

## ГИДРОТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ОСУШАЕМЫХ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

Р.В. Сайдак, М.О. Дацько

*Институт водних проблем і меліорації НААН*

*Проаналізовано кліматичні зміни гідротермічного режиму Лівобережного Полісся. Встановлено, що середньорічна температура повітря згідно з загальною тенденцією зросла на 2,3°C, а порівняно з загальноприйнятою нормою на 1,2°C, що призводить до подовження днів з активною вегетацією. Відзначено незначне збільшення середньорічної кількості опадів, зокрема за 55 років вони збільшилися на 15 мм. Оцінка зміни кліматичного водного балансу свідчить про загальну тенденцію до збільшення дефіциту вологи, який досяг в середньому 110–120 мм на рік. Обґрунтовано, що від оперативної та достовірної інформації про зміну температури, кількості опадів, гідротермічного режиму, їх оцінки та прогнозу залежить стійкість розвитку сільськогосподарського виробництва на меліорованих ґрунтах, і особливо рослинництва.*

**Ключові слова:** *зміна клімату, температура, гідротермічний режим, рівень ґрунтових вод, меліорація.*

На современном этапе развития сельскохозяйственного производства водные ресурсы играют все более важную роль в аграрном секторе экономики. Проблема повышения производительности сельского хозяйства тесно связана с неблагоприятными гидрометеорологическими условиями во многих сельскохозяйственных районах, которая главным образом проявляется в диспропорции соотношения почвенного потенциала и возможностей для его реализации вследствие ограниченного обеспечения водными ресурсами. Максимальная реализация плодородия почвы в нашей стране возможна только при условии дополнительного водорегулирования, то есть привлечения воды или ее отвода [1–3].

В связи с тем, что на большей части Украины в вегетационный период основным лимитирующим фактором урожайности культур являются неудовлетворительные условия влагообеспеченности [2–5] особое научно-практическое значение приобретает оценка степени благоприятности относительно естественного потенциала увлажнения территории для функционирования отраслей растениеводства. С целью решения этой проблемы необходи-

мо создание новых комплексных методов анализа закономерностей формирования и динамики ресурсов атмосферного и почвенного увлажнения территории в вегетационный период и оценки их влияния на урожайность сельскохозяйственных культур [1, 6].

В оценке уровня увлажнения следует учитывать не только количество влаги, поступающей в агроэкосистему, но и суммарное испарение, или эвапотранспирацию. Поэтому соотношение испаряемости и осадков рассматривается как показатель соотношения тепла и влаги или условий тепло- и влагообеспеченности природного комплекса. Это соотношение дает представление о балансе тепла и влаги, позволяет оценить тип водного режима почв и зависимость почвенно-мелиоративных условий от этих факторов; выявлять основные факторы, лимитирующие плодородие почв; предусмотреть мелиоративные мероприятия (орошение, осушение) и их интенсивность.

В связи с этим одним из основных факторов регулирования роста и развития растений признана водная меліорація, а именно, осушение в гумидной зоне Украины, исследование которого и является целью работы.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили на протяжении 2012–2014 гг. в условиях агротехнического долгосрочного стационарного опыта в зоне Левобережного Полесья. Объект исследований расположен в опытном хозяйстве «Прогресс» Козелецкого р-на Черниговской обл., в пределах осушительной системы «Крещатое», которая подчинена Козелецкому межрайонному управлению водного хозяйства. Данная система была введена в эксплуатацию в 1967–1972 гг. во время проведения масштабных работ по осушению заболоченных и периодически переувлажненных земель Черниговской обл.

Площадь осушительной системы по состоянию на 1.01.2012 г. составляет 2368,5 га, в т.ч. пашня — 1711 га, сенокосы — 171 га, пастбища — 486,5 га. Основными земледельцами осушаемых земель являются ГСП «Чайка» — 1130 га и ООО СП «Дружба» — 1075,5 га.

Исследование водного режима почвы проводили путем измерения глубины залегания уровней почвенных вод (УПВ) в водомерных колодцах ежедекадно.

Одной из составляющих показателей комплексной оценки влагообеспеченности территории является потенциальное испарение. То есть количество влаги, которое может испариться с поверхности земли в определенных климатических условиях при ее неограниченных ресурсах. Эту величину определяют по запасам тепла, влажности воздуха, скорости ветра. Поэтому соотношение испарения и осадков

можно рассматривать как показатель тепло- и влагообеспеченности агроэкосистем [7, 8]. Оно создает представление о балансе тепла и влаги, а также позволяет оценить тип водного режима почв.

С помощью формулы (1) можно рассчитать абсолютную величину климатического водного баланса (КВБ), мм:

$$\text{КВБ} = R - E, \quad (1)$$

где  $R$  — сумма осадков за расчетный период, мм;  $E$  — потенциальное испарение за расчетный период, мм.

Все исследования проведены в соответствии с общепринятыми методиками. Математический и статистический анализы полученных результатов выполняли дисперсионным, корреляционным и регрессионным методами с использованием компьютерных программ Microsoft Office Excel 2007 и Statistica-6.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате исследований установлено, что, начиная с 1960 г. отмечается устойчивый рост среднегодовой температуры воздуха как на всей территории Украины в целом, так и в районе исследований (рис. 1). Такая закономерность отмечена во многих исследованиях [1, 3–6, 9]. Самые большие изменения температуры в регионе отмечены в зимние (на 3,0°C) и весенние (на 2,6°C) месяцы, в то время как в летние (на 2,3°C) и, особенно, осенние (на 1,2°C) месяцы имели место несколько меньшие температурные колебания. Повышение температуры в летний период

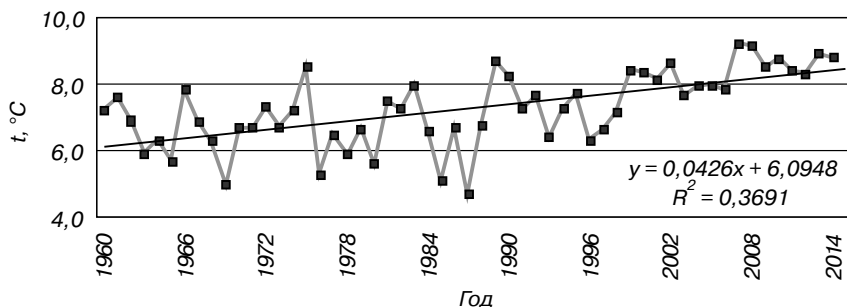


Рис. 1. Динамика среднегодовой температуры воздуха за период 1960–2014 гг.

способствовало увеличению количества жарких дней. Значительный рост температуры воздуха в холодный период привел к уменьшению продолжительности холодного периода и суровости зимы, а также к увеличению продолжительности теплого периода и, соответственно, увеличению и продолжительности периода активной вегетации растений.

Таким образом, количество осадков изменяется в сторону незначительного увеличения (рис. 2). За период с 1960 по 2014 год отмечается устойчивый рост тренда, то есть осадки увеличиваются на 15 мм. Кроме того, происходит распределение количества осадков в теплый период года и увеличение засушливых периодов, когда требуется дополнительное увлажнение осушаемой территории.

Существенное увеличение количества осадков в осенний период и — уменьшение в зимний не способствует формированию уровня почвенных вод, поэтому весной они находятся на критическом уровне.

Несмотря на среднегодовое увеличение количества осадков, обеспечение исследуемой территории водой постоянно ухудшается. Повышение температуры воздуха нивелирует влияние увеличения количества осадков. Если на протяжении 1960–1990 гг. каждый третий год характеризовался чрезмерной увлажненностью ( $ГТК > 1,6$ ), то начиная с 2000 г. имело место увеличение проявлений летних засух, что свидетельствует об ухудшении обеспеченности сельскохозяйственных культур влагой.

Вследствие этого возникла необходимость пересмотра эффективности осушения территории и создания мелиоративных систем двустороннего действия.

В результате корреляционного анализа нами выявлена достаточно тесная значимая связь между КВБ среднемесячной температурой воздуха ( $r = -0,66$ ) и месячными суммами осадков. Эта зависимость описывается уравнением регрессии второго порядка (формула 2):

$$\text{КВБ} = -20,3064 - 2,7401x + 1,0142y - 0,1231x^2 + 0,0017xy + 0,0003y^2, \quad (2)$$

где  $x$  — среднемесячная температура воздуха, °С;  $y$  — месячная сумма осадков, мм.

Между показателями климатического водного баланса, суммой активных температур и месячной суммой осадков с помощью формулы 2 установлена высокая корреляционная зависимость ( $r = 0,96$ ).

Анализ расчетных данных годового КВБ за 1960–2014 гг. свидетельствует, что, несмотря на незначительный рост среднегодового количества осадков, имеет место общая тенденция к его снижению, и по состоянию на 2010–2014 гг. этот дефицит достиг в среднем 110–120 мм (рис. 3).

В течение 1960–2014 гг. в зимний период климатический водный баланс являлся положительным и колебался от 30 до 164 мм. Но этого недостаточно, чтобы компенсировать дефицит в весенне-летний период, который может достигать в отдельные годы более 200 мм.

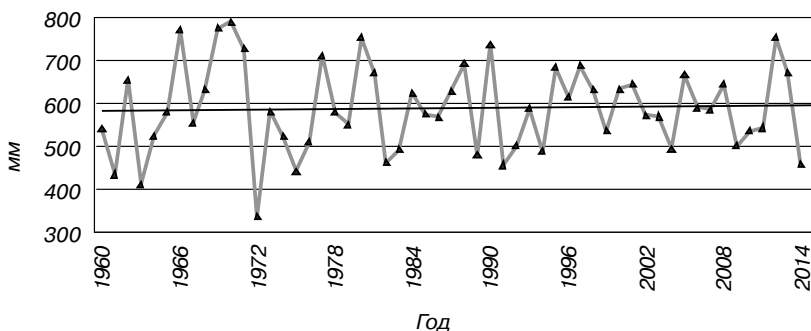
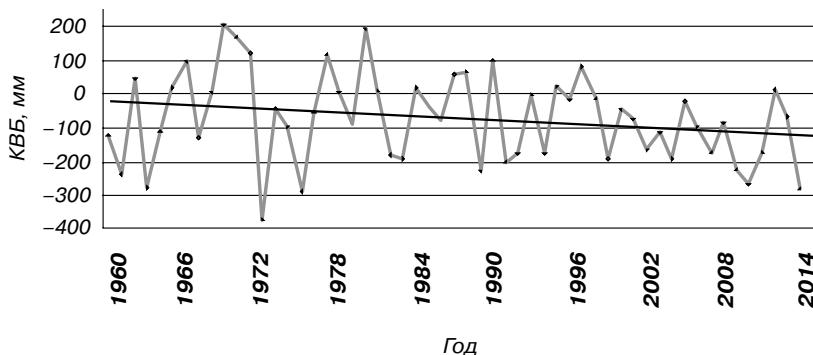


Рис. 2. Динамика годовых сумм осадков за 1960–2014 гг.



Детальный анализ средних значений климатического водного баланса за периоды 1961–1990 и 1991–2014 гг. и их сравнение свидетельствуют об ухудшении влагообеспеченности на 80 мм. Дальнейшая оценка КВБ по календарным месяцам года показывает, что в регионе за период 1991–2014 гг. положительное значение суммарного (с начала года) водного баланса с нарастающим итогом обеспечивается в среднем к концу мая, в то время как за 1961–1990 гг. — к концу июня.

Таким образом, в результате современных климатических изменений уровень влагообеспеченности посевов в регионе исследований существенно ухудшился как в целом за год, так и в течение вегетационного периода. То есть в этой зоне необходим отвод избытка влаги в ранневесенний период, а с июня — ее дополнительное привлечение.

Анализ залегания почвенных вод показывает, что высокий их уровень в среднем за 2005–2014 гг. отмечается в марте — апреле (0,33–0,39 м). Аналогично, в конце марта и апреля климатический водный баланс является также самым высоким и составляет 60 и 48 мм соответственно. В конце мая, со снижением климатического водного баланса до 18 мм, уровень почвенных вод тоже уменьшается до 0,64 м, а в конце августа — до 1,27 м.

Корреляционный анализ среднегодовых значений

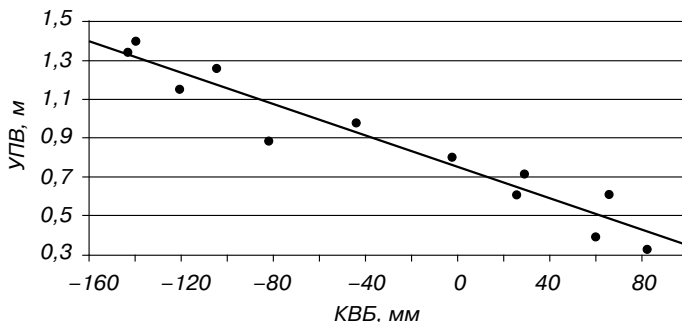
УПВ в конце марта — ноября показал, что они имеют тесную связь с показателями климатического водного баланса ( $\Sigma\text{КВБ}_n$ ), рассчитанного по нарастающему итогу с начала года ( $r = -0,95$ ). Эта зависимость описывается уравнением регрессии первого порядка (формула 3):

$$\text{УПВ}_n = 0,7569 - 0,004\Sigma\text{КВБ}_n, \quad (3)$$

где  $\text{УПВ}_n$  — уровень залегания почвенных вод на конец месяца (март — ноябрь), м;  $\Sigma\text{КВБ}_n$  — суммарное значение климатического водного баланса на конец расчетного месяца, мм.

Данная зависимость имеет обратно-пропорциональный характер, то есть с увеличением климатического водного баланса уменьшается уровень почвенных вод (рис. 4).

Коэффициент детерминации ( $r^2$ ) в данной зависимости составляет 0,90, а погрешность между фактическими и расчетными данными не превышает 0,12 м.



**Рис. 4.** Зависимость средних значений уровня почвенных вод (УПВ) от суммарного климатического водного баланса (КВБ)

Результаты проверки модели расчета уровня почвенных вод, в зависимости от климатического водного баланса, свидетельствуют об их достаточно высокой точности и достоверности, особенно по состоянию в конце мая — июня. Таким образом, с 2005 по 2015 год средняя погрешность расчета уровня почвенных вод по состоянию на конец марта составила 24%, или 0,04 м. В 70% случаев погрешность расчетов уровня почвенных вод за указанный период не превышает 20% отметку. По состоянию на конец апреля погрешность снижается до 19%, и количество случаев, где она не превышает 20%, составляет 60%. В другие периоды погрешность не превышала 10%.

Высокая точность приведенной модели расчета уровня почвенных вод относительно климатического водного баланса свидетельствует о возможности ее практического использования при оценке условий увлажнения территории и целесообразности проведения гидромелиоративных мероприятий.

## ВЫВОДЫ

Незначительное увеличение среднегодового количества осадков на фоне значительного роста температурного режима привело к ухудшению влагообеспеченности территории Левобережного Полесья. На протяжении 1960–1990 гг. каждый третий год оценивался как чрезмерно влажный ( $ГТК > 1,6$ ), а в течение 2000–2014 гг. не было зафиксировано ни одного случая существенного переувлажнения вегета-

ционного периода, за исключением ранневесеннего. В то же время увеличилось количество периодов проявления засухи, что свидетельствует об ухудшении обеспеченности сельскохозяйственных культур влагой.

Годовой климатический водный баланс региона за периоды 1961–1990 и 1991–2014 гг. свидетельствует об ухудшении влагообеспеченности территории исследования на 80 мм. В течение года климатический водный баланс с нарастающим итогом свидетельствует, что в регионе за период 1991–2014 гг. его положительное значение, в среднем, отмечалось на протяжении 1961–1990 гг. — до конца июня, а в период 1991–2014 гг. — только до конца мая.

Самый высокий уровень почвенных вод, в среднем за 2005–2014 гг., отмечается в марте — апреле (0,33–0,39 м). Аналогично, в конце марта и апреля климатический водный баланс является также самым высоким и составляет 60 и 48 мм соответственно. В конце мая, со снижением климатического водного баланса до 18 мм, уровень почвенных вод также снижается до 0,64 м, а в конце августа — до 1,27 м.

Разработанные регрессионные зависимости уровня почвенных вод от климатического водного баланса имеют высокую точность и достоверность, что свидетельствует о возможности их практического использования в процессе оценки влагообеспеченности растений. То есть, зная значение климатического водного баланса, можно прогнозировать и уровень почвенных вод.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Слюсар І.Т.* Система землеробства на осушуваних ґрунтах гумідної зони України: проблеми, шляхи вирішення / І.Т. Слюсар // Меліорація і водне господарство. — 2005. — Вип. 92. — С. 95–101.
2. *Балюк С.А.* Меліорація ґрунтів в Україні: стан, проблеми, перспективи / С.А. Балюк, Р.С. Трускавецький, М.І. Ромашенко // Агротехніка і ґрунтознавство: Міжвідомчий тематичний науковий збірник. — Кн. 1. — Житомир: Рута, 2010. — С. 24–39. — (Спеціальний випуск).
3. Формування біоенергетичних агроecosystem в зоні Полісся України. Науково-технологічне забезпечення аграрного виробництва Лівобережного Полісся: [рекомендації] / [Ю.О. Тараріко, О.М. Бердніков, В.А. Величко та ін.]. — К.: ДІА, 2012. — 248 с.
4. *Петриченко В.Ф.* Підвищення стійкості землеробства в умовах глобального потепління / В.Ф. Петриченко, С.А. Балюк, Б.С. Носко // Вісник аграрної науки. — 2013. — № 9. — С. 5–12.
5. *Круківська А.В.* Агротематична оцінка умов вологозабезпечення території України у період вегетації сільськогосподарських культур: автореф. ... канд. с.-г. наук: 11.00.09 метеорологія, кліматологія, агрометеорологія / А.В. Круківська. — К., 2008. — 24 с.
6. Клімат України / [За ред. В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко]. — К.: Вид-во Раєвського, 2003. — 344 с.

7. Агрокліматичні ресурси: Довідник з агрокліматичних ресурсів України / Голов. ред. М.П. Скрипник [та ін.]. — Ч. 1. — К., 1995. — Т. 1. — 201 с.
8. Сайдак Р.В. Оптимізація систем удобрення короткоротаційної сівозміни на осушуваних дерново-підзолистих ґрунтах Полісся України: авто-

реф. ... канд. с.-г. наук: спец. 06.01.02 — сільськогосподарські меліорації (сільськогосподарські науки) / Р.В. Сайдак. — К., 2015. — 22 с.

9. Адаменко Т.І. Агрокліматичне зонування території України з врахуванням зміни клімату / Т.І. Адаменко. — Біла Церква: ТОВ «РІА» Бліц, 2014. — 16 с.

## REFERENCES

1. Sliusar I.T. (2005). *Systema zemlerobstva na osushuvanykh gruntakh humidnoi zony Ukrainy: problemy, shliakhy vyreshennia* [The system of farming on drained soils humid zone of Ukraine: problems, solutions]. *Melioratsiia i vodne hospodarstvo* [Reclamation and water management]. Vol. 92, pp. 95–101 (in Ukrainian).
2. Baliuk S.A., Truskavetskyi R.S., Romashchenko M.I. (2010). *Melioratsiia gruntiv v Ukraini: stan, problemy, perspektivy* [Reclamation of soils in Ukraine: state, problems and prospects]. *Ahrokhimiia i gruntovoznavstvo. Mizhvidomchyi tematychnyi naukovyi zbirnyk. Spetsialnyi vypusk* [Agricultural Chemistry and soil science. Interdepartmental thematic scientific collection. Special Issue]. B. 1. Zhytomyr: Publ. «Ruta», pp. 24–39 (in Ukrainian).
3. Tarariko Yu.O., Berdnikov O.M., Velychko V.A. (2012). *Formuvannia bioenerhetychnykh ahroekosystem v zoni Polissia Ukrainy. Naukovo-tehnolohichne zabezpechennia ahramoho vyrobnytstva Livoberezhnoho Polissia: rekomendatsii* [Formation of agroecosystems in the area of bioenergy Woodlands of Ukraine. Scientific and technological support agricultural production left-bank Polissya: recommendations]. Kyiv: Publ. DIA, 248 p. (in Ukrainian).
4. Petrychenko, V.F., Baliuk S.A., Nosko B.S. (2013). *Pidvyshchennia stiihosti zemlerobstva v umovakh hlobalnoho poteplinnia* [Improving sustainability of agriculture in global warming]. *Visn. ahrar. nauky: nauk.-teoret. zhurn.* [Bulletin of Agricultural Science: Scientific-theoretical journal]. No. 9. pp. 5–12. (in Ukrainian).
5. Krukivska A.V. (2008). «Agro climatic conditions evaluation volohozabezpechennia in Ukraine during the growing season of crops» Abstract of Candidate Agricultural Sciences dissertation, meteorology, climatology, agrometeorology, Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, 24 p. (in Ukrainian).
6. Lipinskoho V.M., Diachuka V.A., Babichenko V.M. (2003). *Klimat Ukrainy* [Climate Ukraine]. Kyiv: Publ. Vyd-vo Raievskeho, 344 p. (in Ukrainian).
7. Skrypnyk M.P. (1995). *Ahroklimatychni resursy* [Agroclimatic resources]. *Dovidnyk z ahroklimatychnykh resursiv Ukrainy* [Reference agro-climatic resources Ukraine]. Vol.1, part1, Kyev, 201 p. (in Ukrainian).
8. Saidak R.V. (2015). «Optimization of short rotation fertilization on crop rotation drained sod-podzolic soils Polesie Ukraine», Abstract of Candidate Agricultural Sciences dissertation, agricultural reclamation, Institute of Water Problems reclamation, Kyiv, 22 p. (in Ukrainian).
9. Adamenko T.I. (2014). *Ahroklimatychne zonuvannia terytorii Ukrainy z vrakhuvanniam zminy klimatu* [Agro-climatic zoning of Ukraine to the changing climate]. Bila Tserkva: Publ. TOV «RIA» Blits, 16 p. (in Ukrainian).