

Научная статья

УДК 631.621 (571.13)

DOI: 10.36718/1819-4036-2022-1-46-55

**Василий Сергеевич Бойко<sup>1</sup>, Виктор Иванович Шмаков<sup>2</sup>, Артем Юрьевич Тимохин<sup>3✉</sup>, Вячеслав Владимирович Михайлов<sup>4</sup>**<sup>1,3,4</sup> Омский аграрный научный центр, Омск, Россия<sup>2</sup> Омский аграрный университет им. П.А. Столыпина, Омск, Россия<sup>1</sup> boiko@anc55.ru<sup>2</sup> vi.shmakov@omgau.org<sup>3,4</sup> timokhin@anc55.ru

## ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДРЕНАЖА НА ОБЕСПЕЧЕНИЕ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В СЕВЕРНОЙ ЗОНЕ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Цель исследований – установить тепловлагообеспеченность, определить глубину заложения дренажа и расстояние между дренами для обеспечения оптимального водного режима при выращивании кормовых культур на мелиорируемых землях севера Омской области. Природная тепловлагообеспеченность северной зоны Омской области определялась по коэффициенту природного увлажнения ( $K_u$ ) за расчетный период вегетации (декада). Испаряемость ( $E_0$ ) была определена по районированному методу гидролого-климатических расчетов профессора В.С. Мезенцева. Расчеты параметров дренажа выполнены с использованием классических общепринятых методик А.Н. Костякова и С.Ф. Аверьянова. Исследование параметров дренажа мелиорируемых земель выполнено на основе анализа результатов численного эксперимента баланса влаги в расчетном слое почвы за декадные интервалы времени. Численный эксперимент проводился на основе ретроспективного использования природно-климатических данных по объектам за 1971–2017 гг. с применением информационных технологий. Результаты численного эксперимента были проанализированы для объектов, находящихся в аналогичных природно-климатических условиях – Тюкалинск, Большие Уки, Тара. В основу численного эксперимента были положены формулы по методикам Ю.Н. Никольского и В.В. Шабанова. Коэффициент увлажнения для данной территории превышает единицу, что свидетельствует о переувлажнении почвы и промывном типе водного режима и требует проведения гидротехнических мелиораций. Расстояние между открытыми собирателями для периода весеннего снеготаяния составило 210–219 м, для всего периода вегетации сельскохозяйственных культур – 133–166 м. На основании расчетов для обеспечения оптимального водного режима на переувлажненных землях северной зоны Омской области оптимальными являются следующие параметры дренажа: глубина заложения – 1,5 м, расстояние между дренами – 100 м (для Тары); глубина заложения дренажа – 2,0 м, расстояние между дренами – 130 м (для Тюкалинска); глубина заложения дренажа – 1,4 м, расстояние между дренами – 200 м (для Больших Уков).

**Ключевые слова:** параметры дренажа, влагообеспеченность, мелиорация, коэффициент увлажнения

**Для цитирования:** Влияние параметров дренажа на обеспечение урожайности сельскохозяйственных культур в северной зоне Омской области / В.С. Бойко [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2022. № 1. С. 46–55. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-1-46-55.

Vasily Sergeevich Boyko<sup>1</sup>, Victor Ivanovich Shmakov<sup>2</sup>, Artem Yurievich Timokhin<sup>3,4</sup>,  
Vyacheslav Vladimirovich Mikhailov<sup>4</sup>

<sup>1,3,4</sup> Omsk Agrarian Scientific Center, Omsk, Russia

<sup>2</sup> Omsk Agrarian University named after P.A. Stolypin, Omsk, Russia

<sup>1</sup> boiko@anc55.ru

<sup>2</sup> vi.shmakov@omgau.org

<sup>3,4</sup> timokhin@anc55.ru

## DRAINAGE PARAMETERS INFLUENCE ON PROVIDING AGRICULTURAL CROPS YIELD IN THE OMSK REGION NORTHERN ZONE

*The purpose of research is to establish the heat and moisture supply, to determine the depth of the drainage and the distance between the drains to ensure the optimal water regime when growing forage crops on the reclaimed lands in the north of the Omsk Region. The natural heat and moisture supply in the northern zone of the Omsk Region was determined by the coefficient of natural moisture (Ku) for the calculated growing season (ten days). Evaporation (E0) was determined by the zoned method of hydrological and climatic calculations of Professor V.S. Mezentsev. Drainage parameters were calculated using the classical generally accepted methods of A.N. Kostyakov and S.F. Averyanov. The study of the drainage parameters of the reclaimed lands was carried out on the basis of the analysis of the results of a numerical experiment of the moisture balance in the calculated soil layer for ten-day intervals. A numerical experiment was carried out on the basis of retrospective use of natural and climatic data on objects for 1971–2017. using information technology. The results of the numerical experiment were analyzed for objects located in similar natural and climatic conditions – Tyukalinsk, Bolshiye Uki, Tara. The numerical experiment was based on formulas according to the methods of Yu.N. Nikolsky and V.V. Shabanov. The moisture coefficient for a given territory exceeds one, which indicates waterlogging of the soil and a leaching type of water regime and requires hydrotechnical reclamation. The distance between open collectors for the period of spring snow melting was 210–219 m, for the entire growing season of agricultural crops – 133–166 m. Based on calculations to ensure an optimal water regime on the waterlogged lands of the northern zone of the Omsk Region, the following drainage parameters are optimal: 1.5 m, distance between drains – 100 m (for Tara); drainage depth – 2.0 m, distance between drains – 130 m (for Tyukalinsk); the depth of the drainage is 1.4 m, the distance between the drains is 200 m (for Bolshiye Uki).*

**Keywords:** drainage parameters, moisture supply, reclamation, moisture coefficient

**For citation:** Drainage parameters influence on providing agricultural crops yield in the Omsk Region northern zone / V.S. Boyko [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2022;(1):46–55. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2022-1-46-55.

**Введение.** Северная зона Омской области (Усть-Ишимский, Тевризский, Знаменский, Седельниковский, Большеуковский и Тарский районы) находится в зоне повышенного увлажнения и характеризуется наибольшим речным стоком [1, 2]. Возникновение в весенне-летний период дождевых паводков на реке Иртыш и его притоках в сочетании с такими опасными факторами, как осеннее переувлажнение почвы, значительный влагозапас воды в снеге перед его таянием и большое количество осадков весной способствуют риску наводнений, приводящих к затоплению больших площадей сельскохозяйственных угодий [3, 4].

Поэтому проблема рационального освоения и использования агроландшафтов северной зоны Омской области ставит задачу создания и

применения современных информационных технологий управления производственными циклами земледелия с использованием гидротехнических мелиораций, которые создают необходимое количество влаги в корнеобитаемом слое почвы, для достижения высоких урожаев сельскохозяйственных культур [5, 6].

Достоверная оценка природной тепло-влажнообеспеченности рассматриваемой зоны гарантирует обоснованное применение рациональных, экологически целесообразных гидротехнических мелиораций, которые наряду с другими факторами обеспечат устойчивое развитие сельского хозяйства (в том числе и агроландшафтов северной зоны Омской области) [7, 8].

Для оценки природной тепло-влажнообеспеченности освоенной для сельскохозяйственного

производства территории северной зоны Омской области была сформирована следующая база исходных данных:

а) научный и практический опыт применения гидротехнических мелиораций на агроландшафтах северной зоны Омской области;

б) метеорологические характеристики (по репрезентативным метеостанциям Тара, Большие Уки, Тюкалинск за 46-летний ретроспективный период), включающие средние декадные температуры и среднемесячную температуру воздуха, скорость ветра, сумму декадных и месячных атмосферных осадков;

в) физико-географические характеристики территории, гидрологические, гидрогеологические и другие природные условия;

г) сведения об агрогидрологических свойствах почвы и ее фактической влажности [8].

**Цель исследований** – установить тепловолагообеспеченность, определить глубину заложения дренажа и расстояние между дренами для обеспечения оптимального водного режима при выращивании кормовых культур на мелиорируемых землях севера Омской области.

**Материалы и методы.** Природная тепловолагообеспеченность северной зоны Омской области определялась по коэффициенту природного увлажнения ( $K_y$ ) за расчетный период вегетации (декада) [9]. Испаряемость ( $E_0$ ) была определена по районированному методу гидролого-климатических расчетов профессора В.С. Мезенцева [8]. Расчеты параметров дренажа выполнены с использованием классических общепринятых методик А.Н. Костякова и С.Ф. Аверьянова [10, 11]. Исследование параметров дренажа мелиорируемых земель выполнено на основе анализа результатов численного эксперимента баланса влаги в расчетном слое почвы за декадные интервалы времени. Численный эксперимент проводился на основе ретроспективного использования природно-климатических данных по объектам за 1971–2017 гг. с применением информационных технологий.

Результаты численного эксперимента были проанализированы для объектов, находящихся в аналогичных природно-климатических условиях – Тюкалинск, Большие Уки, Тара. В основу численного эксперимента были положены фор-

мулы по методикам Ю.Н. Никольского и В.В. Шабанова [12].

**Результаты и их обсуждение.** Коэффициент  $K_y$  устанавливался по зависимости, рассчитываемой по формуле

$$K_y = (W_d + KX) / E_0, \quad (1)$$

где  $K_y$  – коэффициент природного увлажнения за период  $t_a > 5$  °С;  $W_d$  – фактические влагозапасы в расчетном слое почвы 0,1; 0,2; 0,5; 1 м;  $KX$  – атмосферные осадки за расчетный интервал времени, мм;  $E_0$  – испаряемость (максимально возможное испарение) за тот же расчетный период, мм.

Для расчета испаряемости используем формулу

$$E_0 = A \cdot \sqrt{\frac{\sum t > 10^0}{1000}} + 1,5 \cdot \frac{d_i}{d_e^{0,75}}, \quad (2)$$

где  $A$  – коэффициент для декады, равный 7,8;  $\sum t > 10$  °С – сумма среднесуточных температур воздуха выше 10 °С;  $d_i$  – средние декадные дефициты влажности воздуха, мбар;  $d_e$  – среднегодовой дефицит влажности воздуха, мбар.

Природная тепловолагообеспеченность определяет тип водного режима территории, по которому можно судить о необходимости применения и направления гидротехнических мелиораций. При  $K_y$  меньше единицы тип водного режима – непромывной. Появляется необходимость орошения. При  $K_y$  больше единицы тип водного режима – промывной. Создаются предпосылки к переувлажнению, а значит, требуется осушение переувлажненных земель. При  $K_y = 1$  отмечается оптимальное соотношение между ресурсами тепла и влаги. Тип водного режима – оптимальный, формируется выпадающими атмосферными осадками и вертикальным влагообменом между грунтовыми водами и зоной аэрации почвогрунтов.

Средние многолетние декадные коэффициенты увлажнения показывают, что в северной зоне Омской области коэффициенты увлажнения больше единицы как для пахотного (0,1–0,2 м), так и для подпахотных горизонтов (0,5–1,0 м) (рис. 1). Тип водного режима – промывной. Происходит переувлажнение земель и требуется их осушение.

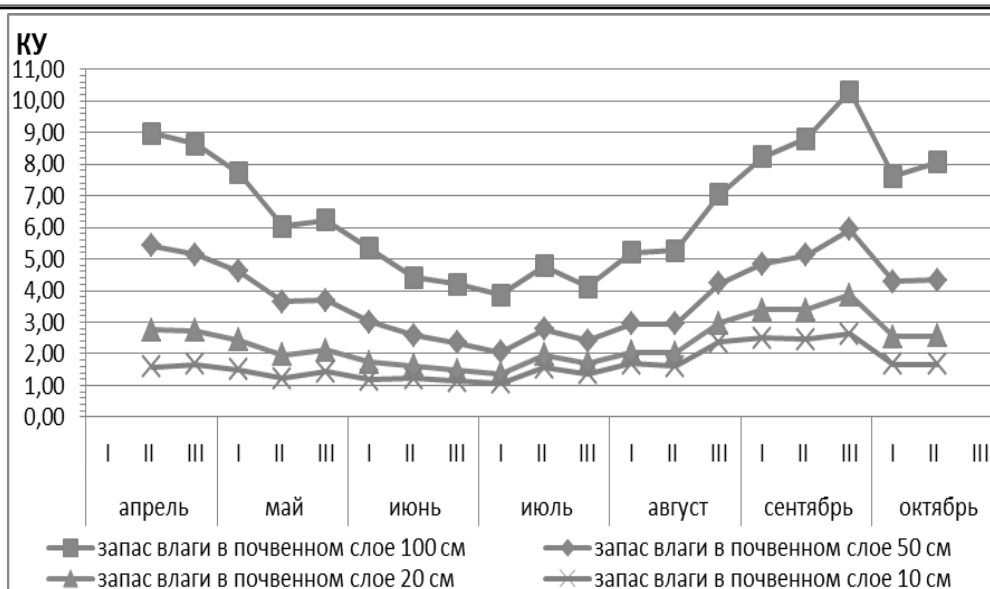


Рис. 1. Среднемноголетние декадные коэффициенты увлажнения  $K_y$  в северной зоне Омской области (1971–2017 гг.)

На основании расчета коэффициента увлажнения за ретроспективный период 1971–2017 гг. установлена тенденция и динамика изменения для расчетного слоя 1,0 м (рис. 2).

Средние многолетние декадные коэффициенты увлажнения показывают, что в северной

зоне Омской области коэффициенты увлажнения больше единицы. Тип водного режима – промывной. Происходит переувлажнение земель, а значит, требуется их осушение.

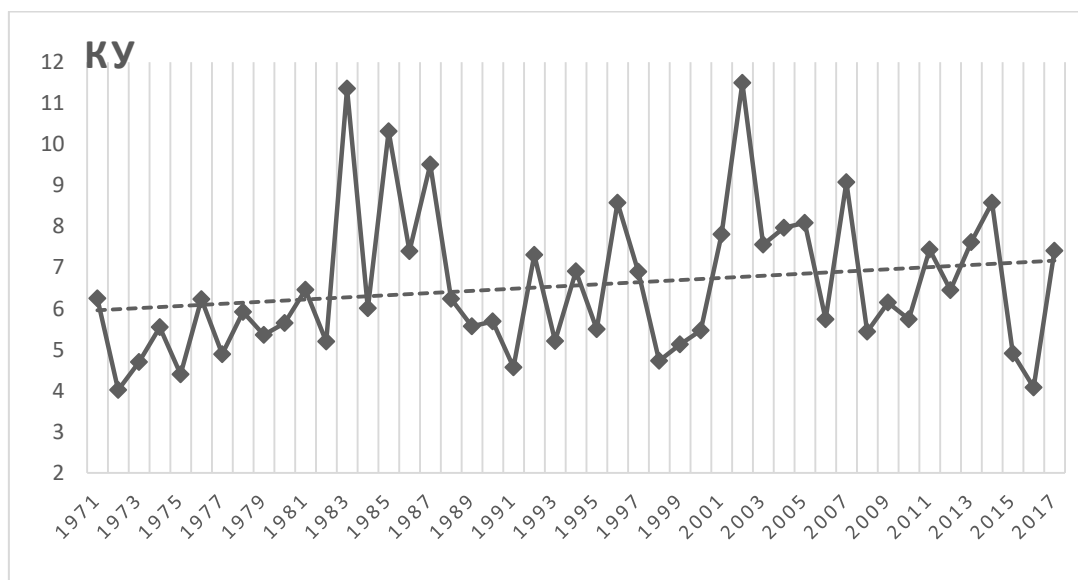


Рис. 2. Динамика коэффициента увлажнения  $K_y$  в северной зоне Омской области (1971–2017 гг.)

Расчеты по методике А.Н. Костякова заключаются в определении расстояния между каналами, м, открытой регулирующей сети, определяющегося по формуле

$$a_0 = \frac{0,51 \cdot C \cdot T^2 \left[ (\sigma \cdot h)^{0,75} + 4K \right]^2}{\sigma \cdot h}, \quad (3)$$

где  $K$  – интенсивность впитывания воды в начальный момент времени,  $K = 0,18$  мм/ч;  $C$  – коэффициент, аналогичный скоростному коэф-

коэффициенту, 1/с;  $T$  – допустимое время отвода избыточных вод с поверхности и из корнеобитаемого слоя почвы, ч [10, 11];  $\sigma$  – коэффициент стока (для весенней талой почвы он равен 0,5, для летнего периода – 0,15);  $h$  – интенсивность снеготаяния или интенсивность выпадения дождей.

Коэффициент  $C$ , 1/с, рассчитывается по формуле

$$C = a\sqrt{I}, \quad (4)$$

где  $a$  – принимается по [11] (для весенне-осеннего периода он равен 1,13; для вегетационного периода – 2,15);  $I$  – уклон поверхности,  $I = 0,0002$ .

$$C_1 = 1,13 \cdot \sqrt{0,0002} = 0,027, \text{ 1/с;}$$

$$C_2 = 2,15 \cdot \sqrt{0,0002} = 0,036, \text{ 1/с.}$$

Сумма выпавших осадков за весенне-осенний период  $h_{\text{вес}}$ , мм, рассчитывается по формуле

$$h_{\text{вес}} = \frac{\sum KX_{\text{вес-осен}}}{a \cdot b}, \quad (5)$$

где  $a$  – продолжительность весеннего снеготаяния (7–9 сут);  $b$  – продолжительность весеннего снеготаяния в течение суток (5–7 ч).

Сумма выпавших осадков за летний период  $h_{\text{лет}}$ , мм, рассчитывается по формуле

$$h_{\text{лет}} = \frac{KX_{\text{max}}}{a \cdot b}, \text{ мм,} \quad (6)$$

где  $KX_{\text{max}}$  – максимальное значение слоя выпавших осадков за один месяц летнего периода, мм;  $a$  – продолжительность выпадения осадков (1 сут);  $b$  – продолжительность выпадения осадков в течение суток (5 ч).

Расчет выполнен для 10 и 25 % обеспеченностей по годам.

$$h_{\text{вес}}^{10\%} = \frac{99}{8 \cdot 6} = 2,06 \text{ мм/ч;}$$

$$h_{\text{лет}}^{10\%} = \frac{56}{1 \cdot 5} = 11,2 \text{ мм/ч;}$$

$$h_{\text{вес}}^{25\%} = \frac{95}{8 \cdot 6} = 1,98 \text{ мм/ч;}$$

$$h_{\text{лет}}^{25\%} = \frac{88}{1 \cdot 5} = 17,6 \text{ мм/ч;}$$

$$a_{0_{\text{овес-осн}}}^{p10\%} = \frac{0,51 \cdot 0,027 \cdot 72^2 \cdot [(0,5 \cdot 2,06)^{0,75} + 4 \cdot 0,18]^2}{0,5 \cdot 2,06} = 210 \text{ м;}$$

$$a_{0_{\text{овес-зн}}}^{p25\%} = \frac{0,51 \cdot 0,027 \cdot 72^2 \cdot [(0,25 \cdot 17,6) + 4 \cdot 0,18]^2}{0,5 \cdot 1,98} = 219 \text{ м.}$$

Расчет расстояния между каналами, м, открытой регулирующей сети по методике С.Ф. Аверьянова определяется по формуле

$$a_0 = 3,6 \frac{\sqrt{I}}{n} \cdot \frac{(1-\sigma) \cdot \alpha}{\sigma \cdot t_a} t^2, \quad (7)$$

где  $I$  – средний уклон осушаемой поверхности (0,0002);  $n$  – коэффициент шероховатости поверхности (2,3);  $\sigma$  – коэффициент стока [11] (0,25);  $h$  – слой осадков выпавших за время  $t_a$ , мм/ч;  $t_a$  – время выпадения осадков, ч;  $t$  – время отвода поверхностных вод, ч.

$$a_{0_{\text{овес-осн}}} = 3,6 \cdot \frac{\sqrt{0,0002}}{2,3} \cdot \frac{(1-0,25) \cdot 28}{0,25 \cdot 72} \cdot 72^2 = 133 \text{ м;}$$

$$a_{0_{\text{овес-зн}}} = 3,6 \cdot \frac{\sqrt{0,0002}}{2,3} \cdot \frac{(1-0,25) \cdot 35}{0,25 \cdot 72} \cdot 72^2 = 166 \text{ м.}$$

По полученным результатам можно сделать вывод, что расстояния между открытыми собирателями для периода весеннего снеготаяния ( $a_0$ ) составляют 210–219 м, а для периода вегетации сельскохозяйственных культур – 133–166 м. Существенным недостатком данных ме-

тодик является косвенный учет влияния глубины и динамики грунтовых вод на процесс переувлажнения земель.

Для расчета численного эксперимента использовали формулы (8–16).

Уравнение баланса зоны аэрации:

$$W_K = W_H + X_0^{0,001} \cdot [O_C + M - E - 10^3 \cdot q \cdot (W_{CP} \cdot \Delta_{CP}) \cdot \delta \cdot \tau], \quad (8)$$

уравнение баланса грунтовых вод:

$$\Delta_K = \Delta_H - \frac{\delta \tau}{\mu} \cdot [q \cdot (W_{CP} \cdot \Delta_{CP}) + q_n - q_{op} \cdot (\Delta_{CP})], \quad (9)$$

где  $W_K$  – влажность почвы на конец расчетного периода, см<sup>3</sup>/см<sup>3</sup>;  $W_H$  – влажность почвы на начало расчетного периода, см<sup>3</sup>/см<sup>3</sup>;  $X_0$  – расчетный слой почвы, м;  $M$  – оросительная норма, мм;  $E$  – суммарное испарение, мм;  $q \cdot (W_{CP} \cdot \Delta_{CP})$  – вертикальный влагообмен, м/сут;  $\delta \cdot \tau$  – продолжительность расчетного периода, сут;  $\Delta_K$  – глубина грунтовых вод на конец расчетного периода, м;  $\Delta_H$  – глубина грунтовых вод на начало расчетного периода, м;  $\mu$  – коэффициент водоотдачи;  $q_n$  – модуль подземного притока, м/сут;  $q_{op}$  – модуль дренажного стока, м/сут.

Уровень грунтовых вод на начало вегетации трав, также по данным измерений, находился на глубине 0,45–0,55 м от поверхности.

Влажность мелиорируемых земель в начале и в конце расчетного периода определялась как средняя для всего периода. Величина расчетного слоя принималась по рекомендациям.

Расчет водного режима и режима увлажнения кормовых культур для периода вегетации проводился по декадам. Норма увлажнения получалась как сумма декадных увлажнительных норм ( $M$ ) за период вегетации. Увлажнительная норма рассчитывалась по формуле при условии  $W_K \leq W_{min}$

$$Q_p = 10^3 \cdot X_0 \cdot (W_{max} - W_{min}), \quad (10)$$

где  $W_{max}$ ,  $W_{min}$  – верхний и нижний пределы оптимального диапазона влажности почвы, принимаемые для мелиорируемых земель по данным исследований.

Для расчета вертикального влагообмена средние значения влажности торфяной почвы ( $W_{cp}$ ) и глубины грунтовых вод ( $\Delta_{cp}$ ) за расчетный период определялись следующим образом:

$$W_{cp} = W_H - \frac{1}{3} \cdot (W_H - W_{cp}), \text{ если } W_K < W_H, \quad (11)$$

$$\text{или } W_{cp} = \frac{W_K + W_H}{2}, \text{ если } W_K \geq W_H, \quad (12)$$

$$\Delta_{cp} = \Delta_H - \frac{1}{3} \cdot (\Delta_H - \Delta_{cp}), \text{ если } \Delta_K < \Delta_H, \quad (13)$$

$$\text{или } \Delta_{cp} = \frac{\Delta_K + \Delta_H}{2}, \text{ если } \Delta_K \geq \Delta_H. \quad (14)$$

Модуль дренажного стока определяется по формулам В.И. Шестакова:

$$q_{op} = \frac{8 \sum_{i=1}^n K_i \cdot m_i}{B_{op}^2 \cdot (1 + 8 \cdot \frac{L_{op}}{B_{op}})} \cdot (H_{op} - \Delta_{cp}), \quad (15)$$

$$L_{op} = \frac{0,73 \cdot K_H \cdot m_N}{K_b} \cdot \lg \frac{8m_B}{2\pi r}, \quad (16)$$

где  $K_i$  – коэффициент фильтрации пласта, м/сут;  $m_i$  – мощность водоносного пласта, м;  $m_N$ ,  $m_B$  – соответственно мощность нижнего и верхнего пластов, м;  $K_N$ ,  $K_B$  – коэффициент фильтрации нижнего и верхнего пластов, м/сут;  $r$  – эффективный радиус дрены, м.

Расчет проектной урожайности проводился по методике Ю.Н. Никольского, В.А. Шабанова, изложенной в работе [12]:

$$Y = Y_{max} \cdot K_0 \cdot \sum_{i=1}^n K_{wi} \cdot W_{\Delta i} \cdot K_{\delta \Delta i} \cdot L_i, \quad (17)$$

где  $Y$  – проектная урожайность в конкретные годы или в среднем за многолетний период;  $Y_{max}$  – максимальная урожайность при оптимальном ходе (в пределах вегетации) влажности почвы и уровня грунтовых вод;  $K_{wi} \cdot K_{\Delta i} \cdot K_{\delta \Delta i}$  – коэффициенты, учитывающие снижение урожайности в результате соответственно: запаздывания со сроками сева, отклонений от оптимальных значений влажности почвы ( $W$ ), уровня грунтовых вод ( $\Delta$ ) и периодических колебаний уровня грунтовых вод с амплитудой ( $\delta \Delta i$ );  $L_i$  – удельный вес фазы, отражающий чувствительность растений в каждой фазе развития с порядковым номером ( $i$ ) к отклонениям водно-воздушного режима почвы от оптимальных условий;  $K_0$  – коэффициент снижения урожайности за счет неблагоприятного водного режима мелиорируемых земель.

Для обеспечения оптимального водного режима мелиорируемых земель для разных регионов северной зоны Омской области глубина

заложения дренажа и расстояний между дренами для основных кормовых культур севооборота (овес с подсевом трав, многолетние травы, подсолнечник и вико-овсяная смесь) составили:

а) для Тары – глубина заложения дренажа – 1,5 м, расстояние между дренами – 100 м;

б) для Тюкалинска – глубина заложения дренажа – 2,0 м, расстояние между дренами – 130 м;

в) для Больших Уков – глубина заложения дренажа – 1,4 м, расстояние между дренами – 200 м (рис. 3, 4).

При увеличении расстояний между дренами урожайность сельскохозяйственных культур значительно снижается. Урожайность сельскохозяйственных культур при более глубоком заложении дренажа практически не изменяется. Полученные прогнозные значения урожайности сельскохозяйственных культур близки к действительно возможной урожайности по теплоэнергетическим ресурсам для данного региона.

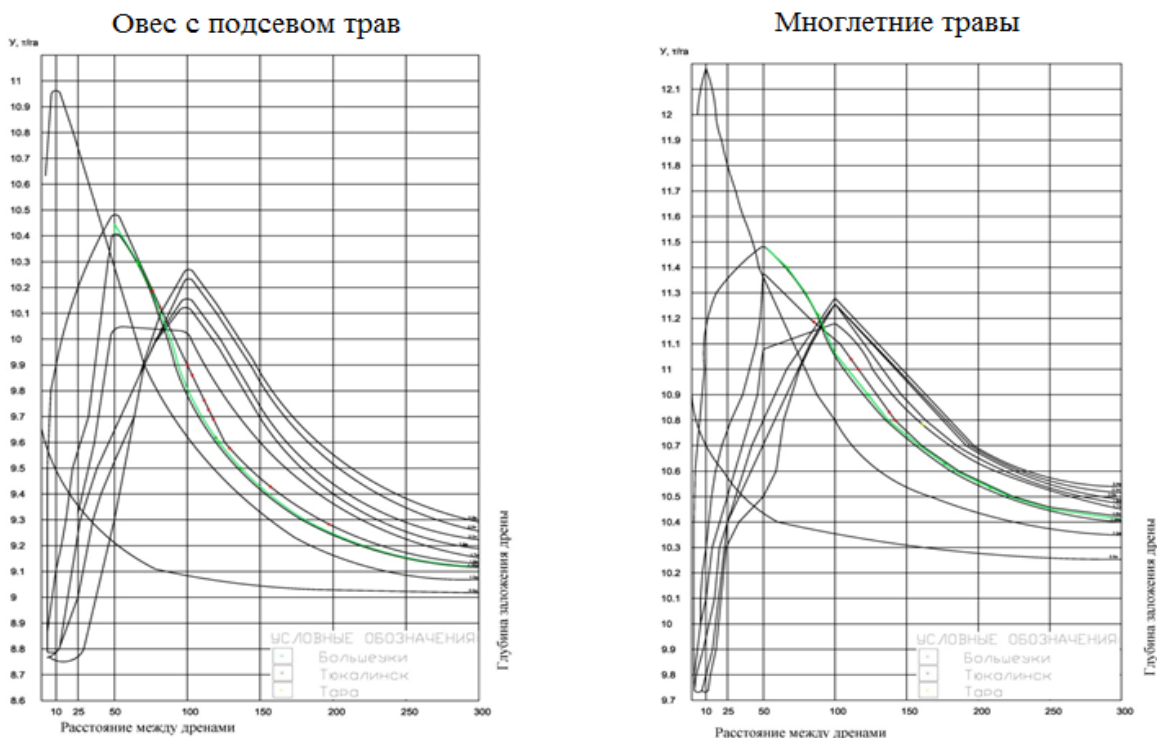


Рис. 3. Графики зависимости урожайности от глубины дрены и расстояний между ними для овса с подсевом трав, многолетних трав

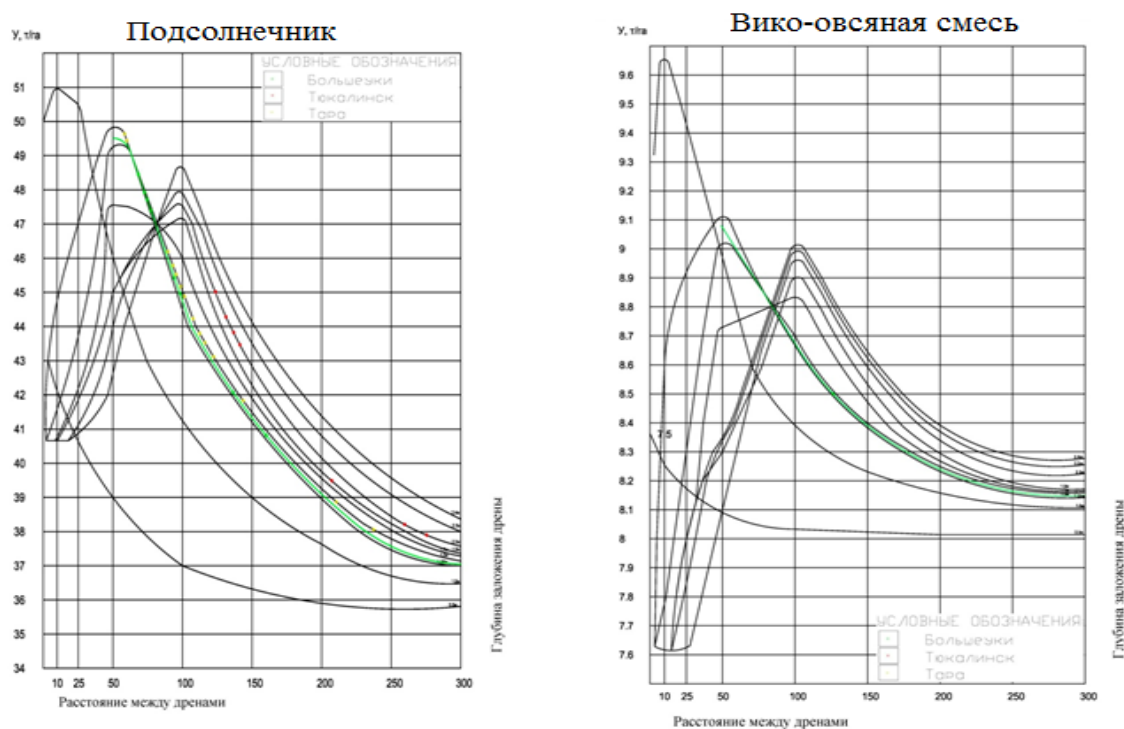


Рис. 4. Графики зависимости урожайности от глубины дрены и расстояний между ними для подсолнечника и викоовсяной травосмеси

**Заключение.** Согласно расчетам, природная тепловлагообеспеченность, определяемая коэффициентом увлажнения как для пахотного (0,1–0,2 м), так и для подпахотных горизонтов (0,5–1,0 м) северной зоны Омской области, больше единицы, что свидетельствует о переувлажнении почвы и промывном типе водного режима и требует проведения гидротехнических мелиораций. Расстояния между открытыми собирателями для периода весеннего снеготаяния сельскохозяйственных культур составили 210–219 м, для всего периода вегетации – 133–166 м. Для обеспечения оптимального водного режима на мелиорируемых землях северной зоны Омской области в результате подсчетов были получены следующие параметры дренажа: глубина заложения дренажа – 1,5 м, расстояние между дренами – 100 м (для Тары); глубина заложения дренажа – 2,0 м, расстояние между дренами – 130 м (для Тюкалинска); глубина заложения дренажа – 1,4 м, расстояние между дренами – 200 м (для Больших Уков).

#### Список источников

1. Кныш А.И., Гурьев Д.В., Троценко И.А. Основные причины и факторы подтопления и затопления территории Омского Прииртышья // Техногенная и природная безопасность: мат-лы IV Всерос. науч.-практ. конф. (19–21 апреля 2017 г.). Саратов, 2017. С. 237–242.
2. Система адаптивного земледелия Омской области / И.Ф. Храмцов [и др.]. Омск: Изд-во ИП Макшеевой Е.А., 2020. 522 с.
3. Волковская Н.П. Наводнения на реках Омской области // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. 2017. № 1. С. 1–7. URL: <http://e-journal.omgau.ru/index.php/2017/1/35-statya-2017-1/741-00271> (дата обращения: 03.07.2021).
4. Усовершенствование системы земледелия на мелиорируемых землях Омской области / В.С. Бойко [и др.]. Омск: Изд-во ИП Макшеевой Е. А., 2018. 32 с.
5. Шмаков В.И., Гусев Н.А. Исследование динамики уровней грунтовых вод при оптимальном водном режиме мелиорируемых



- земель северной лесостепи Омской области // Экологические чтения – 2020: мат-лы XI Национальной науч.-практ. конф. (с междунар. участием) (5 июня 2020 г.). Омск, 2020. С. 650–655.
6. *Бойко В.С., Тимохин А.Ю.* Экологическое состояние мелиорированных почв подтаежной зоны Омской области // Мелиорация и водное хозяйство. 2019. № 6. С. 19–24.
  7. *Мезенцева О.В.* Зона хозяйственного оптимума увлажнения на суше и ее гидрологические рубежи // Вестник Томского государственного университета. 2008. № 317. С. 264–269.
  8. *Мезенцев В.С.* Гидролого-климатические основы проектирования гидромелиораций. Омск: Изд-во ОмГАУ, 1993. 128 с.
  9. Мелиорация и водное хозяйство: справочник / под ред. *Б.Б. Шумакова*. М.: Агропромиздат, 1990. 415 с.
  10. Мелиорация и водное хозяйство: справочник / под ред. *Б.С. Маслова*. М.: Агропромиздат, 1985. Т. 3. 447 с.
  11. СП 100.13330.2016. СНиП 2.06.03-85. Мелиоративные системы и сооружения // Библиотека нормативной документации. 2021. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293747/4293747638.pdf> (дата обращения: 03.07.2021).
  12. *Никольский Ю.Н., Шабанов В.В.* Расчет проектной урожайности в зависимости от водного режима мелиорируемых земель // Гидротехника и мелиорация. 1986. № 9. С. 52–56.
  3. *Volkovskaya N.P.* Navodneniya na rekah Omskoj oblasti // `Elektronnyj nauchno-metodicheskij zhurnal Omskogo GAU. 2017. № 1. S. 1–7. URL: <http://e-journal.omgau.ru/index.php/2017/1/35-statya-2017-1/741-00271> (data obrascheniya: 03.07.2021).
  4. Usovershenstvovanie sistemy zemledeliya na melioriruemyh zemlyah Omskoj oblasti / *V.S. Bojko* [i dr.]. Omsk: Izd-vo IP Maksheevoj E. A., 2018. 32 s.
  5. *Shmakov V.I., Gusev N.A.* Issledovanie dinamiki urovnej gruntovyh vod pri optimal'nom vodnom rezhime melioriruemyh zemel' severnoj lesostepi Omskoj oblasti // `Ekologicheskie chteniya – 2020: mat-ly XI Nacional'noj nauch.-prakt. konf. (s mezhdunar. uchastiem) (5 iyunya 2020 g.). Omsk, 2020. S. 650–655.
  6. *Bojko V.S., Timohin A.Yu.* `Ekologicheskoe sostoyanie meliorirovannyh pochv podtaezhnoj zony Omskoj oblasti // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. 2019. № 6. S. 19–24.
  7. *Mezenceva O.V.* Zona hozyajstvennogo optimuma uvlazhneniya na sushe i ee gidrologicheskie rubezhi // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. 2008. № 317. S. 264–269.
  8. *Mezencev V.S.* Hidrologo-klimaticheskie osnovy proektirovaniya gidromelioracij. Omsk: Izd-vo OmGAU, 1993. 128 s.
  9. Melioraciya i vodnoe hozyajstvo: spravochnik / pod red. *B.B. Shumakova*. M.: Agropromizdat, 1990. 415 s.
  10. Melioraciya i vodnoe hozyajstvo: spravochnik / pod red. *B.S. Maslova*. M.: Agropromizdat, 1985. T. 3. 447 s.
  11. СП 100.13330.2016. SNiP 2.06.03-85. Meliorativnye sistemy i sooruzheniya // Biblioteka normativnoj dokumentacii. 2021. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293747/4293747638.pdf> (data obrascheniya: 03.07.2021).
  12. *Nikol'skij Yu.N., Shabanov V.V.* Raschet proektnoj urozhajnosti v zavisimosti ot vodnogo rezhima melioriruemyh zemel' // Gidrotehnika i melioraciya. 1986. № 9. S. 52–56.

### References

1. *Knysh A.I., Gur'ev D.V., Trocenko I.A.* Osnovnye prichiny i faktory podtopleniya i zatopeniya territorii Omskogo Priirtysh'ya // Tehnogen'naya i prirod'naya bezopasnost': mat-ly IV Vseros. nauch.-prakt. konf. (19-21 aprelya 2017 g.). Saratov, 2017. S. 237–242.
2. Sistema adaptivnogo zemledeliya Omskoj oblasti / *I.F. Hramcov* [i dr.]. Omsk: Izd-vo IP Maksheevoj E.A., 2020. 522 s.

Статья принята к публикации 08.11.2021 / The article accepted for publication 08.11.2021.

Информация об авторах:

**Василий Сергеевич Бойко**<sup>1</sup>, старший научный сотрудник, заместитель директора по научной работе, доктор сельскохозяйственных наук

**Виктор Иванович Шмаков**<sup>2</sup>, доцент кафедры природообустройства, водопользования и охраны водных ресурсов, кандидат технических наук, доцент

**Артем Юрьевич Тимохин**<sup>3</sup>, старший научный сотрудник, заведующий агротехнологическим центром, кандидат сельскохозяйственных наук

**Вячеслав Владимирович Михайлов**<sup>4</sup>, ведущий специалист лаборатории полевого кормопроизводства

Information about the authors:

**Vasily Sergeevich Boyko**<sup>1</sup>, Senior Researcher, Deputy Director for Research, Doctor of Agricultural Sciences

**Victor Ivanovich Shmakov**<sup>2</sup>, Associate Professor at the Department of Environmental Engineering, Water Use and Protection of Water Resources, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

**Artem Yurievich Timokhin**<sup>3</sup>, Senior Researcher, Head of the Agrotechnological Center, Candidate of Agricultural Sciences

**Vyacheslav Vladimirovich Mikhailov**<sup>4</sup>, Leading Specialist at the Laboratory of Field Fodder Production

