельскохозяйственной деятельности // Международный технико-экономический журнал. – 2018. – № 6. – С. 133-142.
3. **Станис Е.В.** Изменение гидросферы под воздействием подземной добычи угля // Вестник РУДН. Сер. Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2004. – № 1. – С. 99-104.
4. **Зверев В.П.** Подземная гидросфера. – М.: Научный мир, 2011. – 260 с.
5. **Квачантирадзе Э.П.** Теоретический расчет запаса воды в почве // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московский государственный агроинженерный университет

им. В.П. Горячкина. – 2011. – No2 (47). – С. 34-37.

6. **Kvachantiradze E.P.** Thermodynamic model of soil moisture supply forecast / Сб. International Conference “Applied Ecology: Problems, Innovations” PROCEEDINGS ICAE-2015. – Tbilisi: ICAE, 2015. – С. 128-130.

7. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. Почвенный институт им В.В. Докучаева / по ред. А.Л. Иванов, С.А. Шоба. – М.: Россельхозакадемия, 2014. – 768 с.

8. **Иванов Н.Н.** Ландшафтно-климатические зоны Земного шара. (Записки Геогр.

о-ва, Новая серия; Т. 1.). – М.–Л.: 1948. – 117 с.

9. Группировка статистических данных [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lektsii.org/10-18949>.

Материал поступил в редакцию 07.04.2020 г

Сведения об авторе

Квачантирадзе Этери Павловна, к.б.н., с.н.с., доцент кафедры охраны труда ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, Тимирязевская, 49; e-mail: eteri.kv@yandex.ru

E.P. KVACHANTIRADZE

Federal state budgetary educational institution of higher education «Russian state agrarian university – MAA named after С.А. Timiryazev», Moscow, Russian Federation

PREDICTION MODEL OF SOIL HUMIDITY AND LEGITIMACY OF ITS USE

The legitimacy of using in practice two prognostic models for quantitative characteristics of soil moisture content (kg/m^3) was analyzed and proved. Models were developed on the basis of the objective scientific regulations. The information reliability of the proposed equations was based on: comparing the results of the two equations with each other, as well as with the generally accepted coefficient of moistening according to Ivanov; the breadth of coverage of soil and climatic bands; the length of each analyzed mathematical series is 990. The analysis of the predicted moisture content values obtained on the basis of two equations showed their identity to the second decimal digit, which gives reason to recommend an equation that is easier to use. The high coefficient of determination ($R^2 = 0.9833$) of the logarithmic regression confirmed that the predictive value of soil moisture content and Ivanov's moisture coefficient are two interrelated values. The fundamental difference between these indicators: the predicted value of the soil moisture content obtained by the equations is a quantitative characteristic of soil moisture, and Ivanov's moisture coefficient is a relative value by which the degree of soil moisture is qualitatively judged. The implementation of the proposed prognostic models is simple because the calculations are based on the available information from hydro meteorological services and reference data from the Unified State Register of Soil Resources of Russia. Calculations based on the archival data from the hydro meteorological service make it possible to restore information on soil moisture content over the periods of past years. Using a predictive model of soil moisture content in the monitoring system will provide an opportunity to obtain information locally and regionally on: soil moisture content; heat transfer processes in the soil-plant-atmosphere system; spread of natural phytocenosis or trends in their changes; selection of agricultural crops and timely recommendations for leveling measures.

Prediction model; moisture content in the soil; quantitative characteristic; simplest implementation; data recovery.

References

1. **Kvachantiradze E.P., Terehova S.I.** Tendentsiya izmeneniya klimata v Evropejskoj chasti Rissii po 40° vostochnoj dolgoty / Kollektivnaya monografiya po materialam Vsepossijskoj s mezhdunarodnym uchastiem nauchno-prakticheskoj konferentsii LXXII Gertsenovskie chteniya, posvyashchennoj 150-letiyu so dnya rozhdeniya V.L. Komarova, 135-letiyu so dnya rozhdeniya

P.V. Gurevicha, 90-letiyu so dnya rozhdeniya V.S. Zhekulina. – SPb.: Asterion. 2019. – S. 146-151.

2. **Kvachantiradze E.P., Terehova S.I.** Izmenenie klimata kak signal obespecheniya bezopasnosti selskohozyajstvennoj deyatel'nosti // Mezhdunarodny tehniko-ekonomicheskij zhurnal. – 2018. – No 6. – S. 133-142.

3. **Stanis E.V.** Izmenenie gidrosfery pod vozdejstviem poszemnoj dobychi uglja //

Vestnik RUDN. Ser. Ekologiya i bezopasnost zhiznedeyatel'nosti. – 2004. – № 1. – S. 99-104.

4. **Zverev V.P.** Podzemnaya gidrosfera. – M.: Nauch. mir, 2011. – 260 s.

5. **Kvachantiradze E.P.** Teoreticheskij raschet zapasa vody v pochve // Vestnik Federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya Moskovskij gosudarstvennyy agroinzhenernyy universitet im. V.P. Goryachkina. – 2011. – No2 (47). – S. 34-37.

6. **Kvachantiradze E.P.** Thermodynamic model of soil moisture supply forecast / Sb. International Conference "Applied Ecology: Problems, Innovations" PROCEEDINGS ICAE-2015. – Tbilisi: ICAE, 2015. – S. 128-130.

7. Ediny gosudarstvennyy reestr pochvennyh resursov Rossii. Pochvennyy institut im. V.V. Dokuchaeva / pod red. A.L. Ivanov,

S.A. Shoba. – M.: Rossel'hoz'akademiya, 2014. – 768 s.

8. **Ivanov N.N.** Landshaftno-klimaticheskie zony Zemnogo shara. (Zapiski Geogr. o-va, Novaya seriya; T. 1.). – M.–L.: 1948. – 117 s.

9. Gruppyrovka statisticheskikh dannyh [elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://lektsii.org/10-18949>.

The material was received at the editorial office
07.04.2020

Information about the author

Kvachantiradze Eteri Pavlovna, k.b.n., senior researcher, associate professor of the department of labor protection FSBEI HE RSAU-MSHA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, Timiryazevskaya, 49; e-mail: eteri.kv@yandex.ru

УДК 502/504:631.6(075.8)

DOI 10.26897/1997-6011-2020-3-20-28

Д.Е. КУЧЕР¹, Е.А. ПИВЕНЬ¹, Е.Г. ЧЕРНОВА¹, Н.В. СУРИКОВА²

¹ Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов», г. Москва, Российская Федерация

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»,

Институт Мелиорации, водного хозяйства и строительства им. А.Н. Костякова, г. Москва, Российская Федерация

ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ ЗЕРНОВОГО СОРГО В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИИ

Зерновое сорго является перспективной культурой кормового, технического и продовольственного назначения в условиях резко континентального климата юго-востока Европейской части России. В статье анализируются результаты исследований суммарного и среднесуточного водопотребления и его структура в годы разной влаго- и теплообеспеченности пяти сортов зернового сорго (ранне- и среднеспелых) при трех способах основной обработки почвы, влияющих на сохранение и расходование почвенной влаги. Полевые эксперименты проведены в 2016-2018 гг. в Сарпинском районе Республики Калмыкия с целью обоснования выбора засухоустойчивых сортов этой культуры и оптимальных способов основной обработки почвы, способных обеспечить наилучшее сбережение и рациональное использование естественных осадков и почвенной влаги для формирования урожая в богарных условиях при глубоких грунтовых водах. Величины суммарного водопотребления зернового сорго за годы исследований по вариантам опыта составили для раннеспелых сортов 2110...1136 м³/га, для среднеспелых сортов 2253...1160 м³/га в зависимости от метеорологических условий года и способов основной обработки почвы. В структуре суммарного водопотребления доля атмосферных осадков изменялась от 55,0% во влажный год до 27,1% в сухой, остальное водопотребление обеспечивалось за счет использования почвенных запасов влаги. Суточное водопотребление растениями зернового сорго в среднем за вегетационный период варьировало по вариантам опыта от 10,4 до 23,8 м³/га в зависимости от влажности года, сорта сорго и способа обработки почвы, наибольшие его величины наблюдались в период "посев-кущение". Результаты полевых исследований водопотребления зернового сорго показали, что в годы разной тепло- и влагообеспеченности эта важная сельскохозяйственная культура получает удовлетворительное количество влаги для обеспечения