

**ISSN 2313-2248**

**Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«РОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МЕЛИОРАЦИИ»  
(ФГБНУ «РосНИИПМ»)**

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

**Сборник научных трудов**

**Выпуск 56**

**Часть 2**

Новочеркасск  
РосНИИПМ  
2014

УДК 631.587

ББК 41.9

П 901

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

В. Н. Щедрин (главный редактор), Т. П. Андреева, М. А. Хамидов, Ф. А. Бараев, Р. К. Икрамов, М. Р. Бакиев, Ш. Х. Рахимов.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

В. И. Ольгаренко – профессор кафедры «Мелиорация земель» Новочеркасского инженерно-мелиоративного института Донского государственного аграрного университета, заслуж. деятель науки РФ, чл.-кор. РАН, д-р техн. наук, профессор;

В. В. Бородычѳв – директор Волгоградского филиала Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации Россельхозакадемии, чл.-кор. РАН, д-р с.-х. наук, профессор.

П 901 Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Вып. 56. – Ч. 2. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – 128 с.

Сборник научных трудов подготовлен ФГБНУ «РосНИИПМ» по материалам Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Актуальные научные исследования в области мелиорации».

ISSN 2313-2248



9 772313 224008

УДК 631.587

ББК 41.9

© ФГБНУ «РосНИИПМ», 2014

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Васильев Ю. И., Турко С. Ю., Сарычев А. Н.</b> Моделирование агрономического влияния лесных полос в их системах с разными параметрами .....	5
<b>Кулик А. К., Власенко М. В.</b> Опреснение и водность р. Кумылги под влиянием песков.....	14
<b>Макарова Н. М., Литвиненко Е. В.</b> Состояние лесных мелиораций на землях сельскохозяйственного назначения в Ростовской области .....	18
<b>Ольгаренко В. Иг.</b> Продуктивность картофеля летнего срока посадки в условиях орошения поймы Нижнего Дона.....	22
<b>Ушкаренко В. А., Лавренко С. О., Лиховид П. В.</b> Особенности режима питания и орошения сахарной кукурузы на юге Украины.....	26
<b>Лавренко С. О., Гридякина А. Н.</b> Урожайность зерна и эффективность использования влаги растениями чечевицы в зависимости от сроков посева в условиях юга Украины.....	31
<b>Рудик А. Л.</b> Влияние влагообеспеченности на общую продуктивность сортов льна масличного в зоне сухой степи Украины...	36
<b>Лавренко С. О., Жушман К. В.</b> Суммарное водопотребление посевов нута в зависимости от нормы высева в условиях юга Украины.....	44
<b>Монастырский В. А., Бабичев А. Н.</b> Перспективы использования сидеральных культур на орошаемых черноземах .....	48
<b>Матус С. К., Рокочинский А. Н.</b> Влияние климатического, мелиоративного и рельефного факторов на формирование водного режима осушаемых земель.....	55
<b>Лавренко Н. Н., Лавренко С. О.</b> Окупаемость минеральных удобрений при выращивании нута в условиях южной степи Украины.....	62
<b>Балакай С. Г.</b> Анализ затрат на возделывание сорго зернового при орошении.....	69
<b>Коптюк Р. Н., Рокочинский А. Н.</b> Модель прогноза водного режима и технологий водорегулирования осушаемых земель с развитым рельефом местности .....	75

<b>Шалай С. В., Рокочинский А. Н.</b> Обоснование проектной урожайности на осушаемых землях в водохозяйственно-мелиоративных проектах.....	83
<b>Коваленко В. В., Доценко В. И., Рудаков Л. Н., Бугайова И. Ю.</b> Агрогидрометеорологический метод расчета влагозапасов как основа геоинформационной системы режима почвенной влаги.....	91
<b>Ким И. А., Ким И. И.</b> Система биоинтенсивного земледелия при дискретном поливе по бороздам в предгорной зоне.....	97
<b>Недорезов А. В.</b> Влияние почвенно-климатических условий и орошения на накопление солей в почвах Алейской оросительной системы.....	102
<b>Кузиев К. Ф.</b> Исследование эффективного использования земельно-водных ресурсов в регионах в условиях реализации программы политики ресурсосбережения.....	108
<b>Громаченко С. Ю., Рокочинский А. Н.</b> Теоретические подходы к защите от загрязнения почвогрунтов и водных объектов в зоне складирования отходов на основе техногенных барьеров.....	116
<b>Лавренко С. О., Иванец В. Н.</b> Влияние способов основной обработки почвы на водно-физические свойства почвы при выращивании нута в орошаемых условиях юга Украины.....	123

**Ю. И. Васильев, С. Ю. Турко, А. Н. Сарычев**

Всероссийский научно-исследовательский институт агролесомелиорации  
Россельхозакадемии, Волгоград, Российская Федерация

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ АГРОНОМИЧЕСКОГО ВЛИЯНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЛОС В ИХ СИСТЕМАХ С РАЗНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ**

В статье приведены принципы моделирования и прогноза прибавок урожайности зерновых сельскохозяйственных культур на лесомелиорированной пашне. Учитываются все главнейшие параметры систем лесных полос, влияющие на результирующий показатель, и приводятся конкретные результаты агрономического влияния лесополос с учетом возрастных особенностей древостоев и продукционной возможности территории. Исследование защитной и агрономической эффективности влияния лесных полос при сохранении их оптической плотности, но уменьшенной вдвое ширине показало следующее: ажурность лесных полос к пятилетнему возрасту составляла 62 %, к десятилетнему – 44 %, пятнадцатилетнему – 40 %, тридцатилетнему – 36 %, к сорокалетнему – 33 %; защищенная площадь здесь при размещении лесных полос через 300 м в первые 10 лет изменяется от 0 до 10 га, во вторые – от 10 до 30 га, в третьи – от 30 до 43 га, в четвертые – от 43 до 52 га. Коэффициент защищенности варьирует следующим образом: первые десять лет – 0–0,16, вторые – 0,20–0,50, третьи – 0,52–0,72, четвертые – 0,74–0,88. Среднеголетняя прибавка урожайности составила 1,42 ц/га при урожайности в открытом поле 15 ц/га, т. е. ее уровень был равным 9,5 %. Приводится теоретическая интерпретация динамики изменения средней за ротационный период прибавки урожайности с учетом характера розы ветров в вегетационный период.

Ключевые слова: лесные полосы, параметры лесонасаждений, межполосная клетка, защищенность пашни, бонитет почв, урожайность, неоднородность, повторяемость, модель, прогнозирование.

В данной статье на основе принципов моделирования рассматриваются некоторые вопросы функционирования лесных полос, показываются закономерности формирования мелиоративной и агрономической их функций.

Алгоритм использованной модели строился по принципу последовательной проводки [1–3] и был реализован на языке Delphi-7 [4] следующим образом. Вводилась необходимая информация; производилось через условный переход разделение дефляционной и мелиоративной ветвей; организовывались циклы по годам, румбам и разделителям процессов; производился расчет ажурности лесных полос при разных направлениях визирования, а также находилась высота последних; осуществлялась маркировка лесных полос для расчета показателей по зонам межполосного пространства; производился расчет

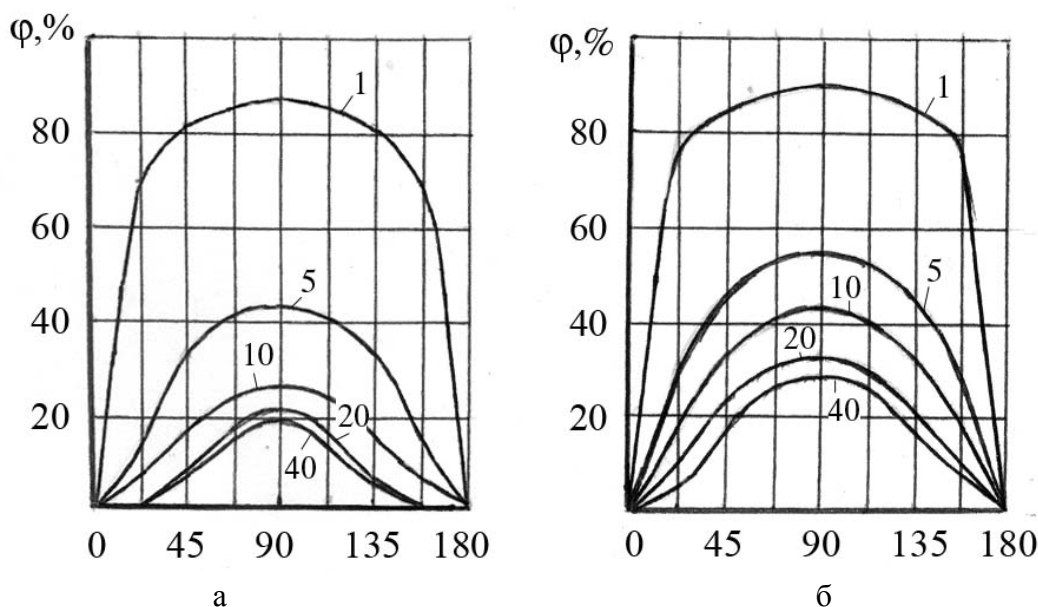
зон ветрозащитного влияния в межполосных клетках, и находились защищенные площади с учетом временного фактора ветра по румбам; находилась средняя защищенность площади межполосной клетки с учетом доли, вносимой каждой из окаймляющих ее лесных полос; производился расчет коэффициентов, корректирующих различие в бонитете почв, ажурности лесных полос; осуществлялся расчет прибавок и самой урожайности по годам за весь период ротации древо-стоя; выводилась информация на печать.

Расчеты проводились для трех вариантов повторяемости вредоносных ветров (таблица 1). Результаты этих расчетов приводятся на рисунке 1.

**Таблица 1 – Повторяемость вредоносных ветров по румбам**

В процентах

Номер варианта	Повторяемость ветров по румбам							
	С	ССВ	СВ	ВСВ	В	ВЮВ	ЮВ	ЮЮВ
I	30	7	2	4	6	3	3	3
II	6	5	8	6	7	6	7	6
III	6	3	3	3	15	3	2	3
Номер варианта	Повторяемость ветров по румбам							
	Ю	ЮЮЗ	ЮЗ	ЗЮЗ	З	ЗСЗ	СЗ	ССЗ
I	15	3	2	3	5	5	1	86
II	6	5	6	8	5	7	5	7
III	5	5	1	8	30	7	2	4



а – четырехрядная лесная полоса; б – двухрядная лесная полоса;  
1, 5, 10, 20, 40 – возраст лесной полосы, лет

**Рисунок 1 – Изменение ажурности (φ) в зависимости от возраста лесной полосы и направления визирования (α)**

Ход роста древостоев лесных полос, рассчитанный по методике Ю. И. Васильева, Л. И. Абакумовой, И. С. Гнидиной и др. [5] за период их ротации, показан в таблице 2. Из таблицы 2 видно, что защитная высота лесных полос в конце 40-летнего периода достигала на каштановых почвах примерно 10 м. При этом по пятилеткам расклад ее был следующим: 0,8; 2,6; 3,5; 6,1; 7,3; 8,4; 9,2 и 9,8 м.

**Таблица 2 – Изменение характеристик лесонасаждений и защищенности ими территории в функции их возраста**

Наименование характеристики	Вариант исследования	Возраст лесонасаждения, лет							
		5	10	15	20	25	30	35	40
Высота лесополос, м	Все варианты	0,8	2,6	3,5	6,1	7,3	8,4	9,2	9,8
Защищенность межполосного пространства, %	Строго выраженные ветры, $L_{мп} = 200$ м	10	20	42	68	90	100	100	100
	То же, $L_{мп} = 300$ м	6,0	19	33	48	64	73	82	88
	$L_{мп} = 500$ м	4,0	10	20	30	40	44	48	53
	Размытая роза ветров, $L_{мп} = 300$ м	4,0	12	26	41	52	62	70	72
	Параллельные ветры, $L_{мп} = 300$ м	4,0	10	20	29	39	44	47	49
Примечание – $L_{мп}$ – величина межполосного пространства.									

С учетом ширины и ажурности лесных полос, их высоты, а также величины межполосного пространства и сценария повторяемости ветров защищенность пашни изменялась следующим образом. При ширине межполосной клетки 500 м, поперечном размере лесополосы 12 м и варианте строго выраженной к основным лесополосам розы ветров защищенность с возрастом лесополос изменялась от 4–10 до 44–53 га (коэффициент защищенности прилегающего к лесополосам пространства изменялся соответственно от 0,04–0,10 до 0,44–0,53). В том же случае, когда лесополосы размещались через 300 м, эти показатели были соответственно 6–10 и 45–52 га, 0,06–0,19 и 0,73–0,86. Что же касается более близкого размещения лесополос в системе, то здесь при ширине межполосной клетки 200 м к 30 годам вся межполосная клетка оказалась защищенной от вредоносных ветров. Защищенная площадь в возрастном периоде от 30 до 40 лет составля-

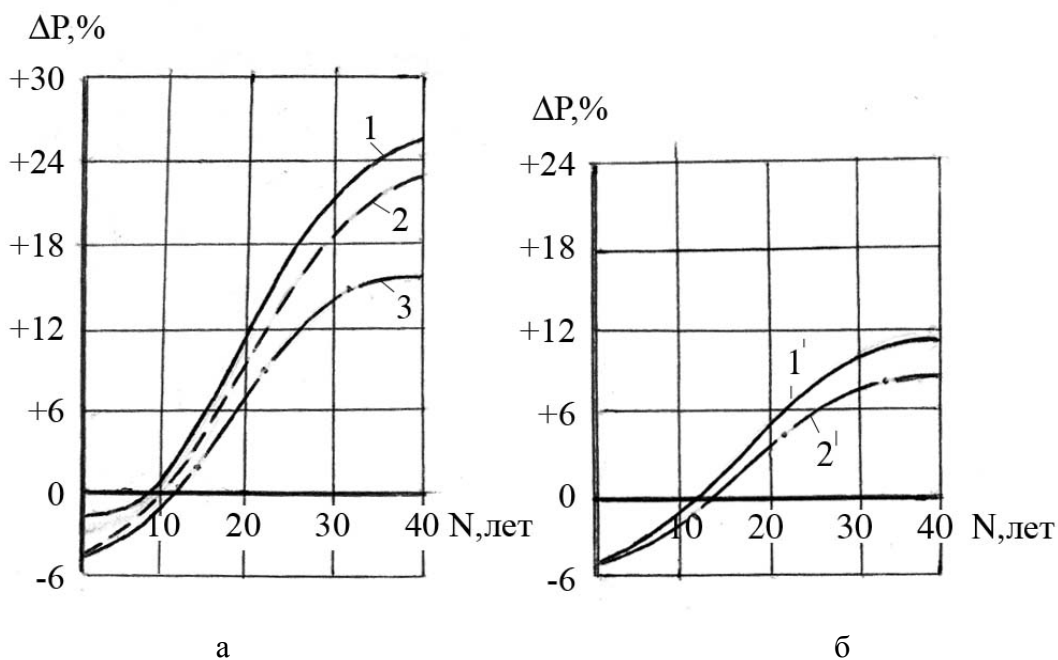
ла 40 га. В целом за ротационный период защищенная площадь пашни изменялась от 0–12 га в первые 10 лет до 31–40 га к 30 годам (коэффициент защищенности – соответственно от 0–0,20 до 0,68–1,00).

Если говорить о средней ажурности по профилю лесных полос при угле визирования  $90^\circ$ , то надо отметить, что в первые 10 лет жизни лесных полос она изменялась в сторону уменьшения очень сильно и к 10 годам становилась равной 30 %. За последние 30 лет она уменьшилась на 12 %. Характер изменения ее в функции возраста лесонасаждения гиперболический.

Касаясь изменения прибавок урожайности и самой урожайности за период жизни лесных полос, при размещении их в определенной системе можно отметить следующее. С возрастом лесополос прибавка урожайности сельхозкультур на защищаемой ими территории возрастала, причем градиент этого увеличения был достаточно стабильным с некоторым ростом по мере увеличения высоты лесных полос. За период ротации древостоя лесных полос эта характеристика в расчетах с учетом занимаемой лесными полосами площади в среднем составляла при господствующем направлении ветров 5–9 %, при размытой розе ветров – 3,5 %, при параллельных ветрах – 2,3 % (рисунок 2). При проектной же высоте лесополос эти показатели составляли соответственно 15–25, 12 и 9 %.

Исследование защитной и агрономической эффективности влияния лесных полос при сохранении их оптической плотности, но уменьшенной вдвое ширине показало следующее. Ажурность лесных полос в этом случае к пятилетнему возрасту составляла 62 %, к десятилетнему – 44 %, пятнадцатилетнему – 40 %, тридцатилетнему – 36 %, сорокалетнему – 33 %. Защищенная площадь здесь при размещении лесных полос через 300 м в первые 10 лет изменялась от 0 до 10 га, во вторые – от 10 до 30 га, в третьи – от 30 до 43 га, в четвертые – от 43 до 52 га. Таким образом, к концу эксплуатационного периода межполосная клетка в этом случае при ее ширине 300 м защищалась на 88 % площади. Коэффициент защищенности в данном варианте варьировал следующим образом: первые десять лет – 0–0,16, вторые – 0,20–0,50, третьи – 0,52–0,72, четвертые – 0,74–0,88. Что касается среднегодовой прибавки урожайности, то она в этом случае составила 1,42 ц/га при урожайности в открытом поле 15 ц/га, т. е. ее уровень был равным 9,5 %.

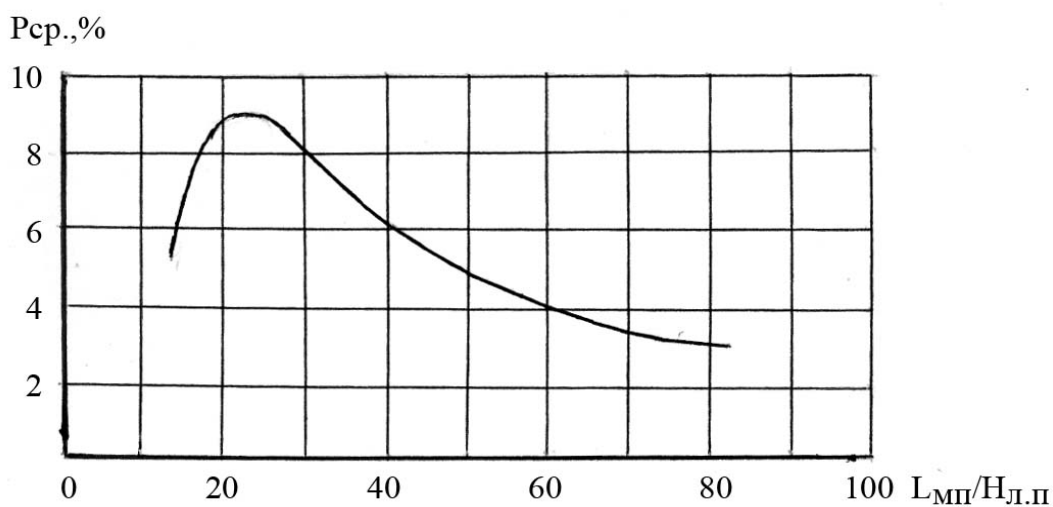




а – строго выраженная роза ветров по отношению к основным лесным полосам;  
 б – размытая роза ветров и преимущество параллельных ветров к основным лесным  
 полосам; 1–3 – межполосные расстояния, соответственно равные 200, 300 и 500 м  
 (при высоте лесополос 10 м); 1', 2' – межполосные расстояния 300 м (соответственно  
 размытая роза ветров и параллельные к основным лесным полосам ветры)

**Рисунок 2 – Изменение прибавки урожайности  $\Delta P$  (%) озимой пшеницы в динамике за ротационный период древостоя лесных полос**

Была изучена также динамика изменения среднемноголетней прибавки урожайности в функции величины межполосной клетки (рисунок 3).



**Рисунок 3 – Зависимость прибавки урожайности озимой зерновой культуры на лесомелиорированной пашне ( $P_{cp}$ ) от размера межполосного пространства лесных полос ( $L_{мп}/H_{лп}$ )**

Как видно из рисунка 3, кривая среднемноголетней прибавки урожайности озимой зерновой культуры с учетом возрастного влияния лесонасаждений имеет перегиб примерно при  $L_{мп}/H_{лп} = 20$ , где первая производная функции  $P_{cp.}(\%) = f(L_{мп}/H_{лп})$  равна нулю. Это связано, с одной стороны, с влиянием факта изъятия части пахотной площади для создания лесных полос, а с другой – со снижением защищенности прилегающего к лесополосам пространства из-за увеличения межполосных расстояний.

Проработка вопроса по прибавкам урожайности ( $P_{cp.}$ ) на лесомелиорированной территории показала также, что характер зависимости  $P_{cp.}$  от  $L_{мп}$  при ширине лесных полос 12 и 6 м однотипный, а абсолютные величины прибавок урожайности больше при ширине лесных полос, равной 6 м.

Касаясь роли неоднородности розы ветров в продукционной составляющей на лесомелиорированной территории с системой лесных полос, размещенных через 300 м, можем отметить следующее. Коэффициент неоднородности розы ветров ( $K_H$ ) рассчитывается по формуле:

$$K_H = [(\sum_1^n P_1 + \sum_1^n P_2) - (\sum_1^n P_3 + \sum_1^n P_4)]/100,$$

где  $\sum_1^n P_1, \sum_1^n P_2$  – сумма повторяемостей ветров по румбам от северо-запада до северо-востока и от юго-запада до юго-востока;

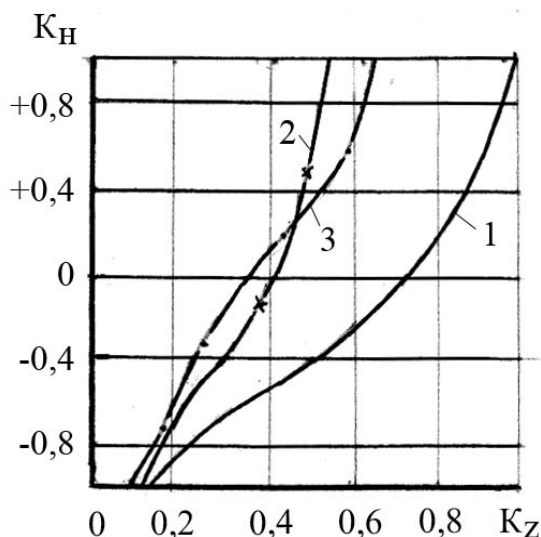
$\sum_1^n P_3, \sum_1^n P_4$  – сумма повторяемостей ветров по румбам от северо-запада до юго-запада и от северо-востока до юго-востока.

По румбам СЗ, СВ, ЮЗ и ЮВ повторяемости делятся пополам для  $\sum_1^n P_1, \sum_1^n P_2, \sum_1^n P_3, \sum_1^n P_4$ .

С увеличением коэффициента неоднородности розы ветров  $K_H$  от минус 1 (случай, когда все ветры направлены поперек большой стороны межполосной клетки) до плюс 1 (случай, когда все ветры направлены вдоль межполосной клетки) коэффициент защищенности ( $K_Z$ ) для прилегающего к лесным полосам пространства увеличивается.

Если говорить о количественной стороне явления, то нужно отметить следующее. Величина  $K_{Z0cp.}$  при коэффициенте неоднородно-

сти розы ветров, равном минус 1, и размещении лесных полос через 300 м составляла 0,13. При  $K_H = +1$  величина его достигала 0,54. Аналогично величина  $K_{Z_{max}}$  была равна соответственно 0,15 и 1,00 (рисунок 4).



1 – максимум коэффициента защищенности ( $K_{Z_{max}}$ ); 2 – средняя величина коэффициента защищенности ( $K_{Z_{cp.}}$ ); 3 – коэффициент снижения дефляции ( $K_{с.д}$ )

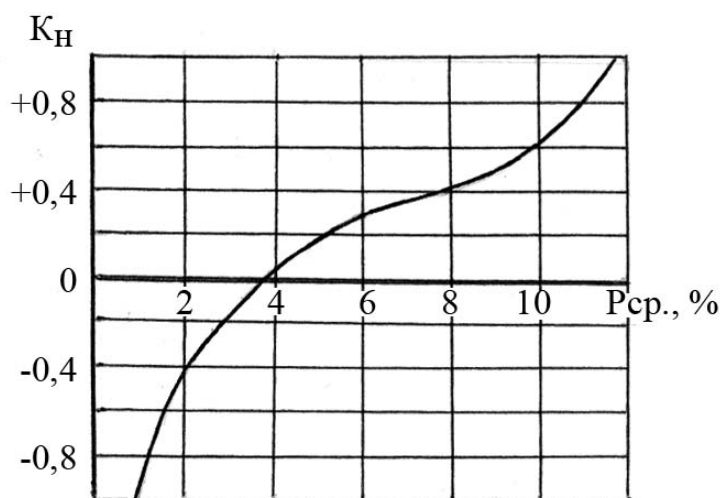
#### **Рисунок 4 – Зависимость коэффициента защищенности облесенной пашни ( $K_Z$ ) от коэффициента неоднородности розы ветров ( $K_H$ )**

Что касается коэффициента снижения дефляции, то он изменялся от 0,09 до 0,62. При других значениях  $K_H$  величины  $K_{Z_{cp.}}$ ,  $K_{Z_{max}}$  и  $K_{с.д}$  занимали промежуточное положение.

Аналитически связь между средней величиной коэффициентов защищенности пашни и неоднородности розы ветров выражается уравнением вида  $K_Z = A_1 - B_1(1 - K_H)^2$ . Для рассматриваемого варианта и среднего значения коэффициента защищенности  $A_1 = 0,54$ ,  $B_1 = 0,11$ . Для  $K_{Z_{max}}$  имеем  $A_1 = 1,00$ ,  $B_1 = 0,21$ .

Анализ связи между  $K_H$  и среднегодовой прибавкой урожайности ( $P_{cp.}$ ) с учетом занятой лесными полосами площади показывает, что с увеличением  $K_H$  от минус 1 до плюс 1 величины  $P_{cp.}$  возрастают. Связь нелинейная. Градиент изменения  $P_{cp.}$  по  $K_H$  сначала увеличивается близко к линейному закону, затем нарастание увеличивается, а в конце несколько снижается (рисунок 5). Абсолютная ве-

личина  $P_{\text{ср.}}$ , выраженная в процентах, при  $K_{\text{н}} = -1$  равна 0,6 %, а при  $K_{\text{н}} = +1$  достигает 11,8–12,0 %. По другим величинам  $K_{\text{н}}$  значения  $P_{\text{ср.}}$  занимают промежуточные положения.



**Рисунок 5 – Зависимость величины средней многолетней прибавки урожайности ( $P_{\text{ср.}}$ , %) от величины коэффициента неоднородности розы ветров  $K_{\text{н}}$**

Аналитически зависимость  $P_{\text{ср.}}$  от  $K_{\text{н}}$  можно выразить следующим образом:

$$P_{\text{ср.}j} = A + (P_{\text{ср.}m} - A) \exp[-B(1 - K_{\text{н}})^2],$$

где  $A$  – показатель, зависящий от прибавки  $P_{\text{ср.}min}$ , которая имеет место при  $K_{\text{н}} = -1$  (в наших расчетах равен 0,60);

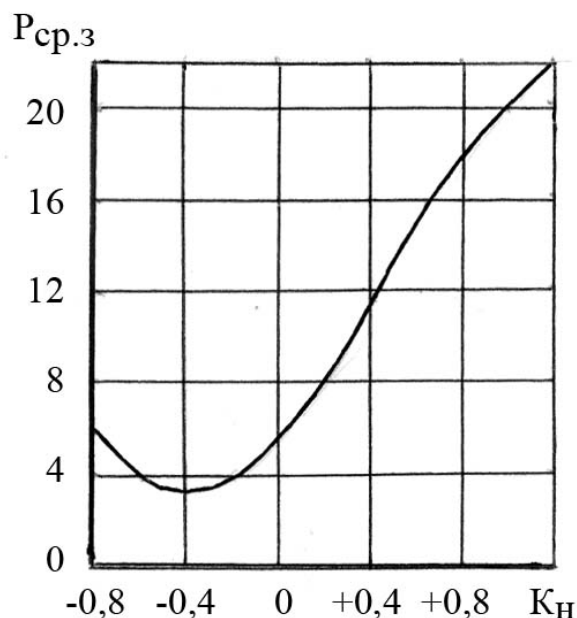
$B$  – показатель, зависящий от  $P_{\text{ср.}max}$  и  $P_{\text{ср.}min}$ , которые имеют место при  $K_{\text{н}} = 1$  и  $K_{\text{н}} = -1$  (в наших расчетах равен 1,36).

Величина  $P_{\text{ср.}j}$  касается всей межполосной клетки и площади, занимаемой самими лесными полосами. Конкретно же для защищаемой площади средняя прибавка урожайности может быть рассчитана по формуле вида:

$$P_{\text{ср.}з} = \frac{A + (P_{\text{ср.}m} - A) \exp[-B \cdot (1 - K_{\text{н}})^2]}{A_1 - B_1(1 - K_{\text{н}})^2}, \quad (1)$$

где  $A_1 = 0,54$ ,  $B_1 = 0,11$  (эти показатели были получены в наших опытах и требуют дальнейшей проработки).

С использованием зависимости (1) был построен график, который свидетельствует о том, что в функции  $P_{\text{ср.з}} = f(K_H)$  имеется минимум примерно при  $K_H = 0,60$ , и о том, какое важное значение имеет правильное соотношение розы ветров и ориентации лесных полос по отношению к ней (рисунок 6).



**Рисунок 6 – Зависимость средней многолетней прибавки урожайности озимой пшеницы в зоне защиты лесных полос ( $P_{\text{ср.з}}$ ) от коэффициента неоднородности розы ветров  $K_H$**

Полученные материалы показали, что разработанная математическая модель и ее компьютерная реализация достаточно адекватно отражают реальность и приемлемы при прогнозировании явлений, а также при оптимизации параметров лесомелиоративных структур на пашне. Ошибки и точность расчетов не выходят за пределы, обозначенные условиями задачи. Вместе с тем ряд позиций модели требует дальнейшей проработки. Одна из таких позиций, например, – прогноз и расчет текущего урожая на открытой и защищенной лесными полосами территориях по агроклиматическим ресурсам года.

#### **Список использованных источников**

- 1 Борисов, Ю. П. Математическое моделирование радиосистем / Ю. П. Борисов. – М.: Советское радио, 1976. – 295 с.
- 2 Франс, Дж. Математические модели в сельском хозяйстве / Дж. Франс, Дж. Х. М. Торнли. – М.: Агропромиздат, 1987. – 399 с.
- 3 Музыкин, С. Н. Моделирование динамических систем / С. Н. Музыкин, Ю. М. Родионова. – Ярославль, 1984. – 301 с.

4 Delphi-7 / А. Д. Хомоненко, В. Гофман, Е. Мещеряков, В. Никифоров. – СПб.: БХВ, 2008. – 1198 с.

5 Методика прогноза морфометрических характеристик и долговечности полезащитных лесных полос / Ю. И. Васильев, Л. И. Абакумова, И. С. Гнидина, С. Ю. Турко, О. С. Варич, В. М. Кретинин. – М.: РАСХН, 2005. – 44 с.

УДК 633.4:634.93

**А. К. Кулик, М. В. Власенко**

Всероссийский научно-исследовательский институт агролесомелиорации  
Россельхозакадемии, Волгоград, Российская Федерация

## **ОПРЕСНЕНИЕ И ВОДНОСТЬ Р. КУМЫЛГИ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПЕСКОВ**

Изложены результаты исследований, целью которых являлась оценка влияния песков на опреснение и повышение водности р. Кумылги. Было определено влияние влажности песков на формирование и динамику внутрипочвенного гравитационного стока Кумылженского песчаного массива, где выделено три основных типа песков: бугристо-котловинные пески с примитивными и маломощными дерново-степными почвами; полого-бугристо-холмистые заросшие пески со среднемощными дерново-степными почвами, имеющие гумусный горизонт толщиной до 20 см; полого-холмистые, увалистые с мощными дерново-степными и черноземовидными песчаными почвами. Определены годовой водный баланс и величина поступления атмосферных осадков в грунтовые воды на песках. Рекомендовано часть пойменных земель, прилегающих к Кумылженскому массиву, заменить садами, виноградниками и интенсивными сельскохозяйственными культурами.

Ключевые слова: песчаный массив, типы песков, пресные грунтовые воды, водный баланс, сток.

На левом берегу р. Кумылги севернее ст. Кумылженской лежит песчаный массив площадью 4,2 тыс. га. Пески неогеновые, мелкозернисто-пылеватые, неоднократно подвергавшиеся раздуванию, о чем свидетельствуют часто встречающиеся погребенные почвы. Песчаный массив расположен на трех надпойменных террасах. Первая тянется узкой полосой вдоль поймы, занимая высотные отметки 60–80 м. Основной песчаный массив расположен на второй террасе с отметки 80–100 м. Третья терраса представлена супесями, покрытыми песчаными наносами толщиной 0,5–1,5 м, с отметки 100–120 м.

Цель работы – оценить влияние песков на опреснение и повышение водности р. Кумылги.

**Материалы и методы.** Применяли общепринятые почвенно-гидрологические и агролесомелиоративные методики (А. А. Роде, 1952; С. В. Астахов, 1959; В. К. Захаров, 1961; Н. Ф. Кулик, 1979; Б. В. Вино-

градов, 1984; Н. А. Воронков, 1984; К. Н. Кулик, 2004). Методика проведения исследований предусматривала отбор оценочных критериев гидрологического режима песчаных массивов р. Дон и его притоков; определение доли участия каждого типа песчаных земель в этом процессе; получение синхронных показателей потребления воды лесными насаждениями и сельскохозяйственными угодьями. Используются многолетние комплексные (лизиметрические, лабораторные) водно-режимные и водобалансовые показатели основных типов песков.

**Результаты исследований.** На песчаном массиве выделено три типа песков:

- бугристо-котловинные пески с примитивными и маломощными дерново-степными почвами. Местами пески оголены. Травостой представлен типчаком, песчаным овсом. Масса травостоя 0,2 т/га;

- полого-бугристо-холмистые заросшие пески со среднemosными дерново-степными почвами, имеющие гумусный горизонт толщиной до 20 см. В травостое преобладают типчак, полынь, сушеница, вейник. Масса травостоя 0,6 т/га;

- полого-холмистые, увалистые с мощными дерново-степными и черноземовидными песчаными почвами. Травостой злаково-разнотравный. Масса травостоя 1,5 т/га.

На всех типах песков встречаются погребенные почвы, что свидетельствует о неоднократном раздувании песчаных почв. Последний антропогенный пресс на песчаный массив приходится на конец XIX – начало XX в. В настоящее время пески находятся в стадии зарастания, хотя резкие сильные ветры разрушают слабую дернину, образуя очаги подвижных песков и новые котловины выдувания. На песках в северной части имеются посадки сосны в возрасте 20–25 лет, третьего бонитета, высотой 4–6 м. Редко в понижениях встречаются березовые колки с примесью осины высотой 6–8 м.

Пески маловлагоемки. Полевая влагоемкость не превышает 5 %. Незаросшие пески в летний период имеют среднюю влажность 2,86 %, занятые редкими кустами типчака – 2,68 % при максимальной гигроскопичности 0,7 %. Относительно высокая влажность песков способствует формированию гравитационного стока, который происходит на протяжении всего года. Это подтверждается наблюдениями, проведенными в июле 2013 г.

Водный режим песков формируется по промывному типу. Основная масса воды проходит через зону аэрации весной после снеготаяния. На черноземовидных почвах под массивными насаждениями в отдельные годы сквозное промачивание отсутствует и формируется неустойчивый импермацидный горизонт.

Основу водного баланса составляют атмосферные осадки, равные по среднегодовым показателям 420 мм. Физическое испарение, включая зимний период, колеблется по типам песков в пределах 170–210 мм (таблица 1).

**Таблица 1 – Годовой водный баланс Кумылженских песков**

В мм

Статья водного баланса	Бугристо-барханные пески, I тип	Полого-бугристые пески, II тип	Полого-увалистые пески, III тип
Осадки	420	420	420
Физическое испарение	170	170	210
Транспирация	12	36	90
Суммарное испарение	182	206	300
Гравитационный сток в грунтовые воды	238	214	120

На транспирацию, исходя из объема воздушно-сухой фитомассы и транспирационного коэффициента 600 единиц [1, 2], расходуется 12–90 мм. Суммарное испарение составляет 182–300 мм. По балансу разница между величиной осадков и суммарным испарением формирует гравитационный сток. Он равен 238 мм на бугристых слабозаросших песках, 214 мм – на среднезаросших и 120 мм – на заросших песках с черноземовидными почвами.

На основании показателей водного баланса и величин площадей по отдельным типам песков, которые были установлены по КФС SASPlanet, определены сток по отдельным типам песков и суммарный сток со всего массива. Последний составил 5,75 млн м<sup>3</sup> (таблица 2).

**Таблица 2 – Суммарная величина поступления атмосферных осадков в грунтовые воды на Кумылженских песках**

Площадь песков	Бугристо-барханные пески, I тип	Полого-бугристые пески, II тип	Полого-увалистые пески, III тип	Итого
Площадь, га	1156	714	2376	4246
Поступление воды, млн м <sup>3</sup>	2,75	0,15	2,85	5,75



Орография песчаного массива позволяет сделать вывод, что грунтовые воды дренируют в р. Кумылгу. Однако из поступающих в грунтовые воды 5,75 млн м<sup>3</sup> атмосферных осадков некоторая часть используется на месте березовыми колками и прилегающим пойменным лесом, общая площадь которых составляет 300 га. При транспирационном расходе 400 мм указанные насаждения забирают из приточных грунтовых вод 190 мм, или 1900 м<sup>3</sup>/га. Суммарно эти насаждения используют 0,57 млн м<sup>3</sup> приточных вод. Вследствие этого итоговое поступление воды в р. Кумылгу со стороны песчаного массива оценивается в 5,16 млн м<sup>3</sup>.

Грунтовые воды, формирующиеся на песчаном массиве, пресные и ультрапресные. Повсеместно их минерализация находится в пределах 0,20–0,02 г/л. В частности, в котловине выдувания в районе 241-го км окружной дороги грунтовые воды, залегающие на глубине 340 см, имели минерализацию 0,02 г/л; на участке поймы, прилегающем к пескам, – минерализацию не более 0,04 г/л. На мостовом переходе через р. Кумылгу близ хутора Кравцовского пробы воды показали следующее: в искусственно прокопанном водотоке в воде со стороны правобережной поймы минерализация составила 1,10 г/л, а на левобережной стороне, где расположены пески, – 0,18 г/л. В центральной части водотока минерализация составила 0,60 г/л. Протекая вдоль песчаного массива на протяжении 8 км, р. Кумылга увеличивает дебит от 0,5 до 0,6 м<sup>3</sup>/с, одновременно снижается минерализация от 0,6 до 0,5 г/л в ст. Кумылженской.

Ранее авторами зафиксирован выход ультрапресных грунтовых вод со стороны Прихоперского массива, с Арчедино-Донских песков и Усть-Кундрюченского песчаного массива [3].

Опреснение речных вод песчаными массивами является очень важной природоохранной функцией. Идею использования приаренных супесей для выращивания ценных лесных насаждений, садов и виноградников выдвинул еще в начале XX века выдающийся ученый Г. Н. Высоцкий [4].

Местное население издавна заметило опреснительную роль песков и возможность использования грунтового потока как элемента субиригации. На пойменных участках, прилегающих к пескам, высаживались сады, выращивались влаголюбивые овощи. Сады на проточной пресной воде прекрасно росли и давали высокие урожаи.

В покинутых хуторах еще зеленеют и плодоносят заброшенные сады, которым более 70 лет. Целесообразно часть пойменных земель, прилегающих к Кумылженскому массиву, заменить садами, виноградниками и интенсивными сельскохозяйственными культурами.

### **Список использованных источников**

1 Кулик, Н. Ф. Водный режим песков аридной зоны / Н. Ф. Кулик. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 280 с.

2 Воронков, Н. А. Влагооборот и влагообеспеченность сосновых насаждений / Н. А. Воронков. – М.: Лесная промышленность, 1973. – 184 с.

3 Кулик, К. Н. Водный баланс почв песчаных массивов (на примере Усть-Кундрюченского массива, Ростовская область) / К. Н. Кулик, Н. Ф. Кулик, А. К. Кулик // Почвоведение. – 2012. – № 8. – С. 846–854.

4 Высоцкий, Г. Н. О гидрологическом и метеорологическом влиянии лесов / Г. Н. Высоцкий. – М. – Л.: Гослесбумиздат, 1952. – 112 с.

УДК 630.915

**Н. М. Макарова, Е. В. Литвиненко**

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А. К. Кортунова Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск, Российская Федерация

## **СОСТОЯНИЕ ЛЕСНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ НА ЗЕМЛЯХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ В РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Целью исследования являлось изучение состояния мелиоративных насаждений на землях сельскохозяйственного назначения в Ростовской области. Исследования проводились в 2013–2014 гг. на водосборе реки Ольховой на территории балки Водяной Кашарского района Ростовской области. Обследование проводилось в полезащитных основной и вспомогательной, а также прибалочной лесных полосах в районе балки Водяной и в насаждениях на террасах. Для уточнения роста и состояния были определены таксационные характеристики насаждений, биологическое разнообразие живого напочвенного покрова в лесных полосах и его видовой состав.

Ключевые слова: лесные мелиорации, полезащитные, стокорегулирующие, прибалочные лесные полосы, насаждения на террасах, таксационные характеристики, биологическое разнообразие.

В соответствии с Лесным кодексом 2006 года мелиоративные насаждения на территории сельскохозяйственных формирований включены в лесной фонд России. Охрана таких насаждений входит в задачу государственной службы территориально расположенных участковых лесничеств. Однако разночтения в Лесном кодексе и Зе-

мельном праве, а также разногласия в собственности на земельные участки усложняют охрану защитных насаждений на сельскохозяйственных землях и надлежащие уходы за ними. Как следствие на территории Ростовской области все это вылилось в незаконные рубки, поджоги и массовую гибель мелиоративных насаждений в результате повреждения вредными организмами. Все вышеперечисленные факторы снижают эффективность лесных мелиораций на сельскохозяйственных землях.

Исследования проводились в 2014 году на водосборе реки Ольховой на территории ТОО имени Ленина Кашарского района Ростовской области. По лесорастительному районированию эта площадь относится к северо-западному (1а) лесомелиоративному району сухой разнотравно-ковыльной степи.

Обследование проводилось в полезащитных основной и вспомогательной, а также прибалочной лесных полосах в районе балки Водяной и в насаждениях на террасах. Для уточнения роста и состояния были определены таксационные характеристики насаждений в соответствии с методиками Н. П. Анучина [1] и Т. П. Изюмского [2]. Состояние насаждений устанавливалось в соответствии с Лесоустроительной инструкцией [3], биологическое разнообразие живого напочвенного покрова и его видовой состав – по определителям [4, 5].

Пробы травянистой растительности отбирались в 6-кратной повторности метрочками из каждого вида лесных полос. Здесь же определялись видовой состав растений и их жизненная форма.

Таксация лесных полос показала следующее. Полезащитная основная лесная полоса из ясеня ланцетного, или зеленого, протяженностью 750 м направлена с севера на юг. Конструкция плотная, ширина 18 м, высота 19,5 м, размещение 3×1, схема смешения Крд-Яс(л)-Яс(л)-Яс(л)-Яс(л)-Крд. В подлеске карагана древовидная и груша лесная, подрост – ясень ланцетный. Запас 139,5 м<sup>3</sup>/га. Площадь насаждения – 1,35 га. Возраст – 44 года.

Полезащитная вспомогательная лесная полоса из робинии лжеакакации протяженностью 1375 м направлена с запада на восток. Конструкция ажурная, ширина 6 м, высота 6 м, размещение 3×1, схема смешения Рб-Рб. Подрост отсутствует, в подлеске шиповник обыкновенный.

венный. Запас на 1 га – 46,5 м<sup>3</sup>. Площадь лесной полосы – 0,82 га. Возраст – 28 лет.

Прибалочная лесная полоса – плотной конструкции из ясеня ланцетного, робинии, дуба черешчатого, вишни лесной протяженностью 1125 м с запада на восток вдоль балки Водяной. Ширина 27 м, высота 12,5 м, размещение 3×1, схема смешения В(л)-Рб-Рб-Яс(л)-Яс(л)-Яб(л)-Д(ч)-Д(ч)-Кл(т). Подрост высотой 0,5 м состоит из ясеня ланцетного и дуба черешчатого. В подлеске – клен татарский, вишня лесная, свидина белая, редко – груша лесная. Запас – 42,5 м<sup>3</sup>/га. Площадь лесной полосы – 3,03 га. Возраст – 32 года.

Насаждения из клена ясенелистного, клена татарского, ясеня ланцетного, яблони лесной, скумпии кожевенной и свидины на напашных террасах протяженностью 200 м направлены с запада на восток поперек склона. Конструкция плотная, высота 13,5 м, ширина 54 м, размещение 2,5×1. Схема смешения Скуп-Скуп-Скуп-Скуп-Скуп-Скуп-Скуп-Я(л)-Кл(я)-Я(л)-Кл(я)-Скуп-Скуп-Скуп-Скуп-Скуп-Скуп-Яс(л)-Кл(т)-Ск. Подлесок и подрост отсутствуют. Запас – 206,4 м<sup>3</sup>/га. Площадь насаждения – 1,08 га. Возраст – 34 года.

По результатам исследований установлено, что наибольшее число видов произрастает в насаждениях на террасах: 26 видов – представители 16 семейств. В напочвенном покрове преобладают следующие растения: сем. Злаковые: ковыль волосатик (*Stipa capillata*), типчак (*Festuca sulcata*), пырей ползучий (*Elytrigia repens*), житняк гребенчатый (*Agropyron pectiniforme*); сем. Сложноцветные: полынь австрийская (*Artemisia austriaca*); сем. Сельдерейные: скандикс гребенчатый (*Scandix pecten-veneris*).

В прибалочной полосе произрастают 24 вида – представители 15 семейств. Преобладают в напочвенном покрове следующие виды: сем. Злаковые: типчак (*Festuca sulcata*), пырей ползучий (*Elytrigia repens*); сем. Розовые: репейничек аптечный (*Agrimonia eupatoria*), лапчатка прямостоячая (*Potentilla recta*); сем. Маревые: кохия веничная (*Kochia scoparia*); сем. Бобовые: клевер пашенный (*Trifolium arvense*). Таким образом, в прибалочной полосе преобладают представители семейств Злаковые и Розовые.

На долю полезащитной вспомогательной полосы приходится 22 вида из 9 семейств. Преобладают следующие виды: сем. Злаковые:

типчак (*Festuca sulcata*), костер полевой (*Bromus Arvensis*), пырей ползучий (*Elytrigia repens*); сем. Сложноцветные: полынь австрийская (*Artemisia austriaca*), полынь горькая (*Artemisia absinthium*); сем. Розовые: репейничек аптечный (*Agrimonia eupatoria*); сем. Лютиковые: живокость полевая (*Consolida regalis*); сем. Молочайные: молочай лозовидный (*Euphorbia virgultosa*). В полезационной вспомогательной полосе преобладают представители семейств Злаковые и Сложноцветные.

Наименьшее видовое разнообразие выявлено в полезационной основной полосе – 20 видов из 12 семейств. Преобладают следующие виды: сем. Розовые: гравилат городской (*Cum urbanum*), репейничек аптечный (*Agrimonia eupatoria*); сем. Злаковые: пырей ползучий (*Elytrigia repens*), типчак (*Festuca sulcata*); сем. Сельдерейные: резак обыкновенный (*Falcaria vulgaris*), скандикс гребенчатый (*Scandix pecten-veneris*); сем. Сложноцветные: полынь австрийская (*Artemisia austriaca*). В этой полосе произрастают преимущественно представители семейств Злаковые, Сельдерейные и Розовые.

Таким образом, жизненные формы высших растений в лесных полосах в районе балки Водяной распределились следующим образом: деревьев – 5 видов из 4 семейств, кустарников – 5 видов из 4 семейств, травянистых многолетников – 24 вида из 11 семейств, двулетников – 4 вида из 2 семейств и однолетников – 9 видов из 7 семейств. Больше всего многолетников произрастает в насаждениях на террасах (15 видов), а однолетников (6 видов) и двулетников (2 вида) – в полезационной вспомогательной лесной полосе.

### **Список использованных источников**

1 Анучин, Н. П. Лесная таксация / Н. П. Анучин. – М.: Лесная промышленность, 1882. – 552 с.

2 Изюмский, Т. П. Таксация тонкомерного леса / Т. П. Изюмский. – М.: Лесная промышленность, 1970. – 88 с.

3 Об утверждении Лесоустроительной инструкции [Электронный ресурс]: Приказ Рослесхоза от 12 декабря 2011 г. № 516: по состоянию на 17 сентября 2013 г. – Режим доступа: <http://vishagi23.ru/news/prikaz-rosleshoza-ot-12122011-n>, 2014.

4 Травянистые растения СССР: в 2 т. / Ю. Е. Алексеев, В. Н. Вехов [и др.]. – М.: Мысль, 1971. – (Серия «Справочники-определители географа и путешественника»).

5 Флора Нижнего Дона (определитель): в 2 ч. / под ред. Г. М. Зозулина, В. В. Федяевой. – Ростов н/Д.: Изд-во Рост. ун-та, 1984–1985.

**В. Иг. Ольгаренко**

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,  
Российская Федерация

## **ПРОДУКТИВНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ ЛЕТНЕГО СРОКА ПОСАДКИ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ ПОЙМЫ НИЖНЕГО ДОНА**

Для разработки режимов орошения и ресурсосберегающей экологически безопасной технологии возделывания картофеля летней посадки на пойменных землях Нижнего Дона были проведены исследования на полях ООО «Агропредприятие «Бессергеновское» Октябрьского района Ростовской области в 2012 и 2013 годах. Анализ опытных данных показал, что наибольшая урожайность картофеля была получена при сроке посадки до 20 июня, при котором средняя урожайность составила 41,2 и 43,0 т/га в 2012 и 2013 годах соответственно, а увеличение оросительной нормы практически не влияло на урожайность картофеля, тогда как ее снижение уменьшало урожайность на 6,0–48,9 и 5,2–41,2 % в 2012 и 2013 годах соответственно. Все это позволяет сделать вывод о том, что режим орошения со сниженными на 20 % оросительными нормами можно рекомендовать как рациональный, обеспечивающий экономию водных ресурсов.

Ключевые слова: мелиорация, орошение картофеля, летние сроки посадки картофеля, природно-климатическая зона Нижнего Дона, экологическая безопасность орошения, водосбережение.

Мелиоративная деятельность основывается на законах природы, обеспечивая возрождение и поддержание необходимых природно-мелиоративных процессов, позволяющих интенсифицировать биологический круговорот воды и минеральных веществ с целью увеличения урожайности сельскохозяйственных культур. При этом интенсивность процессов должна соотноситься с возможностями природного объекта и опираться на принципы обеспечения экологической устойчивости объекта.

Картофель – очень пластичная культура, способная давать урожай почти во всех почвенно-климатических зонах России. Урожайность картофеля летнего срока посадки в производственных условиях может достигать 20–25 т/га, а в некоторых случаях и 30–35 т/га и более. В настоящее время учеными не предложены рациональные режимы орошения и оптимальные летние сроки посадки картофеля для условий пойменных черноземных почв орошаемой зоны Нижнего Дона, а средняя урожайность остается на очень низком уровне (15–20 т/га). По данным сортоиспытательных станций, это значитель-

но ниже потенциала культуры, что свидетельствует о недостаточной постановке производства картофеля на научную основу [1–5].

Новая концепция экологических мелиораций уделяет особенное внимание тому, чтобы антропогенное вмешательство не выходило за рамки экологически допустимых отклонений от природных ритмов развития. В свою очередь, рациональное водопользование также требует обоснования режимов орошения для конкретных почвенно-климатических условий.

Одним из путей эффективного решения данной проблемы является разработка режимов орошения и ресурсосберегающей экологически безопасной технологии возделывания картофеля летней посадки на пойменных землях Нижнего Дона. Вместе с тем наибольшую урожайность в производственных условиях можно получить при использовании сортов, соответствующих конкретным почвенно-климатическим условиям произрастания, а также при посадке культуры в обоснованные сроки [2].

Для решения поставленных задач были проведены исследования на полях ООО «Агропредприятие «Бессергеновское» Октябрьского района Ростовской области в 2012 и 2013 годах. Почвенный покров района представлен лугово-черноземными почвами, среднемощными по мощности гумусового слоя и слабогумусированными по содержанию общего гумуса. Слой почв 0–60 см не засолен, не осолонцован и не подвержен процессам ощелачивания.

В среднем по участку наименьшая (полевая) влагоемкость для слоя 0–60 см составляет 27,7 %, а для слоя 0–100 см – 26,3 %, то есть по всему метровому профилю почв влага свободно проникает вглубь. Плотность твердой фазы почвы в слое 0–60 см в среднем составляет 1,31 г/см<sup>3</sup>. Скважность вышеупомянутого грунта – 49,7 %.

Вегетационный период в 2012 году характеризовался как засушливый, ГТК = 0,81, в период вегетации выпало 162,8 мм осадков. Влажность воздуха – 51,0 %.

Вегетационный период в 2013 году характеризовался как засушливый, ГТК = 0,63, в период вегетации выпало 122,1 мм осадков. Влажность воздуха – 53,3 %.

Грунтовые воды на участке орошения залегают на глубине более 3,0 м. Обеспеченность азотом средняя. Обеспеченность подвиж-

ным фосфором средняя. Обеспеченность обменным калием в слое 0–30 см высокая.

В опытах изучалась эффективность возделывания высокопродуктивного районированного сорта Беллароза в зависимости от срока посадки картофеля: первый – до 20 июня; второй – до 1 июля; третий – до 20 июля. Результаты исследований приведены в таблицах 1 и 2.

**Таблица 1 – Урожайность картофеля при различных летних сроках посадки, сорт Беллароза, 2012 г.**

Вариант опыта	Повторность			Средняя урожайность, т/га	Отклонение от контроля	
	первая	вторая	третья		т/га	%
Вариант № 1. Посадка до 20.06	41,1	40,5	42,0	41,2	0	0
Вариант № 2. Посадка до 01.07	39,1	38,0	37,2	38,1	-3,1	-7,5
Вариант № 3. Посадка до 10.07	36,2	37,1	36,8	36,7	-4,5	-10,9
НСР <sub>0,05</sub>	-	-	-	1,9	-	-

**Таблица 2 – Урожайность картофеля в зависимости от срока посадки, сорт Беллароза, 2013 г.**

Вариант опыта	Повторность			Средняя урожайность, т/га	Отклонение от контроля	
	первая	вторая	третья		т/га	%
Вариант № 1. Посадка до 20.06	42,6	42,9	43,5	43,0	0	0
Вариант № 2. Посадка до 01.07	40,9	39,6	38,9	39,8	-3,2	-7,4
Вариант № 3. Посадка до 10.07	38,2	38,8	37,9	38,2	-4,8	-11,2
НСР <sub>0,05</sub>	-	-	-	2,6	-	-

Исследованиями установлено, что наиболее высокая урожайность была при первом сроке посадки, т. е. до 20 июня. В этом варианте урожайность составила 43,0 т/га против 38,2 т/га в варианте 3 с посадкой 10 июля (таблица 2) и 41,2 т/га против 36,7 т/га в варианте 3 с посадкой 10 июля (таблица 1).

Режим орошения и урожайность картофеля изучались при широком диапазоне дифференциации оросительных норм. За контрольный вариант была принята оросительная норма, определенная на основании уравнения водного баланса орошаемого поля А. Н. Костякова [3], при изменении влажности в расчетном слое почвы (60 см). Схема опыта: вариант № 1 – 0,8–1,0 НВ, контроль («М»); вариант № 2 –



увеличение оросительной нормы по отношению к контрольному варианту на 20 % («1,2 М»); вариант № 3 – снижение оросительной нормы на 20 % («0,8 М»); вариант № 4 – снижение на 40 % («0,6 М»). Результаты исследований режимов орошения приведены в таблицах 3 и 4.

**Таблица 3 – Урожайность картофеля летней посадки при различных режимах орошения, 2012 г.**

Вариант опыта	Повторность			Средняя урожайность, т/га	Отклонение от контроля	
	первая	вторая	третья		т/га	%
Вариант № 1 – 0,8–1,0 НВ, слой 0,6 м, контроль («М»)	35,9	36,4	36,3	36,20	0	0
Вариант № 2 – «1,2 М»	36,1	36,9	37,2	36,73	+0,5	+1,5
Вариант № 3 – «0,8 М»	34,2	33,1	34,7	34,00	-2,2	-6,0
Вариант № 4 – «0,6 М»	18,4	21,1	19,2	19,57	-16,6	-48,9
НСР <sub>0,05</sub>	-	-	-	2,2	-	-

**Таблица 4 – Урожайность картофеля летней посадки при дифференцированных режимах орошения, 2013 г.**

Вариант опыта	Повторность			Средняя урожайность, т/га	Отклонение от контроля	
	первая	вторая	третья		т/га	%
Вариант № 1 – 0,8–1,0 НВ, слой 0,6 м, контроль («М»)	37,8	38,3	37,6	37,90	0	0
Вариант № 2 – «1,2 М»	37,1	38,6	38,4	38,03	+0,13	+0,3
Вариант № 3 – «0,8 М»	36,2	34,9	36,6	35,90	-2,00	-5,2
Вариант № 4 – «0,6 М»	20,4	21,9	21,2	21,16	-16,74	-41,2
НСР <sub>0,05</sub>	-	-	-	2,4	-	-

Анализ данных показывает, что увеличение оросительной нормы на 20 % (вариант № 2 – «1,2 М») от нормативного уровня (вариант № 1) практически не влияло на урожайность картофеля: она повышалась на 1,5 и 0,3 %. Снижение оросительной нормы на 20 % («0,8 М») уменьшало урожайность на 6,0 и 5,2 %; снижение на 40 % («0,6 М») – на 48,9 и 41,2 % соответственно в 2012 и 2013 годах.

Таким образом, снижение оросительной нормы на 20 % от нормативной величины (вариант № 3) уменьшает урожайность картофеля незначительно и этот вариант можно рекомендовать как рациональный, обеспечивающий экономию водных ресурсов.

**Заключение.** Анализ опытных данных показал, что наибольшая урожайность картофеля была получена при сроке посадки до 20 июня, при котором средняя урожайность составила 41,2 и 43,0 т/га в 2012 и

2013 годах соответственно, а увеличение оросительной нормы практически не влияло на урожайность картофеля, тогда как ее снижение уменьшало урожайность на 6,0–48,9 и 5,2–41,2 % в 2012 и 2013 годах соответственно. Предлагаемые оптимальные сроки посадки и рациональный режим орошения не только повысят промышленную эффективность производства картофеля, но также обеспечат экологическую безопасность орошения рассматриваемого региона.

### **Список использованных источников**

1 Кружилин, И. П. Орошение картофеля в Западной Сибири / И. П. Кружилин, В. П. Часовских. – Волгоград, 2001. – 178 с.

2 Булгаков, В. И. Рациональные режимы орошения картофеля по природно-климатическим зонам Центрального федерального округа / В. И. Булгаков, Т. А. Капустина // Мелиорация и водное хозяйство. – 2013. – № 6. – С. 33–36.

3 Костяков, А. Н. Основы мелиораций / А. Н. Костяков. – М.: Сельхозгиз, 1960. – 662 с.

4 Рязанов, Г. Опыт орошения картофеля и овощей [Электронный ресурс] / Г. Рязанов, С. Банадыев // Аграрное обозрение. – 2013. – № 3(37) – С. 26–27. – Режим доступа: <http://agroobzor.ru>, 2014.

5 Капельное орошение картофеля: технология успеха [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://yug-poliv.ru/stati/technologygrow/kartofel-tehnologija-uspeha>, 2014.

УДК 633.15:631.8:631.5

**В. А. Ушкаренко, С. О. Лавренко, П. В. Лиховид**

Херсонский государственный аграрный университет, Херсон, Украина

## **ОСОБЕННОСТИ РЕЖИМА ПИТАНИЯ И ОРОШЕНИЯ САХАРНОЙ КУКУРУЗЫ НА ЮГЕ УКРАИНЫ**

Приведены основные проблемы выращивания сахарной кукурузы в условиях юга Украины. Установлены основные направления решения взаимосвязи «орошение – удобрение» для различных по плодородию почв. При поливе дождеванием средние показатели урожайности кондиционных початков составляют 5–6 т/га. При рациональном ведении системы «капельное орошение – органическое удобрение – минеральное удобрение – микроудобрение» показатели урожайности колеблются в пределах 15–17 т/га кондиционных початков, то есть в 3 раза больше, чем при дождевании. Формирование рациональной системы удобрения с учетом особенностей почвенного плодородия, требований культуры и возможностей капельного орошения позволит добиться максимальной продуктивности сахарной кукурузы при наивысшем качестве продукции.

Ключевые слова: сахарная кукуруза, капельное орошение, дождевание, минеральные удобрения, органические удобрения, режим орошения, орошаемые земли юга Украины.

Сахарная кукуруза – ценная овощная культура [1, 2]. Благодаря своим вкусовым качествам, содержанию питательных веществ и витаминов она принадлежит к полезнейшим овощным деликатесам [3, 4].

Уникальные вкусовые качества сахарной кукурузы – главная причина высокой популярности этой культуры на рынке. Особенно ценно то, что при правильном хранении в замороженном виде, при консервации [1, 2] или продолжительном хранении в условиях управляемой газовой среды (холодильные установки) [5] свежесобранная кукуруза практически не теряет своих вкусовых качеств и пищевой ценности.

Возрастающий интерес к сахарной кукурузе и продуктам ее переработки ставит перед аграриями непростую задачу разработки оптимальной технологии выращивания этой довольно прихотливой культуры. Это является необходимым этапом для начала массового внедрения этой ценной и очень рентабельной (до 400 %) [6–9] культуры в производство.

На данный момент основными факторами интенсификации и оптимизации технологии выращивания сахарной кукурузы на юге Украины являются капельное орошение и современная система внесения удобрений. Последнему аспекту следует уделять особое внимание, поскольку неудовлетворительный питательный режим может привести к существенным недоборам урожая.

При этом необходимо учитывать, что поливы сахарной кукурузы в зоне сухой степи юга Украины проводятся практически ежедневно и соответствуют примерно такому графику:

- первые 20–30 дней после посева (или появления всходов в зависимости от влагообеспеченности почвы) – подача от 20 (для низкорослых) до 25 м<sup>3</sup>/га (для высокорослых) воды;

- интенсивное нарастание вегетативной массы (обычно приходится на период от 8–10 листьев культуры до выбрасывания метелки) – подача 35–40 м<sup>3</sup>/га воды в сутки, часто совместно с подкормками;

- период от выбрасывания метелки до потемнения нитей початков – критический период по водопотреблению, в который рекомендуемая суточная поливная норма может составлять 45–55 м<sup>3</sup>/га в зависимости от сортовых особенностей и погодных условий, часто поливы сочетают с применением микроудобрений;

- в период созревания початков поливную норму уменьшают до  $30 \text{ м}^3/\text{га}$  в сутки с постепенным прекращением полива [10, 11].

Переходя непосредственно к системе внесения удобрений, следует отметить, что в различных регионах юга Украины на различных по плодородию почвах нормы внесения минеральных удобрений различные. При этом не стоит слепо ориентироваться на рекомендации ведущих производителей и научно-исследовательских учреждений, поскольку плодородие почв даже в рамках отдельно взятого хозяйства часто имеет большую пестроту и обуславливает необходимость гибкого режима внесения удобрений.

Одно из условий получения высокого урожая – это внесение органических удобрений осенью под зяблевую вспашку. Нормы внесения свежего навоза под будущий посев сахарной кукурузы составляют от 20 до 60 т/га [1, 10]. Однако внесение свежего навоза сопряжено с рядом фитосанитарных проблем. В отдельных рекомендациях даются указания о целесообразности внесения под вспашку 15–25 т/га полуперепревшего навоза [11].

Минеральные удобрения под сахарную кукурузу следует вносить дробно в основное внесение, предпосевное, при посеве и в подкормки с поливной водой.

Ростовская технология выращивания сахарной кукурузы предусматривает помимо внесения высоких норм органических удобрений использование больших норм минерального питания ( $\text{N}_{120}\text{P}_{200}\text{K}_{120}$ ) на слабоокультуренных почвах южного региона. На окультуренных почвах рекомендовано вносить под предпосевную культивацию  $\text{N}_{200}\text{P}_{150}\text{K}_{150}$ . Кроме того, отмечено положительное влияние на урожайность и качественные показатели початков обработки семян полимикродобрениями из расчета 0,5 кг на 100 кг семян [12]. Недостатком данного подхода к формированию системы удобрений является игнорирование потребностей культуры в микроэлементах и подкормках в течение вегетации.

Более гибкая система удобрения, предложенная для условий Одесской области, включает в себя основное внесение под вспашку  $\text{P}_{50}\text{K}_{45}$ , предпосевное внесение  $\text{N}_{60}$  (под культивацию) и припосевное  $\text{P}_{10}$  [13]. Преимуществом такого подхода является снижение рисков вымывания нитратной формы азота в осенне-зимний период.

Оптимальная система удобрения сахарной кукурузы должна включать в себя такие компоненты: органические удобрения, минеральные макроудобрения, микроудобрения, фитогормоны. Существуют рекомендации, в основе которых лежит осеннее внесение под вспашку полуперепрелого навоза с последующей гибкой системой минерального удобрения:

- предпосевное внесение аммиачной селитры;
- припосевное внесение суперфосфата (как вариант рассматривается внесение аммофоса с корректировкой предпосевной нормы внесения селитры);
- подкормки карбамидом (5%-ным раствором) по листу в фазу 7–8 листьев;
- внесение через капельную ленту с поливной водой удобрения Плантафол 20:20:20, содержащего микроэлементы, нормой 1–3 кг/га с фазы 8 листьев культуры;
- при необходимости использование в качестве дополнительного источника питания удобрений Лифдрип [11].

Такая система удобрения позволяет максимально полно и качественно обеспечить необходимыми питательными элементами растения сахарной кукурузы на протяжении всего периода вегетации, сводя на нет риски развития их дефицита и потерь урожайности.

Говоря о формировании тандема «орошение – удобрение», нельзя не упомянуть и об орошении дождеванием. Естественно, этот способ полива является менее пригодным при возделывании сахарной кукурузы. Кроме того, дождевание не позволяет проводить коррекцию питания растений так, как это позволяет делать капельное орошение. Многолетний опыт сельскохозяйственного предприятия «АгроКультура» (Одесская область, Украина) показывает значительно более низкую эффективность традиционного дождевания по сравнению с капельным орошением. Так, здесь проводят 4–5-кратные поливы посевов сахарной кукурузы нормами 300–350 м<sup>3</sup>/га. Система удобрения состоит из основного и припосевного внесения минеральных удобрений (нитроаммофоски или карбамидо-аммиачных смесей) и обработки растений биостимуляторами на основе женьшеня. При этом средние показатели урожайности кондиционных початков составляют 5–6 т/га. При рациональном ведении системы «капельное орошение – органическое удобрение – минеральное удобрение – микроудобрение» показатели

урожайности колеблются в пределах 15–17 т/га кондиционных початков, а это в 3 раза больше, чем при дождевании [14].

Формирование рациональной системы удобрения с учетом особенностей почвенного плодородия, требований культуры и возможностей капельного орошения позволит добиться максимальной продуктивности сахарной кукурузы при наивысшем качестве продукции.

### **Список использованных источников**

- 1 Шмараев, Г. Е. Сахарная кукуруза / Г. Е. Шмараев. – Л.: Колос, 1970. – 52 с.
- 2 Носенко, Ю. Цукрова кукурудза – від лану до столу / Ю. Носенко // Плантатор. – 2013. – № 4. – С. 10–12.
- 3 Капустин, А. А. Сахарная кукуруза / А. А. Капустин // Вестник овощевода. – 2009. – № 3. – С. 8–11.
- 4 Слепцов, Ю. Королева полей: выбираем сорт / Ю. Слепцов // Овощеводство. – 2010. – № 11. – С. 34–36.
- 5 Gamal, R. Atmosphere modification to control quality deterioration during storage of fresh sweetcorn cobs and fresh-cut kernels: Ph. D. / University of Florida / Gamal Riad. – 2004. – 178 p.
- 6 Kwabiah, A. B. Economic Evaluation of Production Methods for Sweet Corn in a Cool Climate / A. B. Kwabiah // Journal of Vegetable Crop Production. – 2004. – Vol. 10, Issue 2. – P. 73–87.
- 7 Herman S. Meister. Sample cost to establish and produce sweet corn / Herman S. Meister. – California: Imperial County, 2004. – 14 p.
- 8 Economic analysis of different sweet corn varieties production / M. Oplanic, A. S. Ilak Persuric, D. Ban, L. Rozman, D. Znidarcic // Alps-Adria Scientific Workshop. – Slovakia: Stara Lesna, 2008. – P. 4.
- 9 Супрунов, Р. Як вирощувати цукрову кукурудзу – рентабельність 400 % [Електронний ресурс] / Р. Супрунов. – Режим доступу: <http://fermeru.com.ua/home/crop/item/132-yak-vyroshchuvaty-tsukrovu-kukurudzu.html>, 2014.
- 10 Карельсон, А. Основные аспекты выращивания сахарной кукурузы / А. Карельсон // Овощеводство. – 2011. – № 4. – С. 28–33.
- 11 Шатковский, А. Технология выращивания сахарной кукурузы на капельном орошении (Продолжение) / А. Шатковский, Ю. Черевичный, В. Павловский // Овощеводство. – 2010. – № 3. – С. 70–74.
- 12 Инновационные технологии производства новых овощных культур в Ростовской области (салатные линии, пекинская капуста, брокколи, томат-черри, огурец корнишонного типа, сахарная кукуруза): научно-практические рекомендации. – Ростов н/Д., 2012. – 144 с.
- 13 Дубровін, В. В. Обґрунтування основних технологічних прийомів конвеєрного вирощування кукурудзи цукрової в умовах Південного Степу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.06 / Дубровін В. В. – Київ, 2006. – 20 с.
- 14 Малиновский, Б. Любителей кукурузы пересаживают на сладкое / Б. Малиновский // Овощеводство. – 2010. – № 8. – С. 98–103.

## **УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНА И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЛАГИ РАСТЕНИЯМИ ЧЕЧЕВИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКОВ ПОСЕВА В УСЛОВИЯХ ЮГА УКРАИНЫ**

Целью исследований технологии выращивания чечевицы было изучение влияния сроков посева на продуктивность сортов чечевицы, а также поиск эффективных путей использования природных (нерегулируемых) и искусственных (регулируемых) факторов повышения урожайности в орошаемых условиях в южной степи Украины. Исследования по изучению элементов технологии выращивания чечевицы в условиях орошения на юге Украины на темно-каштановых почвах проводились путем постановки полевого опыта на территории сельскохозяйственного кооператива «Радянська земля» Белозерского района Херсонской области. Выявлено сочетание исследуемых факторов, которое обеспечивает получение наивысшей урожайности с наиболее эффективным использованием воды. Результаты исследований показали, что на орошаемых темно-каштановых почвах целесообразно выращивать чечевицу сорта Линза при посеве в первую декаду апреля. В этих условиях формируется урожайность на уровне 1,7–1,8 т/га с высокими качественными показателями и наиболее эффективным использованием воды 1796 м<sup>3</sup>/т.

Ключевые слова: чечевица, сорт, срок посева, орошение, темно-каштановая почва, водопотребление, оросительная норма, вегетационный период, урожайность.

**Введение.** Чечевица (*Lens culinaris*) – культура, которая обладает разнообразными ценными свойствами, однако, к сожалению, на территории Украины не имеет высокого спроса. До 1941 года производственные посевы чечевицы в Украине составляли 103,2 тыс. га [1], а сейчас ее выращивают лишь на небольших участках. Основными причинами такого спада следует считать низкую технологичность существующих сортов, нестабильность урожая, склонность к полеганию.

Чечевицу выращивают для продовольственного использования и как кормовую культуру. Семена ее богаты белками (до 34 %), содержат около 1,5 % жира, много безазотистых веществ (около 55 %), имеют высокие вкусовые качества, быстро развариваются [2]. Ценность ее белков определяется аминокислотным составом, и прежде всего содержанием незаменимых аминокислот, которые не могут синтезироваться в организме человека. По соотношению аминокислот чечевица приближается к суточной потребности человека и содержит все незаменимые аминокислоты с ограниченной массовой долей ме-

тионина. Триптофана содержится в 6,8 раза больше, чем в горохе, и в 2,5 раза больше, чем в сое. Изолейцина – в 2,7 раза меньше, чем в сое, и в 1,2 раза меньше, чем в фасоли [3]. Железа в зерне чечевицы в 4–5 раз больше, чем в говядине, и в 1,5 раза больше, чем в горохе, фасоли и сое. Кроме железа в бобах чечевицы можно найти немало фосфора, магния, калия, меди, марганца, цинка, витаминов группы В и других важных компонентов. Все вместе они помогают улучшить обмен веществ, привести в норму артериальное давление, уменьшить отеки, снизить уровень холестерина и сахара в крови, повысить иммунитет [4].

В пищевой промышленности из семян чечевицы готовят консервы, колбасы, белковые препараты, шоколад, печенье, супы и т. д. Особенно ценны для этого семена крупносемянной чечевицы. Семена мелкосемянной чечевицы являются ценным концентрированным кормом. Чечевицу выращивают также на зеленый корм и сено, которое содержит до 16 % протеина. На корм скоту используют также солому и полову чечевицы, содержание белка в которых составляет соответственно 14 и 18 % [2]. Чечевица, как и все бобовые, обогащает почву азотом, является одним из лучших предшественников для сельскохозяйственных культур [2, 3].

Первоочередной задачей исследований по технологии выращивания чечевицы является поиск путей эффективного использования имеющихся природных (нерегулируемых) и искусственных (регулируемых) факторов повышения урожайности сортов, которые созданы в последние годы.

**Материал и методы.** Исследования по изучению элементов технологии выращивания чечевицы в условиях орошения на юге Украины на темно-каштановых почвах проводились путем постановки полевого опыта на территории сельскохозяйственного кооператива «Радянська земля» Белозерского района Херсонской области. В схему опыта были включены следующие факторы и их варианты: фактор А – сорта чечевицы: Линза, Светлица; фактор В – срок посева: первая декада апреля, первая декада мая, первая декада июня, первая декада июля.

**Результаты и обсуждение.** Главная цель любого исследования технологии возделывания – это определение влияния изучаемых факторов на рост и развитие культуры и в конечном итоге – на ее уро-



жайность. Целью данного исследования было определение влияния сроков посева на рост, развитие и формирование урожая разных сортов чечевицы.

На продуктивность растений чечевицы существенное влияние оказывает продолжительность периода вегетации растений, что находится в тесной взаимосвязи с такими физиологическими свойствами, как холодостойкость и засухоустойчивость. Продолжительность вегетационного периода зависит как от погодных условий, так и от географического положения места выращивания. Чечевица относится к растениям короткого дня, поэтому продолжительность вегетационного периода в северных широтах увеличивается в сравнении с южными, что объясняется более высокой температурой, недостаточным количеством влаги.

Исследования авторов показали, что срок наступления фенологических фаз развития чечевицы существенно зависел от изучаемых факторов и погодных условий. Посев чечевицы начинали в соответствии с требованиями культуры к теплу и особенностями выращивания культуры. Так, посев первого срока – в первой декаде апреля – был произведен 2 апреля, в первой декаде мая – 7 мая, в первой декаде июня – 1 июня, в первой декаде июля – 2 июля.

Межфазные и вегетационные периоды у двух исследуемых сортов при разных сроках посева были одинаковыми. Наступление основных фаз роста и развития полностью зависело от срока посева. Всходы появлялись через 9–11 суток после посева. Продолжительность периода от посева до всходов была наибольшей при первом сроке, наименьшей – при последнем. Это объясняется температурными условиями в почве, которые сложились ко времени посева и всходов культуры.

Самый длинный вегетационный период был при посеве в первой декаде июля (110 суток) и в первой декаде апреля (93 дня). При посеве в первой декаде мая вегетационный период уменьшился на 14 суток в сравнении с максимальным значением. Самый короткий вегетационный период чечевицы был при посеве в первой декаде июня – 81 сутки.

Проведенные исследования показали, что факторы, поставленные на изучение, оказывали существенное влияние на урожай зерна чечевицы при условии как раздельного их применения, так и совместного.

Формирование урожая этой культуры проходило в различных условиях окружающей среды, но закономерности наблюдались одинаковые. Анализируя данные, полученные в полевых опытах, можно констатировать, что урожайность зерна чечевицы колебалась от 0,24 до 1,77 т/га в зависимости от сочетания изучаемых факторов (таблица 1).

**Таблица 1 – Урожайность зерна и зеленой массы чечевицы в зависимости от сроков посева (2013 г.)**

Сорт (фактор А)	Срок посева (фактор В)	Урожайность	
		зерна	зеленой массы
Линза	1-я декада апреля	1,77	-
	1-я декада мая	1,58	-
	1-я декада июня	0,61	-
	1-я декада июля	-	18,5
Светлица	1-я декада апреля	1,24	-
	1-я декада мая	1,11	-
	1-я декада июня	0,24	-
	1-я декада июля	-	12,7
НСР <sub>05</sub>	А	0,015	
	В	0,019	
	АВ	0,131	

Полученные данные свидетельствуют о преимуществе сорта Линза над сортом Светлица по уровню урожая. При выращивании сорта Линза урожайность составила от 0,61 до 1,77 т/га, а сорта Светлица – 0,24–1,24 т/га. Максимальные значения были получены при посеве в апреле, а наименьшие – в июне. Как показали проведенные исследования, при посеве чечевицы в июле семена на растениях не сформировались, а была развита значительная вегетативная масса, которая может быть использована на зеленый корм. В этих условиях урожайность зеленой массы сорта Линза составила 18,5 т/га, а сорта Светлица – 12,7 т/га.

Фактор почвенной влаги в условиях южной степи Украины находится в минимуме и имеет решающее значение при формировании продуктивности растений. Влага нужна растениям для роста и развития, фотосинтеза, дыхания, обмена веществ, формирования урожая, а получают они ее в основном из активного слоя почвы. Причем эта потребность растет с повышением уровня урожая.

Грунтовые воды на опытных участках залегали на глубине более 8 м и участия в суммарном водопотреблении не принимали. Наибольшее суммарное водопотребление чечевицы было при посеве

в первой декаде апреля как по сорту Линза (3178 м<sup>3</sup>/га), так и по сорту Светлица (3166 м<sup>3</sup>/га). Смещение срока посева уменьшало суммарное водопотребление в среднем на 10–15 м<sup>3</sup>/га (таблица 2).

**Таблица 2 – Суммарное водопотребление и коэффициент водопотребления чечевицы при разных сроках посева (2013 г.)**

Сорт	Срок посева	Суммарное водопотребление, м <sup>3</sup> /га	Коэффициент водопотребления, м <sup>3</sup> /т	В том числе, %		
				почвенная влага	полезные осадки	оросительная норма
Линза	1-я декада апреля	3178	1796	32,95	19,85	47,20
	1-я декада мая	3186	2016	28,87	24,04	47,09
	1-я декада июня	3065	5024	24,51	26,55	48,95
	1-я декада июля	2922	158	22,55	26,11	51,34
Светлица	1-я декада апреля	3166	2553	32,70	19,93	47,38
	1-я декада мая	3172	2858	28,57	24,14	47,29
	1-я декада июня	3050	12708	24,13	26,69	49,18
	1-я декада июля	2912	229	22,29	26,20	51,51

Значительный интерес представляет коэффициент водопотребления. Он свидетельствует, насколько экономно расходуется вода растениями на создание единицы урожая. Установлено, что коэффициент водопотребления существенно снижался при внесении удобрений с хорошо сбалансированным соотношением азота, фосфора и калия.

Коэффициент водопотребления чечевицы в опыте существенно изменялся в зависимости от того или иного сочетания исследуемых факторов от 158 до 12708 м<sup>3</sup>/т (таблица 2).

Доля участия почвенной влаги в суммарном водопотреблении различных сортов составляла 27,0–27,2 %, полезных осадков – 24,1–24,2 % и оросительной нормы – 48,7–48,8 %.

Наименьший коэффициент суммарного водопотребления был получен при выращивании сорта Линза: этот показатель колебался от 158 до 5024 м<sup>3</sup>/т, что по сравнению с сортом Светлица меньше почти в два раза. Наименьший коэффициент водопотребления был получен при посеве в первой декаде июля, он составил для сорта Линза 158 м<sup>3</sup>/т, для сорта Светлица – 229 м<sup>3</sup>/т. Такое низкое значение показателя объясняется тем, что расчет велся по показателям урожая зеленой массы, а не зерна (оно не было сформировано).

Наиболее экономичное потребление влаги было при первом сроке посева (в первой декаде апреля), оно составляло у сорта Линза

1796 м<sup>3</sup>/т. Смещение срока посева на месяц увеличило показатель на 12,2 %, а посев в первой декаде июня – в 2,8 раза. При выращивании сорта Светлица наименее эффективное использование воды было при посеве культуры в первой декаде июня, при котором коэффициент суммарного водопотребления составил 12708 м<sup>3</sup>/т. Посев в апреле и мае формировал показатель на уровне 2553–2858 м<sup>3</sup>/т соответственно.

**Выводы.** Проанализировав полученные экспериментальные данные о влиянии исследуемых факторов на рост и развитие растений чечевицы в полевом опыте, можно сделать следующие выводы. На орошаемых темно-каштановых почвах целесообразно выращивать чечевицу сорта Линза при посеве в первой декаде апреля. В этих условиях формируется урожайность на уровне 1,7–1,8 т/га с высокими качественными показателями и наиболее эффективным использованием воды 1796 м<sup>3</sup>/т.

### **Список использованных источников**

1 Генетичні ресурси зернобобових культур в Україні: вивчення, збереження і використання в селекційних програмах / Л. Н. Кобизева, О. М. Безугла, Л. М. Потьомкіна, Т. О. Дрепіна // Генетичні ресурси рослин. – 2004. – № 1. – С. 88–93.

2 Зінченко, О. І. Рослинництво: підручник / О. І. Зінченко, В. Н. Салатенко, М. А. Білоножко; за ред. О. І. Зінченка. – Київ: Аграрна освіта, 2001. – 591 с.

3 Тележенко, Л. М. Сочевиця як важливий національний ресурс рослинного білка / Л. М. Тележенко, В. В. Атанасова // Корми і кормовиробництво. – 2010. – № 66. – С. 158–163.

4 Залізна леді сочевиця // Мій сад-город. – 2011. – № 19. – С. 10–11.

УДК 633.521:631.6(477.7):636.085

**А. Л. Рудик**

Херсонський державний аграрний університет, Херсон, Україна

## **ВЛИЯНИЕ ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ НА ОБЩУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ СОРТОВ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО В ЗОНЕ СУХОЙ СТЕПИ УКРАИНЫ**

Цель исследований – оценка продуктивности и изучение основных показателей качества семян и соломы сортов льна масличного различных экотипов при возделывании их при орошении и без орошения. Исследованиями установлено, что за счет орошения урожайность семян в среднем возрастает на 33,2 %, соломы – на 57,4 %, а содержание луба в соломе – на 7,3 %. В условиях сухой степи Украины возделывание сортов Ручеек, ВНИИМК 620, Айсберг и Лирина обеспечивает урожайность семян 13,4–13,8 ц/га и сбор масла на уровне 6,06–6,23 ц/га. В условиях орошения использование сортов Ручеек, Лирина, Орфей, Айсберг позволяет достичь урожайности 17,8–18,3 ц/га

при выходе масла 8,10–8,27 ц/га. Требованиям двойного технологического использования при выращивании в условиях орошения и без орошения больше соответствуют сорта Лирина, Орфей, Айсберг.

Ключевые слова: лен масличный, сорт, орошение, масличность, продуктивность, солома, луб.

**Введение.** Целенаправленно выращивая огромное количество органической массы в виде сельскохозяйственных растений с использованием невозобновляемых ресурсов, человечество нерационально потребляет произведенный продукт, рассматривая значительную его часть как отходы производства, требующие утилизации. Однако современные технологии позволяют успешно перерабатывать такое сырье, получая дополнительный полезный продукт. Подобные нереализованные возможности присутствуют при возделывании льна масличного [1].

Это растение ярового типа развития, удаленное по ботанической систематике от большинства культур, что делает его хорошим предшественником, способствующим оптимизации структуры и пригодным для пересева погибших посевов, балансирования орошаемых севооборотов по водопотреблению [2, 3].

Лен масличный – это одна из немногочисленных культур, которые обеспечивают высокую прибыльность выращивания за счет стабильного спроса на международном рынке, поэтому увеличение его производства дает существенные макроэкономические преимущества странам – экспортерам маслосемян и продуктов их переработки. Исследователи, отмечая пластичность и засухоустойчивость культуры, обращают внимание на высокую отзывчивость льна масличного на орошение, технологичность его выращивания, применимость как для крупных, так и для мелких хозяйств [3, 4].

Продукты, получаемые из семени льна, имеют очень широкое применение в химической, пищевой, комбикормовой промышленности, медицине, косметологии. Раскрываются все новые и новые сферы применения уникального по жирнокислотному и химическому составу льняного масла.

Существенной проблемой, имеющей экологические последствия, является утилизация соломы. Стебли льна, содержащие значительное количество луба, сложно поддаются измельчению и заделке в почву и поэтому чаще всего сжигаются, что может сопровождаться

потерями гумуса в слое почвы 0–5 см до 14,7 % от первоначального количества [5].

В то же время для современной легкой промышленности солома льна масличного может быть сырьем для производства ценных материалов – волокна, целлюлозы, углеводов, строительных материалов и многого другого [1, 6]. Но эти технологии требуют иных подходов и критериев оценки, систем определения качества растительных продуктов, изменения технологического процесса выращивания, уборки, хранения, переработки.

**Методика.** Целью исследований являлась оценка продуктивности сортов льна масличного различных экотипов в условиях естественного и искусственного увлажнения, а также изучение их хозяйственно ценных признаков для обоснования технологии двойного использования.

Промышленное употребление соломы льна масличного возможно только при оценке технологических свойств, объемов и качества сырья. Биологически близкие разновидности льна, используемые для получения масла, – межеумок, кудряш и прядильный лен-долгунец – имеют существенные анатомические и морфологические отличия, специфические требования к условиям среды, в первую очередь влаге, поэтому технологии их возделывания отличаются некоторыми элементами агротехники.

С целью комплексной оценки продуктивности льна масличного в ГПОХ «Асканийское» НААН Украины учеными Херсонского государственного аграрного университета в 2009–2013 годах был заложен полевой опыт. Почвы опытного участка темно-каштановые слабосолонцеватые, имеют гумусовый горизонт 42–51 см. В пахотном слое содержится в среднем 3,12 % гумуса, 5,0 мг/100 г почвы легкогидролизуемого азота, 2,4 мг/100 г подвижного фосфора и 40 мг/100 г обменного калия. Реакция почвенного раствора слабощелочная, ближе к нейтральной: рН – 6,8–7,0. Почвенный поглощающий комплекс преимущественно насыщен кальцием (60–65 %) и магнием (20–25 %) и в меньшей степени – натрием. Полив массива производится из Каховской оросительной системы водами реки Днепр. Поливами с помощью дождевальной установки Zimmatic поддерживали влажность почвы в слое 0,7 м на уровне 65–70 % от НВ. Предшественником в опыте выступала озимая пшеница. Основная обработка почвы пре-

дусматривала вспашку на 20–22 см, под которую вносили минеральные удобрения из расчета  $N_{45}P_{30}K_{30}$  кг/га д. в. Полевые исследования, оценка качества соломы выполнены в соответствии с методиками сортоиспытания и действующими государственными стандартами для льна-долгунца [7].

Погодные условия периода исследований характеризовались существенными превышениями температурного режима и отклонениями влагообеспеченности от средних многолетних значений. За счет запасов почвенной влаги и поступления осадков в первой половине вегетации культуры наиболее благоприятными были 2009 и 2011 годы, а наименее благоприятными – 2012 и 2013 годы, что отражалось на состоянии посевов как в условиях орошения, так и без него.

Сорта, которые подлежали изучению, относятся к различным экологическим типам и рекомендованы для возделывания в зонах неустойчивого и недостаточного увлажнения. Сорта ВНИИМК 620, Ручеек, Надийный являются объектами селекции учреждений Российской Федерации, Лирина – Германии, оставшиеся сорта были выведены на Украине. Для сравнения технологических показателей в схему опыта был внесен сорт льна-долгунца Глинум.

В среднем за годы исследований урожайность семян среди сортов масличного назначения без орошения колебалась в пределах 22,1 % (от 11,3 до 13,8 ц/га), а при орошении – до 13,8 % (от 16,0 до 18,2 ц/га) (таблица 1).

**Таблица 1 – Урожайность сортов льна в зависимости от уровня влагообеспеченности (среднее за 2009–2013 гг.)**

В ц/га

Сорт	Урожайность семян		Урожайность соломы	
	без орошения	при орошении	без орошения	при орошении
1	2	3	4	5
Айсберг	13,7	18,2	18,8	26,0
Блакитно-помаранжевый	13,3	17,2	19,3	27,9
Вира	13,1	17,3	16,2	27,2
ВНИИМК 620	13,7	18,0	18,4	26,3
Глинум	8,3	9,7	25,4	37,4
Дебют	12,5	17,2	16,2	24,2
Еврика	13,3	17,7	18,6	28,2
Золотистый	11,3	16,0	14,2	24,9
Кивика	12,2	16,2	15,5	27,0
Лирина	13,4	18,0	20,0	29,7
Надийный	13,4	17,9	21,2	35,9

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
Орфей	13,6	18,3	17,6	31,0
Пивденна Нич (St)	12,8	17,3	16,2	28,4
Ручеек	13,8	17,8	20,0	28,9
НСР <sub>05</sub> частичных отличий за ряд лет для сортов для влагообеспеченности		0,58		0,41
		0,44		0,86

Урожайность сорта льна-долгунца Глиnum увеличилась на 16,9 % (с 8,3 до 9,7 ц/га), но была наименьшей в опыте.

В среднем за счет орошения урожайность масличных сортов повышалась на 33,2 %. Без орошения в группу наиболее урожайных вошли сорта Ручеек (13,8 ц/га), Айсберг (13,7 ц/га), ВНИИМК 620 (13,7 ц/га), Орфей (13,6 ц/га). Наиболее низкой была урожайность сорта Золотистый (11,3 ц/га) и сорта пищевого направления Кивика (12,2 ц/га). При орошении максимальную урожайность обеспечивали сорта Орфей – 18,3 ц/га, Айсберг – 18,2 ц/га, а также сорта Лирина и ВНИИМК 620 – 18,0 ц/га. Наименее результативными были сорта Кивика и Золотистый, урожайность которых составляла соответственно 16,2 и 16,0 ц/га.

В исследуемых условиях урожайность всех сортов льна масличного существенно превышала урожайность семян льна-долгунца. В среднем по опыту без орошения их урожайность была выше в 1,58 раза, а при орошении – в 1,8 раза.

Анатомо-морфологические особенности сортов и их реакция на внешние условия определяют различия в величине сформировавшейся соломы. Как правило, более высокорослые сорта, объекты северных экотипов формируют большую стеблевую массу. На неорошаемом фоне эта группа представлена сортами Надийный (21,2 ц/га), Лирина (20,0 ц/га), Ручеек (20,0 ц/га), Блакитно-помаранчевый (19,3 ц/га). При орошении к таким сортам принадлежат Надийный (35,9 ц/га), Лирина (29,7 ц/га), Ручеек (28,9 ц/га). Однако наибольшую урожайность соломы в опыте обеспечил сорт льна-долгунца Глиnum – 25,4 ц/га без орошения и 37,4 ц/га при орошении. За счет полива урожайность соломы этого сорта повысилась на 47,2 %. В среднем без орошения выход соломы с единицы площади у сорта Глиnum был в 1,42 раза выше, чем у масличных сортов, в условиях орошения – выше в 1,33 раза. Результаты математического анализа свидетельствуют, что фактор орошения на 87,5 % определяет урожайность семян



и на 87,4 % – урожайность соломы, тогда как фактор сорта определяет эти показатели на 10,9 и 8,2 % соответственно.

На фоне естественного увлажнения высокой масличностью отличались сорта ВНИИМК 620, Дебют, Лирина, однако наибольшее содержание масла было у желтосемянного сорта Золотистый (46,9 %). На фоне орошения выделились максимальной масличностью сорта Ручеек (46,4 %), Лирина (45,6 %), Вира (45,2 %) (таблица 2).

**Таблица 2 – Масличность и содержание луба в различных сортах льна (среднее за 2009–2013 гг.)**

В процентах

Сорт	Масличность семян		Содержание луба в соломе	
	без орошения	при орошении	без орошения	при орошении
Айсберг	44,2	44,5	15,6	22,6
Блакитно-помаранчевый	43,5	44,0	13,6	21,0
Вира	44,5	45,2	15,6	19,4
ВНИИМК 620	45,5	44,4	13,4	20,8
Глину	41,6	40,4	17,4	28,5
Дебют	45,0	44,8	14,2	22,7
Еврика	42,3	42,0	13,1	17,4
Золотистый	46,9	44,6	13,7	20,8
Кивика	41,0	42,3	15,2	21,2
Лирина	45,2	45,6	15,9	22,7
Надийный	43,4	43,7	10,7	19,8
Орфей	43,6	44,4	15,1	24,6
Пивденна Нич (St)	43,7	44,9	14,8	22,5
Ручеек	44,3	46,4	11,2	21,0
НСР <sub>05</sub> частичных отличий за ряд лет для сортов		1,18	0,29	
для влагообеспеченности		0,95	0,58	

Некоторые сорта по-разному реагировали на орошение, однако в среднем по опыту при поливе масличность семян была на 0,28 % выше. За счет лучшего обеспечения влагой отмечено увеличение масличности сортов Ручеек, Кивика, Пивденна Нич, снижение масличности – у сортов Золотистый и ВНИИМК 620.

У сорта Кивика, который отличается измененным в сторону увеличения содержания олеиновой кислоты жирнокислотным составом, содержание масла при возделывании без орошения составляло 41,0 %, а при орошении – 42,3 %. Наиболее низкой в опыте была масличность семян льна-долгунца сорта Глину – соответственно 41,6 и 40,4 %.

Изучаемые сорта существенно отличались по содержанию луба в соломе. Без орошения максимальное содержание волокна отмечено

в стеблях сортов Лирина (15,9 %), Айсберг и Вира (15,6 %), а при орошении – Орфей (24,6 %), Айсберг, Дебют, Лирина (22,7 %). Однако наибольшим содержание луба было в стеблях льна-долгунца Глиnum – соответственно 17,4 % без орошения и 28,5 % при орошении; за счет поливов содержание луба возросло в 1,64 раза. В пределах масличных сортов за счет орошения содержание луба в соломе усредненно возросло от 14,0 до 21,3 %, то есть в 1,52 раза.

Исследования показывают, что улучшение влагообеспеченности одновременно способствует процессам формирования соломы и луба. Если в неорошаемых условиях прослеживается обратная корреляционная связь между урожайностью соломы и содержанием луба на уровне  $r = -0,48$ , то на фоне орошения такая зависимость отсутствует.

Расчеты продуктивности отдельных объектов селекции свидетельствуют, что по выходу жира с единицы площади лучшими являются сорта ВНИИМК 620 (6,23 ц/га), Ручеек (6,11 ц/га), Айсберг и Лирина (6,06 ц/га) (таблица 3).

**Таблица 3 – Общая продуктивность сортов льна масличного (среднее за 2009–2013 гг.)**

Сорт	Выход масла, кг/га		Выход волокна, ц/га	
	без орошения	при орошении	без орошения	при орошении
Айсберг	6,06	8,10	2,93	5,88
Блакитно-помаранчевый	5,78	7,57	2,62	5,86
Вира	5,83	7,82	2,53	5,28
ВНИИМК 620	6,23	7,99	2,47	5,47
Глиnum	3,45	3,92	4,42	10,7
Дебют	5,63	7,71	2,30	5,49
Еврика	5,63	7,43	2,44	4,91
Золотистый	5,30	7,14	1,95	5,18
Кивика	5,00	6,85	2,36	5,72
Лирина	6,06	8,21	3,18	6,74
Надийный	5,82	7,82	2,27	7,11
Орфей	5,93	8,13	2,66	7,63
Пивденна Нич (St)	5,59	7,77	2,40	6,39
Ручеек	6,11	8,27	2,24	6,07

У остальных сортов выход жира колебался от 5,00 ц/га у сорта Кивика до 5,93 ц/га у сорта Орфей. На орошаемом фоне к наиболее продуктивным по выходу жира относятся сорта Ручеек (8,27 ц/га), Лирина (8,21 ц/га), Орфей (8,13 ц/га), Айсберг (8,10 ц/га). Сорт пищевого назначения Кивика обеспечивал на фоне естественного увлажнения сбор масла 5,0 ц/га, а при орошении – 6,85 ц/га. В среднем по сортам за счет орошения сбор масла возрос на 34,5 %.

Независимо от режима обеспечения влагой наименьший выход масла обеспечивало выращивание сорта льна-долгунца Глинум – соответственно 3,45 и 3,92 ц/га без орошения и при орошении, однако в этом варианте был достигнут максимальный выход луба – соответственно 4,42 и 10,7 ц/га. Среди масличных сортов по этому показателю на неорошаемом фоне лучшими были Лирина (3,14 ц/га), Айсберг (2,93 ц/га), Орфей (2,66 ц/га) и Блакитно-помаранчевый (2,62 ц/га). При орошении в группу подобных сортов входили Орфей (7,63 ц/га), Надийный (7,11 ц/га), Лирина (6,74 ц/га), Пивденна Нич (6,39 ц/га).

**Выводы.** Возделывание льна масличного, переработка его семян и соломы отвечают экологическому подходу к обеспечению экономики возобновляемыми ресурсами. Сорта льна масличного положительно реагируют на орошение повышением урожайности семян, соломы и содержания луба.

В условиях сухой степи Украины возделывание сортов Ручеек, ВНИИМК 620, Айсберг и Лирина обеспечивает урожайность семян 13,4–13,8 ц/га и сбор масла на уровне 6,06–6,23 ц/га. В условиях орошения использование сортов Ручеек, Лирина, Орфей, Айсберг позволяет достичь урожайности 17,8–18,3 ц/га при выходе масла 8,10–8,27 ц/га.

Солома льна масличного – ценное сырье для производства целлюлозы и волокнистых материалов. С позиции двойного использования более целесообразно выращивание льна масличного при орошении. В условиях орошения и без орошения требованиям двойного технологического использования больше отвечают сорта Лирина, Орфей, Айсберг.

### **Список использованных источников**

1 Живетин, В. В. Масличный лен и его комплексное использование / В. В. Живетин, Л. Н. Гинзбург. – М.: ЦНИИКАЛП, 2000. – 96 с.

2 Гаврилюк, М. М. Олійні культури в Україні: навч. посіб. / М. М. Гаврилюк [та ін.]; за ред. В. Н. Салатенка. – 2-е вид., перероб. та доп. – Київ: Основа, 2008. – 428 с.

3 Льон олійний: біологія, сорти, технологія вирощування / А. В. Чехов, О. М. Лапа, Л. Ю. Міщенко, І. О. Полякова. – Київ: Універсал-Друк, 2007. – 56 с.

4 Поляков, О. Ресурси льону олійного в Україні / О. Поляков, І. Полякова // Пропозиція. – 2009. – № 11. – С. 12–13.

5 Тормова, Ю. С. Влияние сжигания соломы на химические и биологические показатели чернозема обыкновенного Каменной степи / Ю. С. Тормова // Актуальные проблемы современных аграрных технологий: материалы III Всероссийской науч. конф. студентов и молодых ученых с междунар. участием, г. Астрахань, 23–24 апреля 2008 г. – Астрахань: Издат. дом «Астраханский университет», 2008. – С. 40–42.

6 Чурсіна, Л. А. Перспективи комплексного використання льону олійного / Л. А. Чурсіна, Г. А. Тіхосова, О. О. Горач // Праці Таврійського держ. агротехнол. ун-ту. – Мелітополь, 2010. – Вип. 10. – Т. 1. – С. 30–39.

7 Методика державного сорто випробування сільськогосподарських культур. Випуск перший (загальна частина) / під ред. В. В. Вовкодава. – Київ, 2000. – 100 с.

УДК 635.657:(477.7)

**С. О. Лавренко, К. В. Жушман**

Херсонський державний аграрний університет, Херсон, Україна

## **СУММАРНОЕ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ ПОСЕВОВ НУТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НОРМЫ ВЫСЕВА В УСЛОВИЯХ ЮГА УКРАИНЫ**

Приведены результаты исследований по изучению элементов технологии выращивания нута в условиях юга Украины, проведенных путем постановки полевого опыта на территории СК «Радянська земля» Белозерского района Херсонской области. В схему опыта были включены следующие факторы: сорт нута, норма высева. Полевые опыты были заложены в четырехкратной повторности. Представлены данные о структуре и величине суммарного водопотребления различных сортов нута в зависимости от нормы высева. Определены основные элементы технологии выращивания культуры, которые обеспечивают наиболее эффективное использование воды. Долевое участие почвенной влаги в суммарном водопотреблении различных сортов составило 33,8–35,3 %, полезных осадков – 21,7–22,3 % и оросительной нормы – 43,0–43,9 %. Исследование водопотребления при разных нормах высева выявило следующие изменения: долевое участие почвенных запасов – 31,7–36,9 %, полезных осадков – 21,3–23,0 % и оросительной нормы – 41,8–45,3 %. Экспериментальные данные показали, что с увеличением нормы высева увеличивалось долевое участие почвенных запасов в суммарном водопотреблении, а оросительной нормы – уменьшалось. Наиболее эффективное использование воды (1630 м<sup>3</sup>/т) посевами нута было при посеве сорта Триумф нормой высева 2,0 млн шт./га.

Ключевые слова: нут, сорт, норма высева, суммарное водопотребление, коэффициент водопотребления, долевое участие, оросительная норма, орошаемые земли юга Украины.

**Введение.** Нут относится к группе зерновых бобовых культур, которые отличаются высоким содержанием белка в семенах. В состав белков входят все незаменимые для человека аминокислоты – лизин, триптофан, метионин, фенилаланин, лейцин, изолейцин, аргинин, аспарагиновая кислота. По сбалансированности аминокислотного состава белка бобовых растений приближаются к белку куриного яйца, который считается эталоном. Содержание лизина в белках бобовых растений в 2–3 раза выше, чем в белках зерновых хлебов [1–3].

Нут, подобно гороху и чечевице, используют в качестве кормовой и продовольственной культуры. Продовольственная ценность его обусловлена высоким содержанием белка в зерне (28–34 %), которое хорошо переваривается организмом.

Агротехническое значение нута заключается в том, что он, как и другие бобовые, улучшает физико-химические свойства почвы и повышает ее плодородие. Нут – культура с высокой адаптационной способностью. Он обеспечивает хорошие показатели как в тропических странах (Индии, Индонезии, Пакистане, Австралии), так и в странах с умеренным климатом. В нашей стране есть значительные возможности для расширения посевов нута, создания новых регионов возделывания нетрадиционных зернобобовых культур. Основными причинами того, что нут не получил широкого распространения, являются слабая изученность технологии выращивания в разных почвенно-климатических зонах, отсутствие рекламы использования его для пищевых, кормовых целей и торговых связей со странами, где он широко применяется в качестве продукта питания.

Внедрение нута в производство на юге сдерживается в значительной мере отсутствием хорошо адаптированных сортов.

Исследования по изучению элементов технологии выращивания нута в условиях юга Украины проводились путем постановки полевого опыта на территории СК «Радянська земля» Белозерского района Херсонской области. В схему опыта были включены следующие факторы и их варианты: фактор А – сорта нута: Розанна, Буджак, Триумф; фактор В – норма высева, млн шт./га: 1,0; 1,5; 2,0. Полевые опыты были заложены в четырехкратной повторности. Расположение вариантов осуществлялось последовательно.

Изучение особенностей водного режима нута имеет важное значение, поскольку определяющим фактором в формировании урожайности является обеспеченность растений влагой. Главным признаком, который характеризует отношение нута к влаге, является его высокая засухоустойчивость, обусловленная повышенным содержанием в тканях связанной воды, стойкостью к увяданию, интенсивностью транспирации и водоудерживающей способностью листьев. Повышенная засухоустойчивость нута определяется мощной корневой системой, ксероморфной структурой органов и тканей, способностью клеток переносить глубокое обезвоживание, рациональным расходом во-

ды, наличием на всех надземных органах железистых волосков, которые уменьшают испарение. Академик Н. Н. Вавилов отмечал, что высокая засухоустойчивость и жаростойкость нута обусловлены тем, что он в сравнении с другими зернобобовыми культурами имеет наибольшее осмотическое давление клеточного сока в листке.

Потребность во влаге в разные периоды онтогенеза у нута разная. Большое количество влаги эта культура требует в начальный период развития, особенно при набухании семян, листообразовании и закладке генеративных органов. Повышенное увлажнение приводит к поражению патогенными микроорганизмами, ухудшению качества зерна. При выпадении осадков при созревании зерна нут возобновляет вторичный рост, который сильно затрудняет уборку.

Суммарное водопотребление нута в опыте колебалось в зависимости от исследуемых факторов от 1649 до 1643 м<sup>3</sup>/т (таблица 1).

**Таблица 1 – Коэффициент водопотребления и суммарное водопотребление сортов нута в зависимости от нормы высева**

Сорт	Норма высева, млн шт./га	Суммарное водопотребление, м <sup>3</sup> /га	Коэффициент водопотребления, м <sup>3</sup> /т	В том числе, %		
				почвенная влага	полезные осадки	оросительная норма
Розанна	1,0	3310	1752	31,6	23,1	45,3
	1,5	3403	1644	33,5	22,4	44,1
	2,0	3555	1631	36,3	21,5	42,2
Буджак	1,0	3313	1690	31,7	23,0	45,3
	1,5	3578	1688	36,7	21,3	41,9
	2,0	3599	1643	37,1	21,2	41,7
Триумф	1,0	3315	1649	31,7	23,0	45,2
	1,5	3580	1665	36,8	21,3	41,9
	2,0	3603	1630	37,2	21,2	41,6

Разница между исследуемыми сортами нута полностью зависела от сортовых особенностей. Так, сорт Буджак для формирования урожая нуждался в потреблении от 3313 до 3599 м<sup>3</sup>/га воды, что в сравнении с сортом Триумф, где показатель составлял 3315–3603 м<sup>3</sup>/га, было меньше лишь на 2 м<sup>3</sup>/га. У сорта Розанна суммарное водопотребление было наименьшим – от 3310 до 3555 м<sup>3</sup>/га, что в сравнении с сортом Буджак меньше в среднем по опыту на 74 м<sup>3</sup>/га.

Исследуемые нормы высева более существенно повлияли на суммарное водопотребление по всем исследуемым сортам нута. Для формирования урожая при норме высева 1,0 млн шт./га культура

потратила 3310–3315 м<sup>3</sup>/га воды, что по опыту было наименьшей величиной. Увеличение количества растений на единицу площади привело к увеличению расхода влаги в среднем по опыту на 6,2 % при норме высева 1,5 млн шт./га и на 8,2 % – при норме 2,0 млн шт./га.

Коэффициент водопотребления зависит от величины урожая: чем выше урожай, тем ниже коэффициент водопотребления. Сорта Розанна и Буджак в условиях проведения опытов имели сходные показатели коэффициента суммарного водопотребления, которые составили 1752–1631 и 1690–1643 м<sup>3</sup>/т соответственно. Лишь сорт Триумф имел анализируемый показатель меньше предыдущих сортов, в среднем по опыту он был ниже на 1,6 %.

В условиях нехватки природных ресурсов, а особенно пресной воды, важным элементом для определения является показатель эффективности использования природного ресурса, а именно влаги. Наименьшим коэффициент суммарного водопотребления был в варианте выращивания нута при норме высева 2,0 млн шт./га, где показатель составил в среднем по опыту 1635 м<sup>3</sup>/т. Уменьшение количества растений на единицу площади приводило к непродуктивному испарению с поверхности почвы, что стало предпосылкой для увеличения показателя на 1,9 % при норме 1,5 млн шт./га в сравнении с предыдущей нормой. Наибольшим коэффициент суммарного водопотребления был при норме высева 1,0 млн шт./га, в этом варианте он колебался от 1649 до 1752 м<sup>3</sup>/т и был больше на 1,9 %, чем при норме 1,5 млн шт./га, и на 3,8 %, чем при норме 2,0 млн шт./га.

Долевое участие почвенной влаги в суммарном водопотреблении различных сортов составило 33,8–35,3 %, полезных осадков – 21,7–22,3 % и оросительной нормы – 43,0–43,9 %. Исследование водопотребления при разных нормах высева выявило следующие изменения: долевое участие почвенных запасов составило 31,7–36,9 %, полезных осадков – 21,3–23,0 % и оросительной нормы – 41,8–45,3 %. Как видно из экспериментальных данных, с увеличением нормы высева увеличивалось долевое участие почвенных запасов в суммарном водопотреблении, а оросительной нормы – уменьшалось.

**Вывод.** Наиболее эффективное использование воды (при коэффициенте водопотребления 1630 м<sup>3</sup>/т) посевами нута было при посеве сорта Триумф нормой 2,0 млн шт./га.

## **Список использованных источников**

1 Балашов, А. В. Особливості селекції, насінництва і технології вирощування сортів нуту, адаптованих до посушливих умов Нижнього Поволжя: дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.01.01 / Балашов А. В. – Київ, 2001. – 587 с.

2 Шьюрова, Н. А. Продуктивность и симбиотическая активность нута в зависимости от приемов выращивания в степной и сухостепной зонах Саратовской области: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Шьюрова Наталья Александровна. – Саратов, 2004. – 246 с.

3 Ледовский, Н. В. Агробиологические особенности и технология возделывания нута в степной зоне Южного Урала: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Ледовский Николай Васильевич. – Оренбург, 2004. – 24 с.

УДК 631.874:631.445.41:631.67

### **В. А. Монастырский, А. Н. Бабичев**

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИДЕРАЛЬНЫХ КУЛЬТУР НА ОРОШАЕМЫХ ЧЕРНОЗЕМАХ**

В статье представлены результаты полевых исследований по изучению влияния горчицы, гороха, гречихи, рапса, люпина, выбранных в качестве сидеральных культур, на агрохимические свойства чернозема обыкновенного и урожайность картофеля летней посадки. Исследования проведены в ОАО «Аксайская Нива» в 2011–2013 гг. Приведены результаты оценки содержания питательных веществ в почве в среднем по годам исследований, а также урожайности картофеля и заражения клубней комплексом болезней в зависимости от предшествующей сидеральной культуры. Учет урожайности картофеля летней посадки показал, что на опытных участках, на которых сидератом являлась горчица, урожай был наибольшим и составил 42,7 ц/га. Немного ниже урожайность была после бобовых. На опытном участке, на котором в качестве сидерата был использован горох, урожайность картофеля составила 41,6 ц/га, люпина – 41,0 ц/га. Более низкие показатели урожайности картофеля были получены в вариантах с рапсом и гречихой в качестве сидерата, урожайность картофеля на этих участках составила 38,1 и 36,9 ц/га соответственно. В варианте без сидерата была зафиксирована минимальная урожайность клубней картофеля, которая составила 34,7 ц/га.

Ключевые слова: орошаемые черноземы, сидеральные культуры, гречиха, люпин, горчица, рапс, горох, органическое вещество, зеленая масса растений, пожнивные остатки, агрохимические свойства почвы.

В настоящее время все больше встает проблема ухудшения почвенного плодородия как на богарных, так и на орошаемых землях. Одним из путей обеспечения почвы органическим веществом является применение зеленых удобрений. Однако в настоящее время пока нет оптимальных решений вопроса подбора культур, используемых



в качестве сидеральных. В этом случае приходится руководствоваться агроэкологическими потребностями растений, климатическими, почвенными и хозяйственно-экономическими условиями [1–5].

На основании этого в ОАО «Аксайская Нива» в 2011–2013 гг. авторами был заложен опыт по изучению влияния сидеральных культур на агрохимические свойства чернозема обыкновенного.

Опытный участок общей площадью 3 га. Гумусовый горизонт *A + B* достигает 80–100 см.

Вегетационный период 2011 года можно характеризовать как среднесухой (ГТК = 0,66). В период вегетации культур-сидератов (21 апреля – 31 мая) выпало 44,6 мм осадков. В последней декаде апреля наблюдалось отсутствие осадков, что негативно сказалось на всходах. В мае выпало всего 40 мм осадков. Сумма температур за вегетационный период составила 680 °С. Относительная влажность воздуха составила 64,6 %.

В 2012 году вегетационный период характеризовался как очень влажный (ГТК = 1,49). В период вегетации выпало 118,9 мм осадков, что почти втрое превышает среднемноголетнее значение. Основное поступление влаги из атмосферы наблюдалось в мае. В этот период выпало 114,1 мм осадков. Сумма температур за вегетационный период составила 796 °С.

Вегетационный период в 2013 году характеризовался как сухой (ГТК = 0,44), в период вегетации выпало 22,0 мм осадков. Влажность воздуха – 65,7 %.

Сидеральные культуры возделывались согласно зональным системам земледелия. Высевались сорта гороха Готик, ярового рапса – Таврион, горчицы сарептской – Донская 8, гречихи – Казанка, люпина – Орловский сидерат. Все культуры имеют короткий вегетационный период. Норма высева для бобовых (горох, люпин) составила 1 млн шт./га, крестоцветных (рапс, горчица) – 2 млн шт./га, гречихи – 4 млн шт./га. Влажность почвы поддерживалась на уровне не ниже 70 % НВ в слое 0,6 м. Полив проводился дождевальными машинами ДДА-100ВХ.

Для обоснования динамики питательных веществ в почве был проведен учет зеленой массы и пожнивно-корневых остатков по годам исследований. Данные приведены в таблице 1.

Из таблицы 1 видно, что перед заделкой сидеральных культур в почву наибольшим показателем накопления общей массы растений

обладала горчица сарептская – 46,8 т/га. При запашке рапса и гречихи в почву поступило 33,4 и 27,5 т/га органической массы соответственно. Наименьшие показатели были у бобовых: масса гороха составила 24,1 т/га, люпина – 18 т/га [6].

**Таблица 1 – Накопление зеленой массы и пожнивно-корневых остатков растений-сидератов, 2011–2013 гг.**

Культура	В т/га		
	Зеленая масса	Пожнивно-корневые остатки	Общая масса растений
Гречиха	20,5	7,0	27,5
Люпин	14,0	3,9	18,0
Горчица	35,2	11,3	46,8
Рапс	25,4	8,0	33,4
Горох	17,9	6,2	24,1

Динамика зеленой массы сидеральных культур в среднем за 2011–2013 годы, уравнения регрессии и достоверность аппроксимации представлены в таблицах 2, 3.

**Таблица 2 – Динамика накопления зеленой массы сидеральных культур, среднее за 2011–2013 гг.**

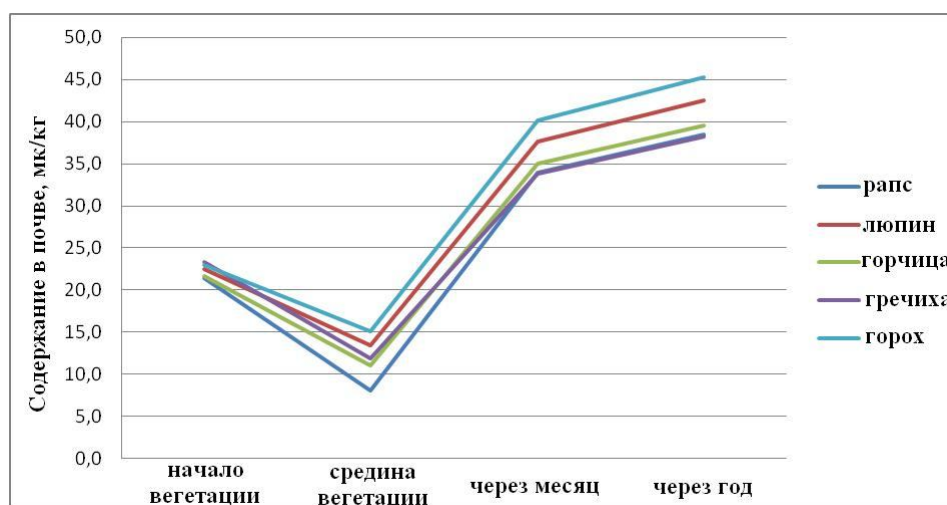
Вариант опыта	Фаза развития растений				
	3–4 листа	6–7 листьев	8–9 листьев	Бутонизация	Начало цветения
Гречиха	4,3	11,5	15,7	19,1	20,5
Люпин	3,4	6,9	10,5	13,5	14,0
Горчица	4,5	11,9	25,3	33,7	35,2
Рапс	4,1	10,6	19,8	25,4	25,4
Горох	3,6	8,2	14,3	16,7	17,9

**Таблица 3 – Уравнения регрессии и достоверность аппроксимации динамики накопления зеленой массы растениями сидеральных культур, 2011–2013 гг.**

Вариант опыта	Уравнение регрессии	Достоверность аппроксимации
Гречиха	$y = -0,023x^2 + 1,3776x$	$R^2 = 0,95$
Люпин	$y = -0,0127x^2 + 0,8598x$	$R^2 = 0,96$
Горчица	$y = -0,0216x^2 + 1,7737x$	$R^2 = 0,99$
Рапс	$y = -0,0183x^2 + 1,3917x$	$R^2 = 0,99$
Горох	$y = -0,018x^2 + 1,1489x$	$R^2 = 0,97$

Для изучения влияния сидеральных культур на агрохимические свойства почвы было исследовано накопление питательных веществ в почве. Отбор почвенных образцов проводился в начале, середине вегетации, через месяц и через год после заделки растений-сидератов в течение 2011–2014 годов.

Динамика нитратного азота в почве в зависимости от сидеральной культуры за 2011–2013 годы представлена на рисунке 1.



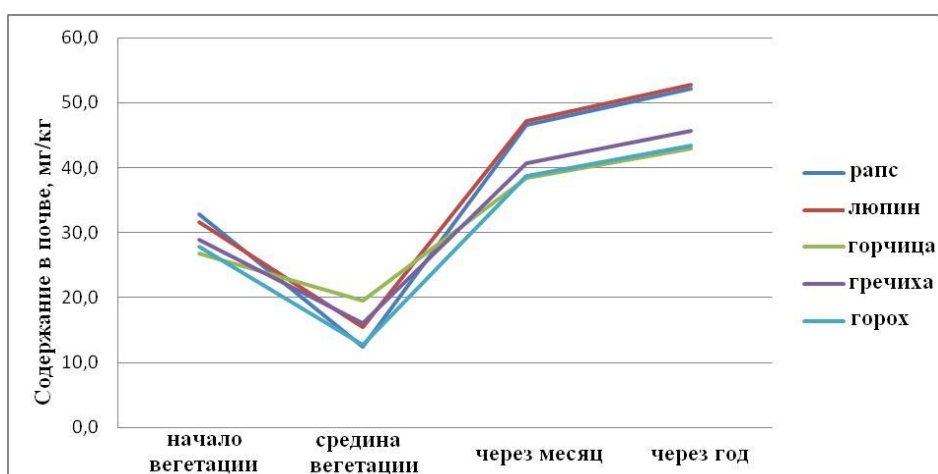
**Рисунок 1 – Динамика нитратного азота в почве в 2011–2013 годах**

Анализ данных рисунка 1 показывает, какое влияние на содержание нитратного азота оказывают различные культуры, выбранные в качестве сидеральных. Так, в начале вегетации на всех опытных участках значения содержания нитратного азота колебались в диапазоне 20–25 мг/кг. Отбор почвенных образцов в середине вегетации позволил установить, что на участках рапса в течение вегетации содержание нитратного азота было наименьшим среди остальных культур, выбранных в качестве сидеральных. Кривые, отображающие содержание нитратного азота на участках с горчицей и гречихой, практически сливаются, и в середине вегетации количество нитратного азота в почве составляет 12–13 мг/кг. В середине вегетации, а также через месяц и год после заделки в почву сидеральных культур наибольшие показатели содержания нитратного азота в почве зафиксированы на участках, где произрастали горох и люпин. Это объясняется специфической возможностью бобовых культур накапливать и сохранять азот в почве.

Динамика подвижного фосфора в почве в зависимости от сидеральной культуры за 2011–2013 годы представлена на рисунке 2.

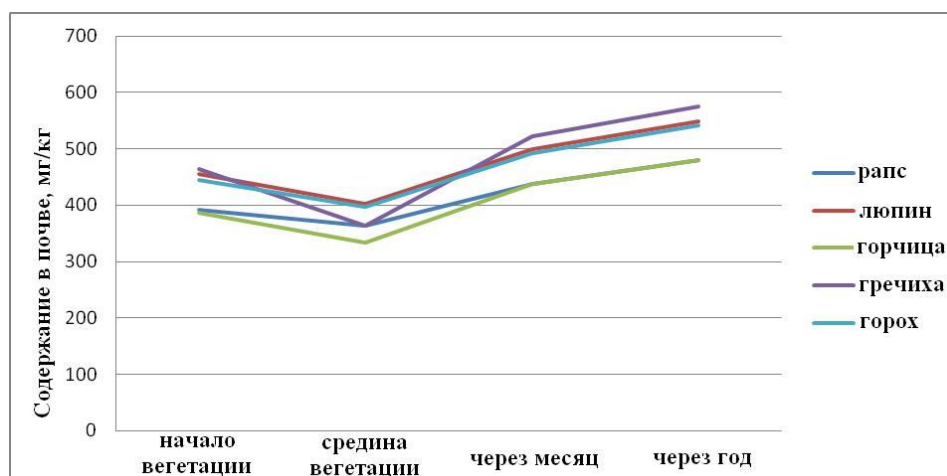
Наблюдения за динамикой подвижного фосфора в почве в 2011–2013 гг. позволили установить, что сидеральные культуры, которые требовательны к наличию в почве подвижного фосфора, способны накапливать это вещество и делать его доступным для последующих культур. Так, закономерное уменьшение подвижного фосфо-

ра в почве в середине вегетации позволило выявить, что из выбранных сидеральных культур наиболее требовательными являются горох и рапс. Содержание в почве питательного вещества уменьшилось в этот период до 11–13 мг/кг. Однако как через месяц, так и через год после заделки в почву растений рапса наблюдалось повышение содержания подвижного фосфора более чем на 20 мг/кг почвы. Также высокие результаты зафиксированы на участках, где произрастал люпин. Через год после заделки содержание подвижного фосфора в почве превышало 50 мг/кг. На участках с горчицей, гречихой, горохом в качестве сидеральных культур также наблюдалось увеличение подвижного фосфора после их заделки во все годы исследований (до 40–45 мг/кг).



**Рисунок 2 – Динамика подвижного фосфора в почве в 2011–2013 годах**

Динамика обменного калия в почве в зависимости от сидеральной культуры за 2011–2013 годы представлена на рисунке 3.



**Рисунок 3 – Динамика обменного калия в почве в 2011–2013 годах**

В начале вегетации сидеральных культур на опытных участках количество в почве обменного калия во все годы исследования колебалось от 380 до 450 мг/кг. Самой требовательной к наличию этого питательного вещества оказалась гречиха. Однако после заделки в почву содержание обменного калия увеличилось на 17–18 % и оказалось наибольшим среди остальных культур. На участках после горчицы с учетом того, что на них были наименьшие показатели этого вещества, произошло увеличение до 480 мг/кг обменного калия, что соответствует 16–17 %. На остальных участках через год после заделки сидеральных культур также зафиксировано значительное увеличение содержания обменного калия в почве, имеющего значение не меньше 114 % от периода начала вегетации.

Из показателей динамики питательных веществ следует, что по мере роста, развития и нарастания биомассы сидеральных культур содержание NPK в почве уменьшалось. Заделка сидеральных культур способствовала обогащению почв обменным калием на 14–17 %, подвижным фосфором – на 16–19 %, нитратным азотом – на 15–18 % в сравнении с наличием их в почве на начало вегетации. Заметное увеличение количества питательных веществ в почве по NPK происходило в слое 0–40 см.

Таким образом, использование сидеральных культур является дополнительным источником органического вещества, повышающим количество питательных веществ в почве.

При изучении влияния сидеральных культур на урожайность картофеля был выбран сорт Жуковский ранний.

В таблице 4 приведены данные о влиянии сидеральных культур на урожай и качество клубней картофеля летней посадки.

**Таблица 4 – Влияние сидеральных культур на урожайность и качество клубней картофеля, сорт Жуковский ранний**

Культура	Урожайность, ц/га	Заражение болезнями, %	Средняя масса клубней, г	Содержание крахмала, %
Гречиха	36,9	14	83,2	11,8
Люпин	41,0	13	85,6	13,2
Горчица	42,7	11	96,8	12,6
Рапс	38,1	16	71,4	12,4
Горох	41,6	13	89,3	13,5
Без сидерата	34,7	18	64,5	11,0

При оценке используемых в опыте культур как фитосанитаров установлено, что наилучшее воздействие на картофель оказала горчица: заражение болезнями клубней картофеля составило 11 %. Значимое воздействие на картофель оказали горох и люпин, поражено заболеваниями оказалось 13 % клубней на обоих участках. На опытных участках, где предшественником являлась горчица, повреждение клубней картофеля составило 14 %. Больше количество зараженных болезнями клубней зафиксировано на опытных участках, предшественником на которых являлся рапс. Поврежденными болезнями на этих участках оказались 16 % клубней. В варианте без сидерата зараженность клубней болезнями составила 18 % и оказалась наибольшей.

Высокими показателями массы клубней обладал картофель на участках, где предшественником являлась горчица; средняя масса товарного клубня составляла 96,8 г. Немного меньшей была средняя масса клубня на участках с горохом в качестве предшественника (89,3 г). На участках с люпином и гречихой зафиксирована средняя масса клубня 85,6 и 83,2 г соответственно. На опытных участках, где предшественником являлся рапс, средняя масса клубней составила 71,4 г. В варианте без сидерата средняя масса клубня составила 64,5 г.

Учет урожайности картофеля летней посадки показал, что на опытных участках, где сидератом являлась горчица, урожай был наибольшим – 42,7 ц/га. Немного меньшей была урожайность после бобовых. На опытном участке, где в качестве сидерата был горох, урожайность картофеля составила 41,6 ц/га, люпина – 41,0 ц/га. Минимальные показатели урожайности картофеля были получены на участках, где сидератом являлись рапс и гречиха. Урожайность картофеля на этих участках составляла 38,1 и 36,9 ц/га соответственно. В варианте без сидерата зафиксирована минимальная урожайность клубней картофеля – 34,7 ц/га.

Сопоставив результаты, полученные при уборке урожая, можно сделать вывод, что наибольшее положительное влияние на урожайность и качество клубней картофеля оказала горчица. Вариант без сидерата оказался самым непродуктивным.

### **Список использованных источников**

1 Иванова, Н. А. Влияние сидерации почв на продуктивность последующих сельскохозяйственных культур / Н. А. Иванова, Г. А. Сенчуков, Е. Н. Лунева // Сб. науч. тр. / НГМА. – Новочеркасск, 1996.

2 Кульбида, В. В. Пожнивные посевы на корм и зеленое удобрение / В. В. Кульбида, А. А. Артюшенко // Земледелие. – 1991. – № 11. – С. 50–52.

3 Довбан, К. И. Зеленое удобрение / К. И. Довбан. – М.: Агропромиздат, 1992. – 260 с.

4 Довбан, К. И. Зеленое удобрение в современном земледелии: вопросы теории и практики / К. И. Довбан. – Минск: Беларус. наука, 2009. – 404 с.

5 Ночайкина, Г. М. Влияние различного соотношения органических и минеральных удобрений при программировании урожая на качество и сохранность картофеля сорта Невский / Г. М. Ночайкина // Агротехнические факторы повышения урожайности сельскохозяйственных культур в Ивановской области: сб. науч. работ. – СПб., 1992. – С. 52.

6 Монастырский, В. А. Возделывание сидеральных культур и их влияние на урожайность и качество клубней картофеля летней посадки [Электронный ресурс] / В. А. Монастырский // Научный журнал КубГАУ: политематический сетевой электрон. журн. / Кубанский гос. аграрн. ун-т. – Электрон. журн. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – № 92(08). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/08/pdf>.

УДК 631.432:626.86

**С. К. Матус, А. Н. Рокочинский**

Национальный университет водного хозяйства и природопользования, Ровно, Украина

## **ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКОГО, МЕЛИОРАТИВНОГО И РЕЛЬЕФНОГО ФАКТОРОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ ВОДНОГО РЕЖИМА ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ**

Рассмотрены подходы к оценке и выполнена оценка дифференцированного воздействия природно-климатических, технологических и рельефных факторов на условия формирования водного режима осушаемых земель в условиях рельефной дифференциации территории. В статье приведены результаты исследований, проведенных на осушительно-увлажнительной системе Сарненской научно-опытной станции Института водных проблем и мелиорации НААН Украины в течение 2002–2009 гг. на площади 26 га. Проведенный сравнительный анализ варьирования долевого участия климатического, технологического и рельефного факторов в воздействии на водный режим по усредненным значениям каждого из исследуемых показателей водорегулирования и вариантам рельефных условий показал, что доленое участие влияния рельефа местности в регулируемых условиях, по сравнению с нерегулируемыми, может быть уменьшено в среднем с 0,27 до 0,09, при этом доленое участие влияния климатического фактора увеличивается в среднем с 0,69 до 0,83, а технологического – с 0,06 до 0,15. Полученные данные убедительно свидетельствуют о том, что в регулируемых условиях доленое участие рельефного фактора может быть уменьшено в несколько раз.

Ключевые слова: климатический, мелиоративный и рельефный факторы; водный режим; осушаемые земли.

Существование природных комплексов в пределах единой системы возможно и осуществляется при условии их постоянного обмена веществом и энергией [1, 2]. Это в полной мере справедливо и отно-

сительно сложных природно-технических систем, к которым относятся мелиоративные системы, и их определяющей составляющей – водного режима почв [3].

В таких системах направление, интенсивность и взаимодействие потоков вещества и энергии под воздействием природных и техногенных факторов определяют состояние и развитие процессов не менее сложной подсистемы низшего уровня подчинения – мелиоративного поля – в виде системы «почва – растение – приземной слой воздуха», управление которой является главным заданием гидромелиораций.

В связи с этим, по мнению авторов, заслуживает внимания и является очень актуальным с точки зрения эффективности реализации гидромелиораций вообще вопрос определения как совместного воздействия, так и долевого участия природных (климатических), техногенных (мелиоративных) и рельефных факторов в формировании водного режима осушаемых земель в условиях рельефной дифференциации их территории.

Практическая реализация сформулированного задания должна строиться на использовании определенной совокупности показателей водного режима осушаемых земель на основании схематизированных природно-мелиоративных условий, обосновании и определении базы их сравнения, разработке соответствующей модели оценки.

Данный вопрос решался на примере осушительно-увлажнительной системы (ОУС) Сарненской научно-опытной станции Института водных проблем и мелиорации НААН Украины на протяжении 2002–2009 гг., как объекты исследований рассмотрены опытные участки общей площадью 26 га. Условия объекта являются репрезентативными относительно вида и состава торфяных почв, выращиваемых культур, рельефных условий, что дало возможность получить результаты, пригодные к использованию на осушаемых землях Полесья, где торфяные почвы составляют больше 30 %.

Для реализации поставленных задач проводились исследования по трем вариантам относительно рельефной дифференциации территории данных объектов. Выполненная организация территории предусматривала идентификацию площадей в пределах выделенных контуров на уровне поля по рельефным условиям (уклону поверхности



земли  $i$  и перепадам поверхности земли  $\Delta H_{gi}$ ) и условиям водорегулирования по вариантам:

- вариант 1 – (эталон) характеризуется имеющимися выровненными рельефными условиями и условиями водорегулирования (уклон поверхности земли  $i=0...0,001$ , перепады поверхности земли  $\Delta H_{gi}=0,1...0,3$  м);

- вариант 2 – характеризуется имеющимися невыровненными рельефными условиями и условиями водорегулирования (уклон поверхности земли  $i>0,004$ , перепады поверхности земли  $\Delta H_{gi}>0,6$  м);

- вариант 3 – характеризуется созданными выровненными рельефными условиями и условиями водорегулирования (уклон поверхности земли  $i=0,001...0,003$ , перепады поверхности земли  $\Delta H_{gi}=0,2...0,4$  м).

Полевые исследования на опытных участках системы для различных вариантов рельефных условий заключались в изучении и анализе условий формирования водного режима, продуктивности выращиваемых многолетних трав относительно соответствующих способов водорегулирования общепринятыми методами ( $s=1$  – осушение;  $s=2$  – предупредительное шлюзование;  $s=3$  – непрерывное увлажнительное шлюзование) в условиях обеспеченности осадками, которая изменялась от  $p=16,6\%$  до  $p=83,4\%$  [4].

Для снятия ограничений полевого эксперимента относительно исследуемых рельефных условий и условий влагообеспеченности в разные годы при разных технологиях водорегулирования выполнен также машинный эксперимент, в рамках которого реализованы аналогичные варианты рельефных условий объектов и способов водорегулирования по всему возможному спектру лет расчетной влагообеспеченности ( $p=10, 30, 50, 70, 90\%$ ) при выращивании многолетних трав на торфяных почвах по установленным в полевом эксперименте параметрам уровней грунтовых вод (УГВ) и влагозапасов почвы. Машинный эксперимент основан на использовании комплекса прогнозно-имитационных моделей, разработанных в научно-исследовательской лаборатории кафедры природообустройства и гидромелиораций НУВГП (г. Ровно), реализация которых регламен-

тирована соответствующими отраслевыми нормативами Госводагента Украины [5–7].

По результатам полевых исследований на опытных участках и машинного эксперимента авторами обоснованы уточненные параметры водорегулирования по исследуемым показателям (УГВ, влажности почвы, показателю урожая), разным технологиям водорегулирования и вариантам рельефных условий (таблица 1).

**Таблица 1 – Обобщенная характеристика исследуемых показателей водорегулирования по разным технологиям и вариантам рельефных условий**

Способ водорегулирования	УГВ ( $H_g$ ), м	Влажность почвы ( $wh$ ), % ПВ	Относительный урожай ( $\beta_k^Y$ )
	$\frac{\min \dots \max}{\overline{H_g}}$	$\frac{\min \dots \max}{\overline{wh}}$	$\frac{\min \dots \max}{\overline{\beta_k^Y}}$
Вариант 1 – эталон			
Осушение	$\frac{0,70 \dots 0,93}{0,81}$	$\frac{57 \dots 73}{65}$	$\frac{0,62 \dots 0,73}{0,69}$
Предупредительное шлюзование	$\frac{0,68 \dots 0,87}{0,77}$	$\frac{60 \dots 78}{69}$	$\frac{0,70 \dots 0,85}{0,78}$
Непрерывное увлажнительное шлюзование	$\frac{0,66 \dots 0,82}{0,74}$	$\frac{63 \dots 79}{71}$	$\frac{0,74 \dots 0,92}{0,83}$
Вариант 2 – нерегулируемые условия			
Осушение	$\frac{0,65 \dots 1,32}{0,99}$	$\frac{37 \dots 79}{58}$	$\frac{0,52 \dots 0,65}{0,59}$
Предупредительное шлюзование	$\frac{0,62 \dots 1,24}{0,95}$	$\frac{45 \dots 81}{62}$	$\frac{0,62 \dots 0,71}{0,67}$
Непрерывное увлажнительное шлюзование	$\frac{0,58 \dots 1,12}{0,85}$	$\frac{51 \dots 83}{67}$	$\frac{0,65 \dots 0,76}{0,70}$
Вариант 3 – регулируемые условия			
Осушение	$\frac{0,69 \dots 0,96}{0,83}$	$\frac{55 \dots 75}{65}$	$\frac{0,60 \dots 0,71}{0,66}$
Предупредительное шлюзование	$\frac{0,67 \dots 0,88}{0,78}$	$\frac{59 \dots 78}{68}$	$\frac{0,70 \dots 0,82}{0,76}$
Непрерывное увлажнительное шлюзование	$\frac{0,67 \dots 0,83}{0,76}$	$\frac{60 \dots 78}{70}$	$\frac{0,72 \dots 0,89}{0,81}$
Примечание – $\beta_k^Y$ – относительный показатель урожая выращиваемых культур (отношение фактического к потенциально возможному или максимально достигнутому урожаю); $\overline{H_g}$ , $\overline{wh}$ , $\overline{\beta_k^Y}$ – средние значения соответственно УГВ, влажности и показателя урожая для лет разной влагообеспеченности.			

Установлено, что в нерегулируемых условиях (вариант 2) размах варьирования параметров водорегулирования по исследуемым показателям составляет: по УГВ – 0,58–1,23 м, по влажности – 44–81 % ПВ; происходит повышение показателя относительного урожая

до 0,60–0,71. В регулируемых условиях (вариант 3) происходят существенное сужение размаха варьирования по УГВ до 0,68–0,85 м, по влажности – до 59–77 % ПВ и повышение показателя относительного урожая до 0,67–0,81, что приближается к эталону (вариант 1).

Следовательно, рельефная дифференциация организации территории и управления водорегулированием дает возможность уменьшить размах варьирования параметров водорегулирования в среднем на 20–25 % и повысить урожайность многолетних трав на 10–15 %.

На основании уточненных параметров водорегулирования выполнена оценка долевого участия климатического, мелиоративного и рельефного факторов в воздействии на условия формирования водного режима осушаемых земель при разных технологиях водорегулирования в разных рельефных условиях.

Для этого авторами усовершенствован метод оценки долевого участия влияния определяющих факторов на водный режим осушаемых земель, который, в отличие от предложенного ранее [3], дает возможность вместе с климатическими и технологическими факторами определить влияние рельефа местности по усредненным значениям каждого из исследуемых показателей водорегулирования (УГВ  $Hg$ , влажности почвы  $wh$  и урожая многолетних трав  $Y_k$ ) совокупности  $\{z\}$ ,  $z=\overline{1, n_z}$  ( $n_z=3$ ), относительно изменения климата  $\{p\}$ ,  $p=\overline{1, n_p}$ , технологий водорегулирования  $\{s\}$ ,  $s=\overline{1, n_s}$ , и условий рельефа  $\{j\}$ ,  $j=\overline{1, n_j}$ .

Результат общего воздействия климатического, мелиоративного и рельефного факторов на условия формирования водного режима выглядит так:

$$\alpha_{psj}^{\omega} + \alpha_{psj}^m + \alpha_{psj}^r = 1, \quad p=\overline{1, n_p}; \quad s=\overline{1, n_s}; \quad j=\overline{1, n_j}, \quad (1)$$

где  $\alpha_{psj}^{\omega}$ ,  $\alpha_{psj}^m$ ,  $\alpha_{psj}^r$  – соответствующие значения долевого участия влияния климатического (индекс  $\omega$ ), мелиоративного (индекс  $m$ ) и рельефного (индекс  $r$ ) факторов на формирование водного режима осушаемых земель.

Наличие эталона среди вариантов опыта дало возможность выделить рельефный фактор, а при работе системы в режиме осушения ( $s=1$ ) в качестве базы сравнения было установлено доленое участие

влияния климатического и мелиоративного факторов на условия формирования водного режима осушаемых земель по разным технологиям водорегулирования в  $p$ -тые относительно расчетной влагообеспеченности периоды вегетации.

Исходя из принятой базы сравнения, в выражении (1) долевое участие влияния рельефного фактора может быть определено как

$$\alpha_{psj}^r = \alpha_{psj}^r - \alpha_{ps1}^r, \quad p = \overline{1, n_p}; \quad s = \overline{1, n_s}; \quad j = \overline{1, n_j},$$

а долевое участие влияния климатического фактора – через соотношение:

$$\alpha_{psj}^\omega = \frac{Z_{p1j}}{Z_{psj}}, \quad p = \overline{1, n_p}; \quad s = \overline{1, n_s}; \quad j = \overline{1, n_j},$$

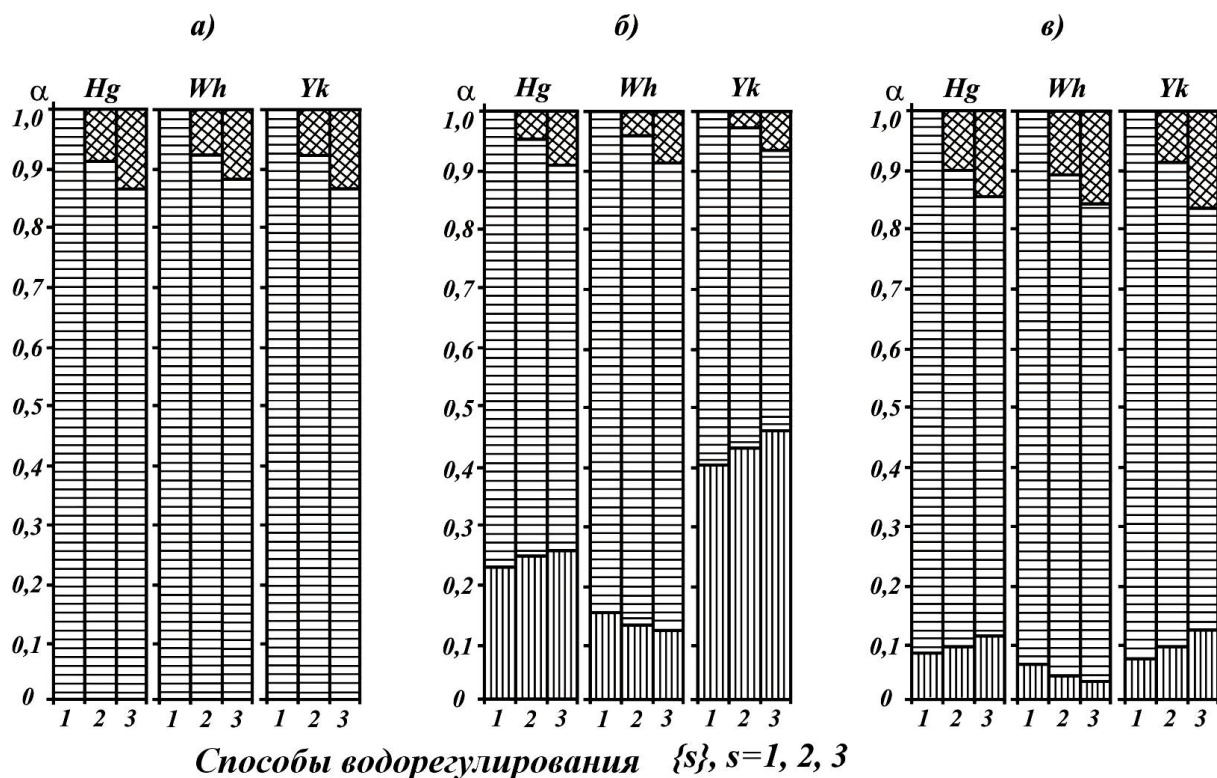
где  $Z_{p1j}$ ,  $Z_{psj}$  – соответствующие значения показателя водного режима при работе в режиме осушения ( $s=1$ ) в качестве базы сравнения и для других ( $s=\overline{2, n_s}$ ) способов водорегулирования в  $p$ -тые относительно расчетной влагообеспеченности периоды вегетации.

Тогда долевое участие влияния мелиоративного фактора может быть определено из выражения (1):

$$\alpha_{psj}^m = 1 - (\alpha_{psj}^\omega + \alpha_{psj}^r), \quad p = \overline{1, n_p}; \quad s = \overline{1, n_s}; \quad j = \overline{1, n_j}.$$

Результаты расчета в виде столбиковой диаграммы варьирования значений  $\alpha_{psj}^\omega$ ,  $\alpha_{psj}^m$  и  $\alpha_{psj}^r$  для совокупности исследуемых показателей водорегулирования ( $Hg$ ,  $wh$ ,  $Y_k$ ) относительно технологий  $\{s\}$ ,  $s = \overline{1, n_s}$ , и условий рельефа  $\{j\}$ ,  $j = \overline{1, n_j}$ , по вариантам опыта наглядно представлены на рисунке 1.

Проведенный сравнительный анализ варьирования долевого участия климатического, технологического и рельефного факторов в воздействии на водный режим по усредненным значениям каждого из исследуемых показателей водорегулирования и вариантам рельефных условий показывает, что долевое участие влияния рельефа местности в регулируемых условиях, по сравнению с нерегулируемыми, может быть уменьшено в среднем с 0,27 до 0,09, при этом долевое участие влияния климатического фактора увеличивается в среднем с 0,69 до 0,83, а технологического – с 0,06 до 0,15.



- –  $\alpha_{psj}^{\omega}$ , долевое участие влияния климатического фактора;
  - ▨ –  $\alpha_{psj}^m$ , долевое участие влияния мелиоративного фактора;
  - ▩ –  $\alpha_{psj}^r$ , долевое участие влияния рельефного фактора;
- $s = 1$  – осушение,  $s = 2$  – предупредительное шлюзование,  
 $s = 3$  – непрерывное увлажнительное шлюзование.

**Рисунок 1 – Значения долевого участия влияния климатического, мелиоративного и рельефного факторов для совокупности исследуемых показателей водного режима относительно способов водорегулирования**

Полученные данные убедительно свидетельствуют о том, что в регулируемых условиях долевое участие рельефного фактора может быть уменьшено в несколько раз.

#### Список использованных источников

- 1 Воронин, А. Д. Структурно-функциональная гидрофизика почв / А. Д. Воронин. – М.: Изд-во МГУ, 1984. – 204 с.
- 2 Воронин, А. Д. Основы физики почв: учеб. пос. / А. Д. Воронин. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986. – 244 с.
- 3 Рокочинський, А. М. Наукові та практичні аспекти оптимізації водорегулювання осушуваних земель на еколого-економічних засадах: монографія / А. М. Рокочинський; за ред. М. І. Ромашенка. – Рівне: НУВГП, 2010. – 351 с.
- 4 Матус, С. К. Режимно-технологические аспекты водорегулирования осушае-

мых земель на основе природно-ландшафтной дифференциации территории по модульному принципу / С. К. Матус // Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания: сб. матер. Междунар. науч.-практ. конф., г. Брест, 25–27 сентября 2013 г. / Брестский гос. техн. ун-т. – Брест: БрГТУ, 2013. – С. 128–134.

5 Метеорологічне забезпечення інженерно-меліоративних розрахунків у проектах будівництва й реконструкції осушувальних систем: посібник до ДБН В.2.4-1-99 «Меліоративні системи та споруди» (Розділ 3. Осушувальні системи). – Київ, 2008. – 63 с.

6 Обґрунтування ефективної проектної врожайності на осушуваних землях при будівництві й реконструкції меліоративних систем: посібник до ДБН В.2.4-1-99 «Меліоративні системи та споруди» (Розділ 3. Осушувальні системи). – Київ, 2006. – 50 с.

7 Тимчасові рекомендації з прогносної оцінки водного режиму та технологій водорегулювання осушуваних земель у проектах будівництва й реконструкції меліоративних систем / А. М. Рокочинський, Н. А. Фроленкова, С. В. Шалай, П. І. Мендусь [та ін.]. – Рівне: НУВГП, 2011. – 54 с.

УДК 635.657:631.5:631.6

**Н. Н. Лавренко, С. О. Лавренко**

Херсонский государственный аграрный университет, Херсон, Украина

## **ОКУПАЕМОСТЬ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ НУТА В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ СТЕПИ УКРАИНЫ**

Приведены результаты исследований по усовершенствованию элементов технологии выращивания нута в условиях юга Украины, проведенных в течение 2012–2014 годов на землях сельскохозяйственного кооператива «Радянська земля» Белозерского района Херсонской области. В полевых опытах изучались следующие факторы: основная обработка почвы, фон питания, густота растений, условия увлажнения. Агротехника нута была общепринятой для условий юга Украины. Проведенные исследования показали, что наибольшая окупаемость одного килограмма действующего вещества минеральных удобрений приростом урожая зерна нута – 7,04 кг – в орошаемых условиях была получена при проведении отвальной обработки почвы на глубину 28–30 см, внесении минеральных удобрений дозой  $N_{45}P_{45}$  и загущении растений 1,5 млн шт./га. В неорошаемых условиях наибольшая окупаемость в размере 2,55 кг получена в аналогичных условиях.

Ключевые слова: технология выращивания, нут, основная обработка почвы, минеральные удобрения, загущение растений, орошение, окупаемость удобрений, действующее вещество.

**Введение.** В условиях продолжающегося общемирового кризиса экономики резко снизилось применение всех видов удобрений, химических мелиорантов и средств защиты растений, что привело к невосполнимому расходованию накопленных запасов элементов почвенного плодородия, и в итоге – к снижению продуктивности пашни [1].

Учеными доказано, что даже при нынешнем диспаритете цен в мире можно добиться высокой окупаемости внесенных питательных веществ путем научно обоснованного подбора вида, дозы и способа применения удобрений по результатам почвенно-растительной диагностики в соответствии с биологическими требованиями растений [2, 3]. За счет этого может быть получено до 50–60 % прироста урожайности сельскохозяйственных культур [1]. На орошаемых землях долевое участие орошения в формировании урожая составляет 40–50 %, удобрений – 30–40 %, причем общая продуктивность повышается почти в три раза.

Показатели эффективности использования удобрений являются одними из основных показателей, характеризующих деятельность сельскохозяйственных предприятий. От их величины зависят объем реализации продукции, уровень ее себестоимости, прибыли, рентабельности, финансовое положение предприятия, его платежеспособность и другие экономические показатели. Поэтому анализ хозяйственной деятельности необходимо начинать с изучения эффективности использования удобрений [4, 5].

Агрономическая эффективность удобрений – это количество сельскохозяйственной продукции, полученное от применения удобрений. Она выражается в виде прибавки урожая сельскохозяйственных культур в килограммах на 1 кг действующего вещества минеральных удобрений или на 1 т органических удобрений.

Применение удобрений довольно хорошо окупается во всех странах. По данным ФАО, коэффициент корреляции собранного урожая с объемами применения минеральных удобрений в 40 странах мира составляет в последние годы 0,83–0,85. Доля удобрений в урожае постоянно увеличивается. В зависимости от уровня химизации земледелия доля элементов питания удобрений в урожае стран Западной Европы составляет 60–75 %, Франции – 50–70 %, США – 50 %, России – 10 %. В то же время в силу разных причин эффективность применения удобрений довольно низкая. Окупаемость 1 кг NPK зерном в хозяйствах составляет 4–6 кг, в то время как в полевых опытах научных учреждений достигает 12–14 кг. По нормам ФАО оптимальным считается 10–12 кг зерна на 1 кг NPK. Несмотря на то, что не использованные урожаем текущего года элементы питания могут быть

использованы растениями в последующие годы (в последствии), с экономической точки зрения пролонгированное действие удобрений является замораживанием средств, снижающим их оборот и эффективность вложения. Поэтому необходимо принятие соответствующих мер для повышения использования элементов питания в год внесения [1, 6, 7].

По данным многочисленных полевых опытов, окупаемость 1 кг д. в. минеральных удобрений прибавкой урожая основной продукции (в килограммах) озимой пшеницы составляет 3,5–6,5, озимой ржи – 3,5–6,2, яровой пшеницы – 3,4–6,0, ячменя – 3,2–8,0, овса – 2,5–7,0, кукурузы – 2,2–7,0, риса – 5,7–12,0, картофеля – 20–50, сахарной свеклы – 18–70, льносоломы – 4,0–8,5, подсолнечника – 2,0–4,0, овощей – 10–50, сена трав – 7–25, плодов и ягод – 10–35 [6].

Практика показывает, что самая высокая окупаемость прибавкой урожая единицы вносимых удобрений наблюдается при применении невысоких доз. Однако поскольку прибавка урожая с единицы площади при внесении малых доз удобрений также невелика, то затраты на внесение таких доз удобрений могут не окупаться прибавкой урожая. При увеличении доз удобрений до определенного уровня прибавки урожая и доходы возрастают, однако окупаемость единицы вносимых удобрений урожаем постепенно снижается. При дальнейшем увеличении доз удобрений до определенного уровня прибавки урожая не окупают затраты на их применение. Опыт показывает, что более выгодно применять меньшие дозы удобрений на большей площади и получать при этом больший валовой урожай, нежели использовать высокие дозы удобрений на меньшей площади [6].

В современных условиях важно не только определить эффективность удобрений в текущем году, но и оценить на основе конъюнктуры рынка продукции растениеводства и удобрений рентабельность применения удобрений на ближайшую перспективу [6, 7].

В настоящее время доля минеральных удобрений в формировании общей продуктивности пахотных земель составляет 40–45 %. Главная задача повышения эффективности применения средств химизации состоит в повышении окупаемости минеральных удобрений до 8,0 кг на 1 кг NPK [1, 4, 5].



**Материал и методы.** Исследования по усовершенствованию элементов технологии выращивания нута в условиях юга Украины были проведены в течение 2012–2014 годов на землях сельскохозяйственного кооператива «Радянська земля» Белозерского района Херсонской области.

В полевых опытах изучались такие факторы и их варианты: фактор А – основная обработка почвы: отвальная на глубину 20–22 см, отвальная на глубину 28–30 см; фактор В – фон питания: без удобрений, N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>, N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>; фактор С – загущение растений, млн шт./га: 0,5; 1,0; 1,5; фактор D – условия увлажнения: без орошения, на фоне орошения.

Полевые опыты были заложены в четырехкратной повторности. Расположение вариантов осуществлялось методом расщепленных делянок. Учетная площадь участков четвертого порядка составляла 57,6 м<sup>2</sup>. Во время проведения исследований руководствовались общепризнанной методикой проведения полевых опытов.

Агротехника нута была общепринятой для условий юга Украины. В опытах выращивали сорт нута Розанна. После уборки предшественника (озимой пшеницы на зерно) проводили двукратное дискование стерни на глубину 6–8 и 10–12 см. Основную обработку почвы выполняли на глубину, соответствующую схеме опытов. Под основную обработку вносили минеральные удобрения сеялкой СЗ-3,6 в дозе, соответствующей схеме опытов. С целью дополнительного уничтожения сорняков и выравнивания почвы выполняли основную культивацию на глубину 12–14 см.

При наступлении физической спелости почвы весной проводили боронование. Предпосевную культивацию выполняли на глубину заделки семян. Посев выполнялся на глубину 5–7 см трактором John Deere 8400 с сеялкой John Deere 740А. Норму высева устанавливали согласно схеме опытов.

Семена за 1–2 часа до посева обрабатывали биопрепаратами селекционных высокоэффективных штаммов клубеньковых бактерий (ризобифит нутовый + фосфоэнтерин + биополицид) при расчетной дозе инокулюма 10<sup>6</sup> бактерий на 1 семя. После посева поле прикатывали.

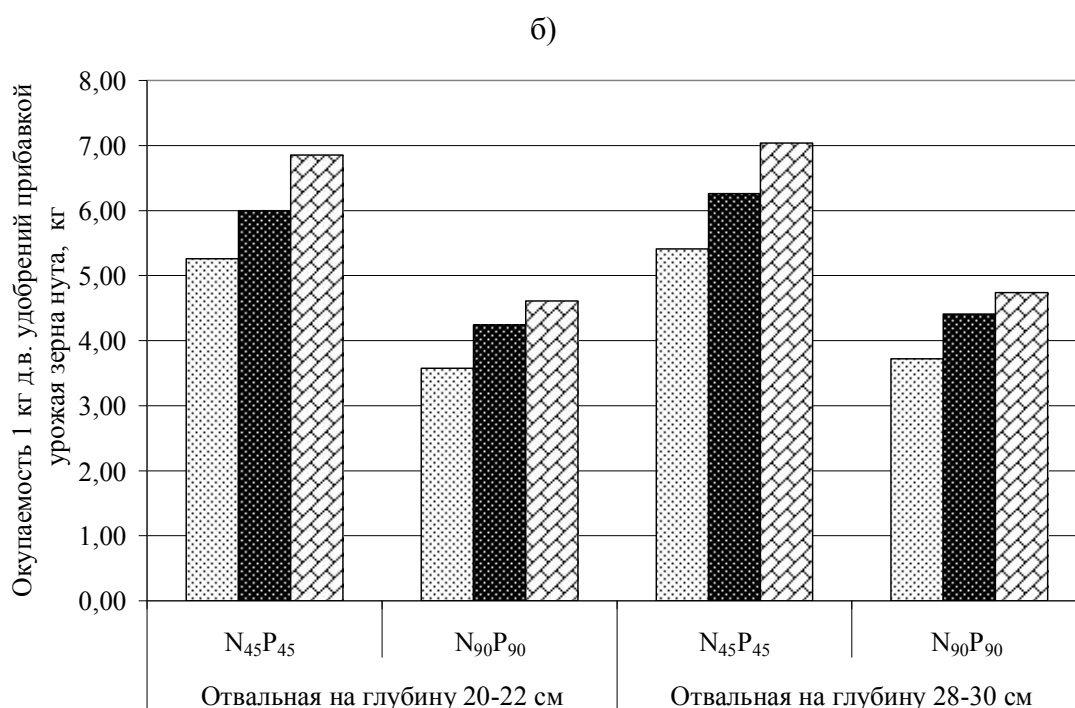
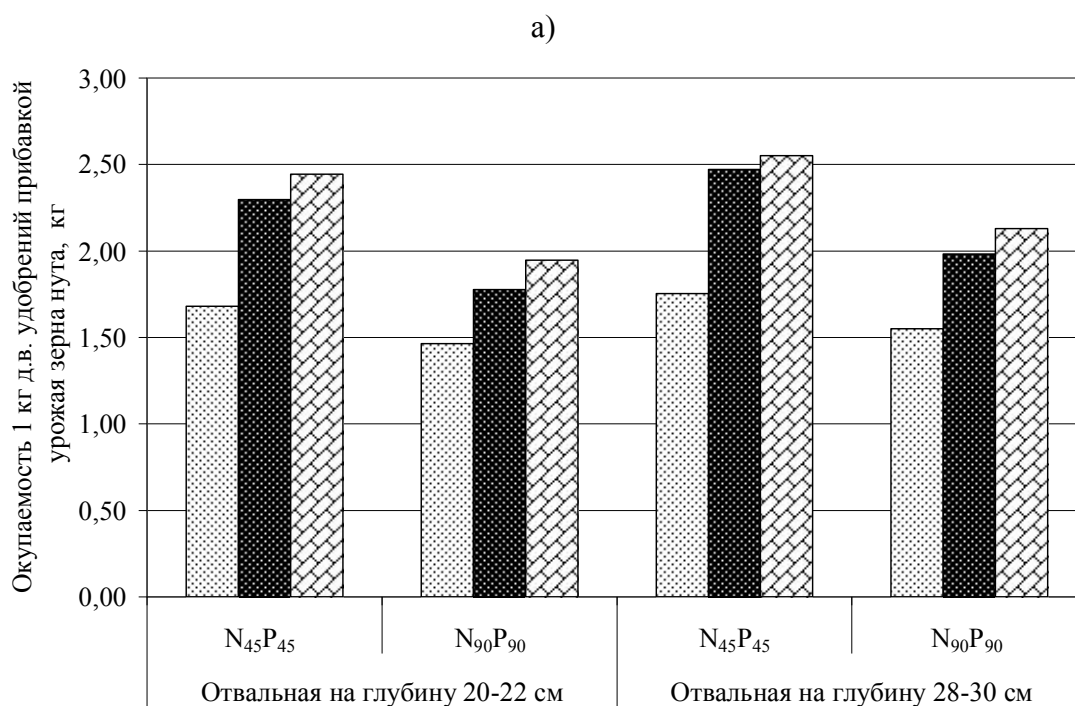
Для борьбы с сорняками до всходов культуры вносили почвенный гербицид Гезагард 500 FW к. с. нормой 3,0 л/га. Против вредителей в фазу «бутонизация – начало цветения» использовали инсектицид Нурел Д нормой 1,0 л/га.

Во время проведения опытов влажность почвы поддерживали на уровне 75–80 % НВ в вариантах орошения. Уборку зерна проводили прямым комбайнированием при полной спелости бобов.

**Результаты и обсуждение.** Окупаемость внесенных минеральных удобрений существенно изменяется в зависимости от применяемых технологических приемов выращивания культуры. Когда питательные вещества полностью удовлетворяют потребность растения при оптимальном поступлении всех факторов жизни, производственники могут добиться максимального эффекта. В условиях аридного климата, когда величина урожая обуславливается наличием влаги, биологическая эффективность удобрений минимальна. В условиях орошения, наоборот, лимитирующим фактором выступает наличие питательных веществ. В этих условиях они максимально реализуются в приросте урожая и, следовательно, формируется максимальный уровень их окупаемости.

Проведенные исследования показали, что в неорошаемых условиях окупаемость одного килограмма действующего вещества минеральных удобрений приростом урожайности зерна нута в среднем за годы исследований составила 2,00 кг (рисунок 1), что значительно ниже оптимальных показателей. Выращивание нута на орошаемых площадях увеличило эффективность внесения питательных веществ в 2,59 раза.

Проведение отвальной обработки почвы на глубину 20–22 см сформировало окупаемость внесенных питательных веществ приростом урожая зерна нута в среднем за годы исследований 1,94 кг в неорошаемых условиях и 5,09 – при орошении. Увеличение глубины вспашки на 8 см в обоих случаях способствовало увеличению показателя на 6,7 и 3,3 % соответственно. Как видно, увеличение глубины отвальной обработки незначительно увеличило окупаемость минеральных удобрений приростом урожая зерна нута.



а – без орошения; б – на фоне орошения

**Рисунок 1 – Окупаемость одного килограмма действующего вещества минеральных удобрений прибавкой урожая зерна нута в зависимости от технологических приемов его выращивания (среднее за 2012–2014 гг.)**

Окупаемость минеральных удобрений существенно изменялась в зависимости от загущения растений. Увеличение количества расте-

ний на единицу площади повысило агрономическую эффективность использования действующего вещества удобрений. В вариантах природного увлажнения и загущения растений 0,5 млн шт./га окупаемость одного килограмма действующего вещества минеральных удобрений приростом урожайности зерна нута колебалась от 1,46 до 1,75 кг, при 1,0 млн шт./га – от 1,78 до 2,47 кг и при 1,5 млн шт./га – от 1,95 до 2,55 кг, что в сравнении с минимальным загущением было больше на 32,3 и 41,0 % соответственно. На фоне орошения показатель преобладал в 2,45–2,79 раза в сравнении с вариантами природного увлажнения. Наибольшая окупаемость одного килограмма действующего вещества минеральных удобрений приростом урожая зерна нута была отмечена при максимальном загущении растений (1,5 млн шт./га), что в среднем за годы исследований составило 5,81 кг. Уменьшение загущения растений на каждые 0,5 млн шт./га привело к снижению окупаемости на 11,1 и 29,4 % соответственно.

Наиболее интересным элементом агрономической эффективности внесенных удобрений является обоснование рациональности внесения той или иной нормы удобрений. В наших исследованиях наибольшая окупаемость одного килограмма действующего вещества минеральных удобрений приростом урожая зерна нута была на фоне внесения дозы  $N_{45}P_{45}$  при всех условиях увлажнения. Увеличение дозы питательных веществ снизило показатель эффективности. Так, выращивание зерна нута в неорошаемых условиях на юге Украины обеспечило окупаемость одного килограмма действующего вещества минеральных удобрений приростом урожая зерна нута от 1,68 до 2,55 кг. Увеличение дозы азотно-фосфорных удобрений до  $N_{90}P_{90}$  снизило показатель на 21,5 %.

В условиях орошения окупаемость одного килограмма действующего вещества минеральных удобрений приростом урожая зерна нута была значительно выше. При внесении наименьшей дозы удобрений показатель в среднем составил 6,14 кг, что в 2,79 раза больше в сравнении с неорошаемыми условиями. Увеличение внесенных питательных веществ в два раза привело к снижению окупаемости одного килограмма действующего вещества минеральных удобрений приростом урожая зерна нута на 45,5 % – до 4,22 кг

**Выводы.** Проведенные исследования показали, что наибольшая окупаемость одного килограмма действующего вещества минераль-

ных удобрений приростом урожая зерна нута – 7,04 кг – в орошаемых условиях была получена при проведении отвальной обработки почвы на глубину 28–30 см, внесении минеральных удобрений дозой  $N_{45}P_{45}$  и загущении растений 1,5 млн шт./га, а в неорошаемых – 2,55 кг в аналогичных условиях.

### **Список использованных источников**

1 Мерзликин, А. С. Проблемы рационального использования удобрений и средств химической защиты растений в сельском хозяйстве России: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.04 / Мерзликин Анатолий Сергеевич. – М.: РГЛУ – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2009. – 20 с.

2 В Украине производители повысили цены на минудобрения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://zol.ru/z-news/showlinks.php?id=105072#>, 2014.

3 Прошкин, В. А. Сравнительная эффективность минеральных удобрений на различных почвах / В. А. Прошкин, А. П. Смирнов // Агрохимия. – 1994. – № 5. – С. 35–39.

4 Ионас, В. А. Система удобрения сельскохозяйственных культур / В. А. Ионас. – Минск: Ураджай, 1998. – 287 с.

5 Рыбалкин, П. Н. Повышение эффективности производства зерна / П. Н. Рыбалкин. – М.: Агропромиздат, 1990. – 224 с.

6 Эффективность применения удобрений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://activestudy.info/effektivnost-primeneniya-udobrenij>, 2014.

7 Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://faostat.fao.org/faostat>, 2014.

УДК 633.174:631.587:333

**С. Г. Балакай**

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

## **АНАЛИЗ ЗАТРАТ НА ВОЗДЕЛЫВАНИЕ СОРГО ЗЕРНОВОГО ПРИ ОРОШЕНИИ**

Целью исследований являлось изучение влияния орошения на урожайность сорго зернового. В статье приводится анализ затрат на возделывание сорго: прямых, общехозяйственных и затрат на технологический процесс. Установлено, что для получения высокой урожайности 10 т/га зерна необходимо внести удобрения дозой  $N_{234}P_{100}K_{102}$ . В общем процессе возделывания сорго зернового при орошении наибольшими являются прямые затраты, в частности, стоимость удобрений составляет 45,3 % от всей суммы затрат. Затраты на общехозяйственные расходы составляют 18,0 %, на горюче-смазочные материалы – 15,2 %, или в стоимостном выражении соответственно 5330,9 и 4486,0 руб./га. В технологическом процессе наибольшая доля затрат приходится на зяблевую вспашку (11,78 %) и орошение (49,6 % от суммы всех затрат). Затраты

на каждый полив нормой 420 м<sup>3</sup>/га составили 868,7 руб./га, сумма затрат на орошение – 4343,5 руб./га.

Ключевые слова: сорго зерновое, затраты, орошение, удобрения, урожайность, технологический процесс.

Производство зерна в объемах, достаточных для обеспечения продовольственной безопасности страны, является одной из приоритетных задач агропромышленного комплекса России. Однако неблагоприятные для растений агроклиматические условия, создающиеся на огромной территории страны, не позволяют получать стабильную, высокую урожайность зерновых культур [1–7].

Исследования ФГБНУ «РосНИИПМ» показали, что одной из перспективных зерновых культур, способных при орошении формировать урожай зерна на уровне 12–14 т/га, является сорго зерновое. Однако сорго возделывается в основном на богарных землях и урожайность составляет всего 2–3 т/га [8]. Это связано с тем, что до настоящего времени не было разработанной технологии возделывания сорго зернового на орошаемых землях, поэтому разработка основных элементов технологии возделывания сорго при орошении – режима орошения и удобрения, способов полива – является актуальной и востребованной производством.

Для повышения эффективности возделывания сорго зернового при орошении необходимо регулярно проводить анализ элементов затрат на его производство.

Экономический анализ показал, что наиболее целесообразным режимом орошения является вариант 80 % НВ в слое 0,6 м, при котором получены наибольший доход 84,58 тыс. руб./га и рентабельность 269 %.

Экономически более выгодным является применение на орошаемых черноземах расчетных доз минеральных удобрений (N<sub>234</sub>P<sub>100</sub>K<sub>102</sub>) на планируемую урожайность 10–12 т/га, при которых обеспечивается получение дохода на уровне 73–80 тыс. руб./га и рентабельности 235–237 %.

В наших исследованиях проведен анализ затрат на примере возделывания сорго зернового в ЗАО «Нива» Веселовского района Ростовской области по разработанным технологическим картам и фактическим затратам, взятым из годового бухгалтерского отчета.

Проведенный анализ прямых, общехозяйственных затрат и затрат на технологический процесс показал, что для получения высокой урожайности порядка 10 т/га зерна необходимо внести удобрения дозой N<sub>234</sub>P<sub>100</sub>K<sub>102</sub>, т. е. около 450 кг/га в д. в. Их стоимость составила 13377,2 руб./га, а доля от всех затрат – 45,3 % (таблица 1).

**Таблица 1 – Затраты на возделывание сорго при орошении**

Статья затрат	Затраты, руб./га	Доля затрат, %
Семена, кг	1100,0	3,7
Удобрения (N <sub>234</sub> P <sub>100</sub> K <sub>102</sub> )	13377,2	45,3
Пестициды	990,0	3,3
Затраты на технологический процесс	4278,2	14,5
ГСМ	4486,0	15,2
Общехозяйственные расходы, 22 %	5330,9	18,0
Итого	29562,3	100,0

Следующими в общей доле затрат идут общехозяйственные расходы – 18,0 % – и затраты на горюче-смазочные материалы – 15,2 %, или в стоимостном выражении соответственно 5330,9 и 4486,0 руб./га.

На технологический процесс возделывания приходится 14,5 %, или в стоимостном выражении 4278,2 руб./га. Наглядно соотношение долей затрат на производство сорго показано на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Соотношение долей затрат на возделывание сорго зернового при орошении**

Высокая доля затрат на удобрения вызвана непропорциональным ростом их цены по сравнению с другими средствами производства и необходимостью внесения высокой дозы удобрений для получения плановой урожайности. В данном случае возможно снижение доз удобрений, но тогда и урожайность соответственно снизится, а все затраты на технологический процесс останутся без изменений [9].

Поэтому интересен анализ не только общих затрат, но и затрат по элементам технологии возделывания, т. е. элементам технологического процесса.

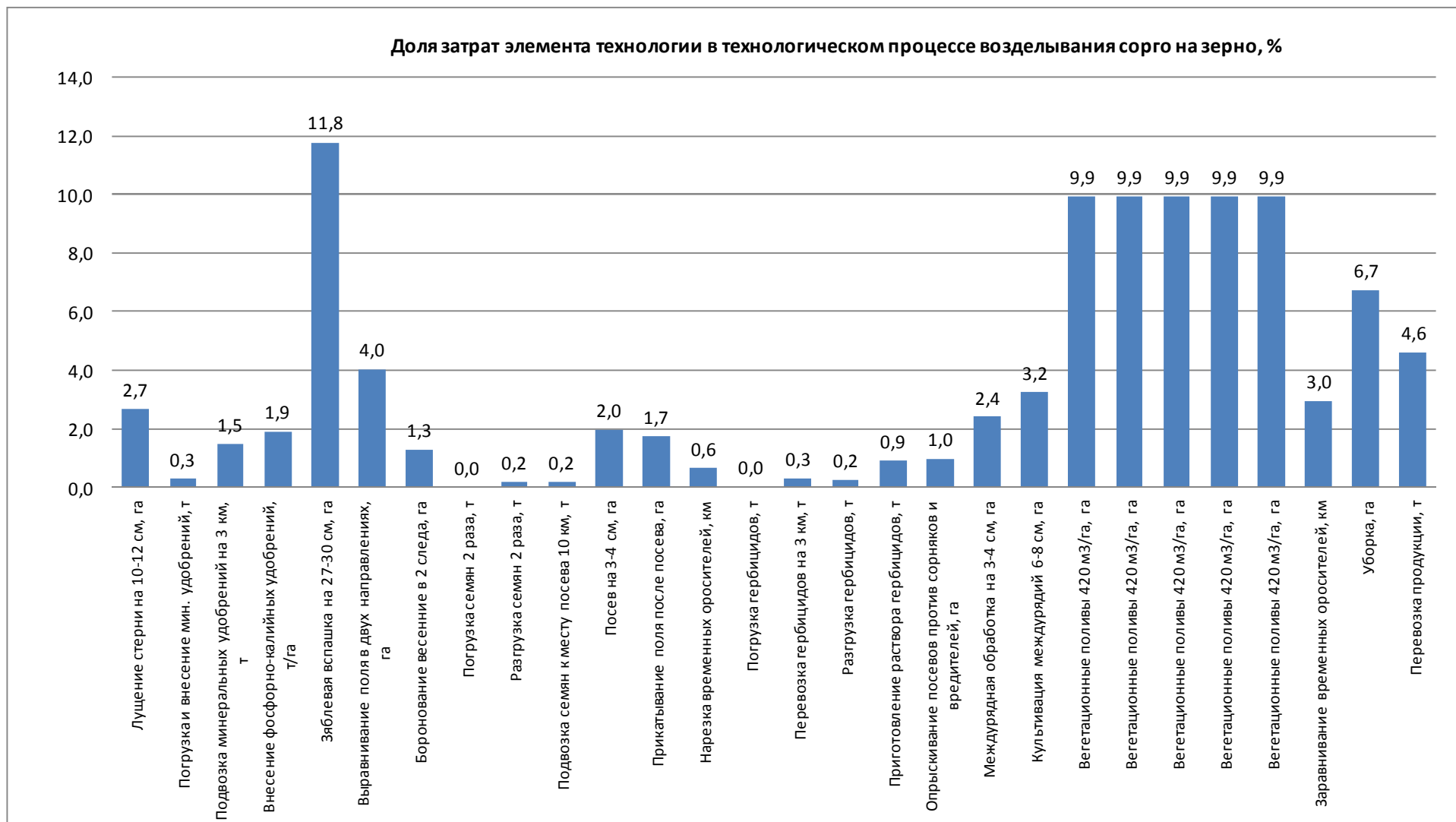
Такие сравнительные данные приведены в таблице 2. Как видно из данных таблицы 2, наибольшая доля затрат приходится на зяблевую вспашку (11,78 %) и орошение. Затраты на каждый полив поливной нормой 420 м<sup>3</sup>/га составили 868,7 руб./га, а таких поливов было пять, и сумма затрат на орошение составила 4343,5 руб./га, или 49,6 % от суммы всех затрат. Необходимо отметить, что полив производился дождевальными машинами ДДА-100ВХ. Видимо, для сокращения затрат на орошение необходимо заменить эти машины менее энергоемкими и более производительными [8, 10].

**Таблица 2 – Стоимость затрат по элементам технологического процесса возделывания сорго на зерно при орошении**

Операция технологического процесса	Стоимость работ, руб./га	Доля затрат элемента технологии, %
Лущение стерни	232,5	2,65
Погрузка минеральных удобрений и разбрасывание	24,0	0,27
Подвозка минеральных удобрений (3 км)	128,9	1,47
Внесение фосфорно-калийных удобрений	167,5	1,91
Зяблевая вспашка на 27–30 см	1032,2	11,78
Выравнивание поля в двух направлениях	353,5	4,03
Боронование весеннее в 2 следа	113,3	1,29
Погрузка семян, 2 раза	0,0	0,0
Разгрузка семян, 2 раза	16,0	0,18
Подвозка семян к месту посева (10 км)	15,6	0,18
Посев на 3–4 см	172,3	1,97
Прикатывание поля после посева	151,4	1,73
Нарезка временных оросителей	55,1	0,63
Погрузка гербицидов	1,6	0,02
Перевозка гербицидов (3 км)	26,5	0,30
Разгрузка гербицидов	21,4	0,24
Приготовление раствора гербицидов	79,9	0,91
Опрыскивание посевов	85,4	0,97
Междурядная обработка на 3–4 см	209,5	2,39
Культивация междурядий 6–8 см	282,6	3,22
Вегетационные поливы, 420 м <sup>3</sup> /га	868,7	9,91
Вегетационные поливы, 420 м <sup>3</sup> /га	868,7	9,91
Вегетационные поливы, 420 м <sup>3</sup> /га	868,7	9,91
Вегетационные поливы, 420 м <sup>3</sup> /га	868,7	9,91
Вегетационные поливы, 420 м <sup>3</sup> /га	868,7	9,91
Заравнивание временных оросителей	258,9	2,95
Уборка	590,0	6,73
Перевозка продукции	402,3	4,59
Всего по технологическому процессу	8764,2	100

Для наглядности приводим на рисунке 2 графическое изображение долей затрат в виде гистограммы.





**Рисунок 2 – Графическое изображение долей затрат (в процентах)**

Таким образом, в общем процессе возделывания сорго зернового при орошении прямые затраты являются наибольшими, в частности, стоимость удобрений составляет 45,3 % от всей суммы затрат. В технологическом процессе наиболее затратным является процесс орошения, затраты на который составляют 49,6 %, или 14,7 % от суммы всех затрат.

### **Список использованных источников**

- 1 Минаков, И. А. Эффективность инвестиции зернового производства / И. А. Минаков, Н. Н. Евдокимов // Зерновые культуры. – 2000. – № 3. – С. 3–6.
- 2 Совершенствование зональной технологии возделывания зернового сорго / А. В. Алабушев, В. И. Бескровный, Н. В. Шишкин, Н. И. Сарычева // Сб. науч. тр. / ВНИИ сорго. – Зерноград, 1995. – С. 23–27.
- 3 Олексенко, Ю. Ф. Прогрессивная технология возделывания сорго / Ю. Ф. Олексенко. – Киев: Урожай, 1986. – 80 с.
- 4 Пергаев, О. А. Технология выращивания зернового сорго: науч.-методич. реком. / О. А. Пергаев. – Клепино, 2011. – 14 с.
- 5 Малиновский, Б. Н. Сорго на Северном Кавказе / Б. Н. Малиновский. – Ростов н/Д.: Изд-во Ростовского ун-та, 1992. – 202 с.
- 6 Сенчуков, Г. А. Методические рекомендации по возделыванию сорго на орошаемых землях Ростовской области / Г. А. Сенчуков, А. С. Михайлин, Ю. Н. Еремеев; ЮжНИИГиМ. – Новочеркасск, 1983. – 20 с.
- 7 Ресурсосберегающая и природоохранная технология возделывания сорго: методич. реком. / В. В. Коринец, Д. С. Кадралиев [и др.]. – Астрахань, 2007. – 24 с.
- 8 Балакай, С. Г. Отзывчивость сорго зернового на внесение минеральных удобрений [Электронный ресурс] / С. Г. Балакай // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации: электрон. периодич. изд. / Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – Электрон. журн. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2013. – № 4(12). – 10 с. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=205&id=215>.
- 9 Методика экономических исследований в агропромышленном производстве / под ред. В. Р. Боева. – М.: РосНИИ по соц. и кадр. проблемам, 1995. – 218 с.
- 10 Балакай, Г. Т. Орошаемое земледелие – затратное и высокодоходное производство / Г. Т. Балакай, Н. И. Балакай, С. Г. Балакай // Инновационные пути развития агропромышленного комплекса: задачи и перспективы: всерос. сб. науч. тр. Донской аграрной научно-практической конференции / Роль мелиорации, лесного и водного хозяйства в развитии аграрного сектора / ФГБОУ ВПО АЧГАА. – Зерноград, 2012. – С. 139–142.

## **МОДЕЛЬ ПРОГНОЗА ВОДНОГО РЕЖИМА И ТЕХНОЛОГИЙ ВОДОРЕГУЛИРОВАНИЯ ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ С РАЗВИТЫМ РЕЛЬЕФОМ МЕСТНОСТИ**

Рассмотрены методические подходы к учету величины поверхностного стока при оценке эффективности водорегулирования осушаемых земель с развитым рельефом на основе водобалансовых расчетов. В статье приведен алгоритм создания модели водного режима территории с развитым рельефом местности. Практическая ее реализация опирается на использование предварительно полученных результатов по соответствующим моделям прогноза метеорологических условий местности (типового распределения метеофакторов), а также развития и продуктивности выращиваемых сельскохозяйственных культур (фаз их развития в онтогенезе и урожая). Исходными данными являются выполненная схематизация и параметризация видов водорегулирования осушаемых земель в разных природно-мелиоративных условиях. Модель рассматривается и реализуется в несколько этапов аналогично базовой модели (определяются как потенциально возможные, так и эффективные значения составляющих водного режима и водного баланса). В сравнении с базовой моделью модель прогноза водного режима с учетом развитого рельефа осушаемых земель дает возможность рассчитывать баланс продуктивных запасов влаги и других составляющих водного режима с учетом возникновения поверхностного стока, баланс грунтовых вод при разных технологиях водорегулирования, а также получать сравнительную характеристику их эффективности по экономической (продуктивности выращиваемых культур) и экологической (совокупности экологических показателей водного режима) составляющим.

Ключевые слова: модель, прогноз, водный режим, технология водорегулирования, осушаемые земли, развитый рельеф.

Существующие осушительные системы по уровню надежности и, соответственно, стоимости превышают возможный уровень полученного эффекта, который составляет в лучшем случае 60–70 % от проектного [1]. Как показали практика и накопленный опыт, одной из многих причин является наличие развитого рельефа осушаемых земель, который, в свою очередь, может изначально влиять на технологию водорегулирования и конструкцию мелиоративных систем [2].

В связи с этим проекты строительства и реконструкции мелиоративных объектов должны предусматривать непосредственное влияние мелиоративной деятельности на все аспекты ее реализации. Однако параметры мелиоративных систем и составляющих их технических элементов, в частности количество и расположение регулирующих гидротехнических сооружений, а также эффективность их

работы вместе с такими факторами, как развитый рельеф и другие, оказывают непосредственное влияние на стоимость системы и ее общую эколого-экономическую эффективность.

Согласно нормативу ГСН В.2.4-1-99 «Мелиоративные системы и сооружения», дополнительное увлажнение (предупредительное и увлажнительное шлюзование) применяется в грунтах с коэффициентом фильтрации не менее 1,0 м/сут при уклонах поверхности до 0,005 [3]. Однако анализ существующих объектов показал, что уже при уклоне 0,002 не достигается необходимый уровень влагообеспеченности сельскохозяйственных культур при применении предупредительного и увлажнительного шлюзования на значительной части осушаемых земель, что, в свою очередь, приводит к снижению урожая и общей эффективности мелиораций [2].

В связи с этим пути повышения эффективности осушительных мелиораций состоят в усовершенствовании оптимизационных методов проектирования и расчетов осушительных систем и их элементов с соблюдением современных экономических и экологических требований [4].

В свою очередь, согласно исследованиям В. Д. Дупляка, Л. Ф. Кожушко, А. Н. Рокочинского, В. А. Сташука, Н. А. Фроленковой и др. [4–6], постановка и реализация оптимизационных подходов к проектированию водорегулирования осушаемых земель опираются на необходимость создания комплекса прогнозно-имитационных моделей для прогноза на долгосрочной основе схематизированных погодноклиматических условий местности, водного режима и технологий водорегулирования, продуктивности мелиорированных угодий.

При этом модель водного режима и технологий водорегулирования в упомянутом комплексе моделей является определяющей.

Водный режим должен устанавливаться и проектироваться на основании детальных расчетов по совокупности соответствующих режимных характеристик приходных и расходных элементов водного баланса через их изменение на протяжении периода вегетации исследуемого объекта. Таким требованиям в достаточной мере отвечают теоретически обоснованные и апробированные на практике методы моделирования водного баланса, которые применяются для решения разных задач в проектировании и эксплуатации мелиоративных систем.

Разработкой, внедрением и развитием водобалансового метода для прогнозной оценки водного режима, параметров технологий и режимов водорегулирования осушаемых земель эффективно занимались С. Ф. Аверьянов, Г. И. Афанасик, П. И. Закржевский, З. Б. Киндерис, А. Н. Костяков, Н. А. Лазарчук, А. П. Лихацевич, В. П. Остапчик, А. Н. Рокочинский, А. В. Скрипник, В. Ф. Шебеко, А. Н. Янголь, А. В. Яцик и многие другие исследователи. Этими учеными сделан весомый вклад в использование балансового метода в общей теории и практике осушительных мелиораций в зоне достаточного и неустойчивого увлажнения [4, 7–10 и др.].

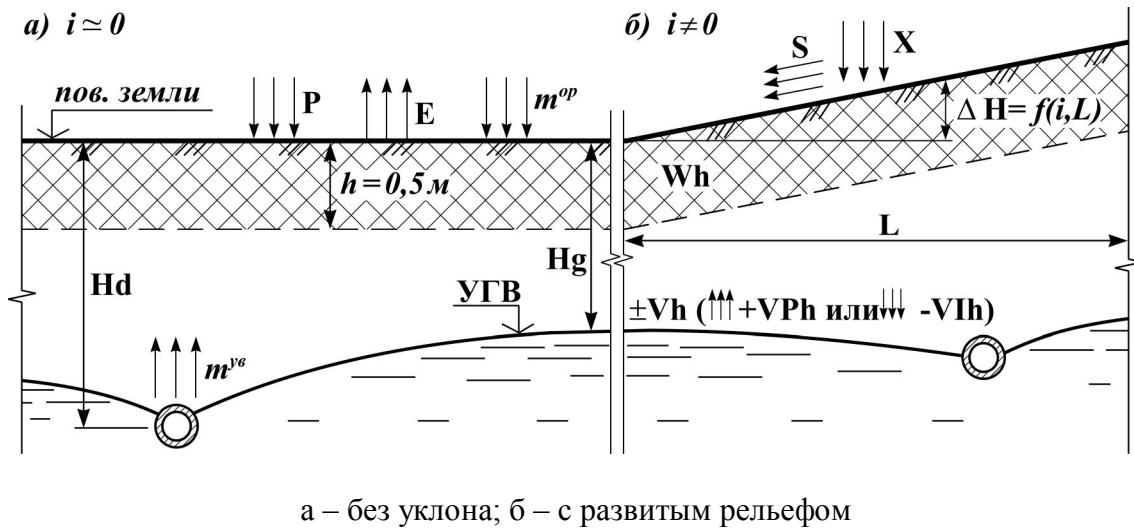
В развитие исследований, начатых на Украине для зоны чрезмерного и неустойчивого увлажнения кафедрой гидромелиораций НУВХП, были разработаны научные принципы, методы и модели оптимизации технических и технологических решений по водорегулированию осушаемых земель при строительстве, реконструкции и эксплуатации мелиоративных объектов, которые эффективно работают при малых уклонах рельефа местности до 0,001 [4, 10, 11 и др.].

В развитие существующих подходов к реализации модели оптимизации типа и конструкции гидромелиоративной системы на осушаемых землях с развитым рельефом местности разработана соответствующая модель водного режима и технологий водорегулирования, которая учитывает особенности рельефа и имеет определенные отличия от уже существующих методик. На стадии проектирования выполняется оценка неравномерности рельефа осушаемых массивов, которая, в свою очередь, влияет на формирование неравномерности водного режима осушаемых земель. На основании особенностей формирования водного режима дифференцированно определяются площади осушаемого массива, на которых мелиоративная система будет работать в режиме осушения, предупредительного шлюзования или подпочвенного увлажнения и, соответственно, формировать разный водный режим.

Таким образом, модель прогнозной оценки на долгосрочной основе водного режима мелиорированного поля на осушаемых землях с учетом развитого рельефа местности основывается на реализации системы уравнений, состоящей из простого уравнения водного баланса наиболее активного корневого слоя почвы  $h=0,5$  м с учетом по-

верхностного стока при наличии уклона поверхности и уравнения баланса грунтовых вод.

Сравнительные расчетные схемы водного баланса расчетного слоя почвы (РСП) для рельефа без уклона ( $i \approx 0$ ) и с наличием уклона местности ( $i \neq 0$ ) приведены на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Расчетные схемы модели водного режима осушаемых земель**

Для принятой структуры расчетов и заданного шага дискретизации  $\tau$ ,  $\tau=1, n_\tau$  (пентады, недели, декады согласно реализации модели метеорологических режимов), обозначенная модель имеет такой общий вид:

$$\begin{cases} Wh_\tau = Wh_{\tau-1} + P_\tau - E_\tau \pm Vh_\tau + m_\tau, \tau=1, n_\tau \\ Hg_\tau = Hg_{\tau-1} \pm \Delta Hg, \tau=1, n_\tau \end{cases}, \quad (1)$$

где  $Wh_\tau, Wh_{\tau-1}$  – соответственно запасы продуктивной влаги расчетного слоя почвы на конец расчетных текущего ( $\tau$ ) и предыдущего ( $\tau-1$ ) интервалов времени при заданном начальном значении  $Wh_0, \text{м}^3/\text{га}$ ;

$P_\tau$  – эффективные осадки за время  $\tau, \text{м}^3/\text{га}$ ;

$E_\tau$  – величина суммарного испарения за время,  $\text{м}^3/\text{га}$ ;

$Vh_\tau$  – величина влагообмена РСП  $h$  с нижерасположенными слоями и УГВ в виде подпитывания  $(+)Vh_\tau$  или инфильтрации  $(-)Vh_\tau, \text{м}^3/\text{га}$ :

$$\pm Vh_\tau = f(\bar{H}g_{gsp}, \pm \Delta H_{gi}, EV_\tau, P_\tau),$$

где  $\bar{H}g_{gsp}$  – нормированная средневегетационная глубина УГВ в зависимости от вида грунта, способа водорегулирования и влагообеспеченности расчетного вегетационного периода, м;

$\Delta H_{gi}$  – общий перепад поверхности земли, м;

$EV_{\tau}$  – потенциальная величина суммарного испарения, м<sup>3</sup>/га;

$m_{\tau}$  – поливная норма при соответствующем виде увлажнения (орошение –  $m^{op}$ , подпочвенное увлажнение –  $m^{yb}$ ), м<sup>3</sup>/га;

$Hg_{\tau}$ ,  $Hg_{\tau-1}$  – глубина залегания УГВ текущего ( $\tau$ ) и предыдущего ( $\tau-1$ ) интервалов времени, м:

$$Hg_{\tau} = f(Hd, \pm \Delta Hg_{\tau}),$$

где  $Hd$  – глубина закладки дрен, м;

$\Delta Hg_{\tau}$  – изменение УГВ, м:

$$\pm \Delta Hg_{\tau} = f(\pm Vh_{\tau}).$$

Модель (1), как и базовая модель для рельефа без уклона, описывает квазистационарный процесс, когда все изменения исследуемого сложного явления происходят мгновенно в конце расчетного периода времени  $\tau$ . Она, в принципе, дает возможность выполнять водобалансовые расчеты при моделировании динамики водного режима и его составляющих на мелиорированном участке в пределах мелиоративной системы для возможных изменчивых множественных условий по совокупностям метеостанций и постов  $\{\omega\}$ ,  $\omega = \overline{1, n_{\omega}}$ ; расчетных по условиям тепло- и влагообеспеченности периодов вегетации  $\{p\}$ ,  $p = \overline{1, n_p}$ ; видов распространенных осушаемых грунтов  $\{g\}$ ,  $g = \overline{1, n_g}$ ; проектных видов выращиваемых культур  $\{k\}$ ,  $k = \overline{1, n_k}$ ; возможных видов водорегулирования осушаемых земель  $\{s\}$ ,  $s = \overline{1, n_s}$ ; характерных участков рельефа местности  $\{l\}$ ,  $l = \overline{1, n_l}$ , и т. п. При этом природно-мелиоративные условия должны рассматриваться как усредненные за счет типизации метеорологических режимов относительно расчетных периодов вегетации, схематизации и параметризации возможных видов водорегулирования осушаемых земель.

Как было сказано выше, при наличии уклона поверхности земли может возникать поверхностный сток, который корректирует величину эффективных осадков, определяемых выражением (м<sup>3</sup>/га):

$$P_{\tau} = X_{\tau} - S_{\tau},$$

где  $X_{\tau}$  – величина осадков за время  $\tau$ , м<sup>3</sup>/га;

$S_{\tau}$  – поверхностный сток за время  $\tau$ , который, по аналогии с исследованиями А. Н. Янголя (1960), определяется по формуле (м<sup>3</sup>/га):

$$S_{\tau} = X'_{\tau} \cdot k_s,$$

где  $X'$  – часть осадков  $X_{\tau}$  за время  $\tau$ , которая превышает аккумулирующую способность РСП и может образовать поверхностный сток  $S_{\tau}$  и привести к инфильтрации  $Ih_{\tau}$  (м<sup>3</sup>/га):

$$X'_{\tau} = X_{\tau} - P'_{\tau},$$

где  $P'$  – количество осадков, которое может быть использовано для повышения влагозапасов почвы до уровня  $WPh^0$  (м<sup>3</sup>/га):

$$P'_{\tau} = WPh^0 - WPh_{\tau-1},$$

где  $WPh^0$  – запас продуктивной влаги, соответствующий предельной полевой (наименьшей) влагоемкости РСП, м<sup>3</sup>/га;

$k_s$  – коэффициент поверхностного стока согласно предыдущим исследованиям авторов [12]:

$$k_s = \left( 1 - 0,07 \cdot \frac{k_{\phi}}{k_{\phi_0}} \right) \cdot i^{0,17 \left( 1 + \frac{k_{\phi}}{k_{\phi_0}} \right)},$$

где  $k_{\phi_0}$  – оптимальный коэффициент фильтрации грунта по условиям водорегулирования,  $k_{\phi_0} = 1$  м/сут.

Что касается модели баланса грунтовых вод, изменение УГВ в пределах расчетного интервала времени относительно  $Hg_{\tau-1}$  определяется эффективной составляющей влагообмена РСП за аналогичный период  $\pm Vh_{\tau}$  по модели (1). При этом имеют место следующие два основных случая:

- в случае возникновения инфильтрации ( $Ih_{\tau}$ ), когда количество осадков ( $X_{\tau}$ ) превышает аккумулирующую способность РСП, т. е.  $X_{\tau} > WPh^0$ , происходит повышение УГВ на величину (м):

$$+\Delta Hg = 0,0001 \cdot Ih \cdot \mu^{-1},$$

где  $\mu$  – коэффициент водонасыщения грунта;



- при срабатывании запасов грунтовых вод за счет подпитки РСП в засушливые периоды вегетации величиной  $VPh_{\tau}$  происходит снижение УГВ на величину (м):

$$-\Delta Hg = 0,0001 \cdot VPh \cdot \delta^{-1},$$

где  $\delta$  – коэффициент водоотдачи грунта.

Коэффициенты водонасыщения ( $\mu$ ) и водоотдачи ( $\delta$ ) грунта определяются исследовательским путем по результатам инженерных изысканий или принимаются по соответствующим рекомендациям.

Глубина залегания УГВ в пределах осушаемого массива с учетом изменения соответствующих форм рельефа местности в общем случае  $\bar{H}g'_{gsp}$  может быть представлена:

$$\bar{H}g'_{gsp} = \bar{H}g_{gsp} \pm \Delta H_{gi},$$

где  $\bar{H}g_{gsp}$  – нормированная средневегетационная глубина УГВ в зависимости от вида грунта, способа водорегулирования и влагообеспеченности расчетного периода вегетации  $p$ , м;

$\Delta H_{gi}$  – общий перепад поверхности земли, м:

$$\pm \Delta H_{gi} = \Delta H_i \pm \Delta h_g,$$

где  $\Delta H_i$  – перепад поверхности земли по уклону  $i$ , м:

$$\Delta H_i = i \cdot L,$$

где  $i$  – уклон поверхности;

$L$  – длина участка почвы, м;

$\pm \Delta h_g$  – локальные перепады поверхности земли, м.

Практическая реализация модели водного режима и технологий водорегулирования осушаемых земель с развитым рельефом опирается на использование предварительно полученных результатов по соответствующим моделям прогноза метеорологических условий местности (типового распределения метеофакторов) [13], а также развития и продуктивности выращиваемых сельскохозяйственных культур (фаз их развития в онтогенезе и урожая) [14]. Исходными данными являются выполненная схематизация и параметризация видов водорегулирования осушаемых земель в разных природно-мелиоративных условиях. А сама модель рассматривается и реализуется в несколько этапов аналогично базовой модели (определяются как потенциально

возможные, так и эффективные значения составляющих водного режима и водного баланса).

Таким образом, в сравнении с базовой моделью модель прогноза водного режима с учетом развитого рельефа осушаемых земель дает возможность рассчитывать баланс продуктивных запасов влаги и других составляющих водного режима с учетом возникновения поверхностного стока, баланс грунтовых вод при разных технологиях водорегулирования, а также получать сравнительную характеристику их эффективности по экономической (продуктивности выращиваемых культур) и экологической (совокупности экологических показателей водного режима) составляющим.

### **Список использованных источников**

1 Шумаков, Б. Б. Мелиорация в XXI веке / Б. Б. Шумаков // Мелиорация и водное хозяйство. – 1996. – № 3. – С. 4–6.

2 Коптюк, Р. М. Обґрунтування необхідності та сучасні підходи до оптимізації конструкцій осушувальних систем з урахуванням рельєфу місцевості / Р. М. Коптюк, А. М. Рокочинський // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування: зб. наук. праць. – Рівне, 2008. – Вип. 1(41). – С. 476–483.

3 Мелиоративні системи та споруди: ДБН В.2.4-1-99: утв. Госстроем України 25.06.99: введ. в действие с 01.01.00. – Київ, 1999. – 174 с.

4 Рокочинський, А. М. Наукові та практичні аспекти оптимізації водорегулювання осушуваних земель на еколого-економічних засадах: монографія / А. М. Рокочинський; за ред. М. І. Ромащенко. – Рівне: НУВГП, 2010. – 351 с.

5 Тимчасові рекомендації з оптимізації водорегулювання осушуваних земель у проектах будівництва й реконструкції водогосподарсько-мелиоративних об'єктів / А. М. Рокочинський, В. А. Сташук, В. Д. Дупляк [та ін.]. – Рівне, 2010. – 52 с.

6 Фроленкова, Н. А. Еколого-економічне оцінювання в управлінні мелиоративними проектами: монографія / Н. А. Фроленкова, Л. Ф. Кожушко, А. М. Рокочинський. – Рівне: НУВГП, 2007. – 257 с.

7 Афанасик, Г. И. Послойно-балансовая схема расчета водного режима почвы для целей его оптимального управления / Г. И. Афанасик, Л. Ф. Жуков // Вопросы эксплуатации осушительно-увлажнительных систем. – Минск: Ураджай, 1983. – С. 15–22.

8 Лихацевич, А. П. К оценке точности уравнений водного баланса орошаемого поля / А. П. Лихацевич // Мелиорация и водное хозяйство. – 1991. – № 9. – С. 25–26.

9 Шебеко, В. Ф. Гидрологические расчеты при проектировании осушительных и осушительно-увлажнительных систем / В. Ф. Шебеко, П. И. Закржевский, Э. А. Брагилевская. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 312 с.

10 Янголь, А. М. Двустороннее регулирование влажности при осушении / А. М. Янголь. – М.: Колос, 1970. – 135 с.

11 Технические указания по разработке с помощью ЭВМ системных планов водопользования для осушительно-увлажнительных систем Украины: НТД 33-04-01-91. – Київ: Укргіпрпроводхоз, 1991. – 40 с.

12 Рокочинський, А. Н. Учет поверхностного стока при оценке эффективности водорегулирования осушаемых земель с развитым рельефом / А. Н. Рокочинський,

Р. Н. Коптюк // Роль мелиорации в обеспечении продовольственной и экологической безопасности России: сб. матер. Междунар. науч.-практ. конф. – М.: ВПО МГУП, 2009. – Ч. 1. – С. 500–505.

13 Метеорологічне забезпечення інженерно-меліоративних розрахунків у проектах будівництва й реконструкції осушувальних систем: посібник до ДБН В.2.4-1-99 «Меліоративні системи та споруди» (Розділ 3. Осушувальні системи). – Рівне: НУВГП, 2008. – 64 с.

14 Обґрунтування ефективної проектної врожайності на осушуваних землях при будівництві й реконструкції меліоративних систем: посібник до ДБН В.2.4-1-99 «Меліоративні системи та споруди» (Розділ 3. Осушувальні системи). – Київ – Рівне: НУВГП, 2006. – 50 с.

УДК 631.559:631.62

**С. В. Шалай, А. Н. Рокочинский**

Национальный университет водного хозяйства и природопользования, Ровно, Украина

## **ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТНОЙ УРОЖАЙНОСТИ НА ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ В ВОДОХОЗЯЙСТВЕННО- МЕЛИОРАТИВНЫХ ПРОЕКТАХ**

Рассмотрены расчетные методы долгосрочного прогноза продуктивности осушаемых земель при разработке проектов реконструкции и нового строительства мелиоративных объектов с учетом присущих им природных, агротехнических и мелиоративных условий на основе существующих подходов Э. Э. Жуковского, М. К. Каюмова, О. В. Сеппа, Х. Г. Тооминга. Авторами усовершенствованы принципы построения и реализации модели урожайности через рассмотрение основных категорий урожайности от потенциальной до технологической. Идентификация разработанного комплекса имитационных моделей выполнена на опытно-производственном стационаре кафедры гидромелиораций НУВХП «Майский» (Переяслав-Хмельницкого района Киевской области) по ретроспективным многолетним данным (1978–1991 гг.) на примере выращивания кукурузы на силос. Верификация выполнена по ретроспективным многолетним данным (1967–1994 гг.) на опытно-производственном стационаре Института сельского хозяйства Полесья УААН (Коростенского района Житомирской области) на примере выращивания многолетних трав на зеленую массу. Апробация показала, что учет присущих объекту природных, агротехнических и мелиоративных условий позволяет повысить обоснованность определения реальной урожайности в сравнении с заданными проектом значениями. Предложенный метод обоснования проектной урожайности на осушаемых землях позволит повысить обоснованность проектных технологических решений по водорегулированию осушаемых земель (с выбором наилучшего из них) в изменчивых природных, агротехнических и мелиоративных условиях реального объекта.

Ключевые слова: обоснование, проектная урожайность, осушаемые земли, водохозяйственно-мелиоративный проект.

Одной из основных задач развития гидромелиораций в современных условиях функционирования водохозяйственного комплекса является поддержание наличного мелиоративного фонда путем его

реконструкции и технического перевооружения, особенно в гумидной зоне Украины, где вследствие необеспечения требований роста и развития сельскохозяйственных культур и нарушения условий технической эксплуатации мелиоративных объектов не обеспечивается проектная эффективность их функционирования.

Экономический кризис последних лет послужил главной причиной значительного падения продуктивности мелиорированных угодий, в частности общей эффективности осушительных мелиораций. Уменьшились поставки удобрений, мелиорантов, химических средств защиты растений, сократились объемы реконструкции мелиоративных систем (МС), ухудшилась технология мелиоративного земледелия. Как следствие, проявляется неудовлетворительное экологическое состояние осушаемых почв, ухудшаются их питательный и водный режимы.

Вместе с тем в зоне неустойчивого увлажнения Украины осушаемые земли были и остаются практически основным средством производства сельскохозяйственной продукции, составляя в среднем 30–40 % от всей площади сельскохозяйственных угодий.

Вследствие этого проведение мелиораций, в том числе и на осушаемых землях, на современном этапе должно базироваться на повышении требований к качеству оценки, прогноза и оптимизации управления водным и общим природно-мелиоративным режимами осушаемых земель на всех стадиях построения схем принятия решений при проектировании и эксплуатации мелиоративных объектов [1].

В связи с этим особое значение следует уделить вопросам управления мелиоративными объектами как сложными природно-техническими системами в перспективе на многолетний период с учетом тенденции глобального изменения климата, которая проявляется в постоянном повышении температуры воздуха и неравномерности распределения атмосферных осадков [2].

Главная цель при этом достигается за счет внедрения новейших технологий, основанных на разработке и реализации методов организации пространственной информации, проведения целевых исследований, создании прикладных автоматизированных систем поддержки управленческих решений на разных уровнях их принятия во времени на базе оптимизационных и имитационных моделей, включая модели продуктивности и их производственную реализацию.

В свою очередь, осуществить объективную оценку конкретного технологического решения с целью управления мелиоративными объ-

ектами на долгосрочной основе можно только благодаря определению реального уровня продуктивности мелиорируемых земель в виде урожайности выращиваемых сельскохозяйственных культур. Это обусловлено тем, что именно урожай и экологический эффект выступают определяющими характеристиками при обосновании проектных решений на эколого-экономических принципах.

Проектная урожайность, которая была и остается главным критерием эффективности реализации гидромелиорации, сегодня рассматривается как константа независимо от условий реального объекта и либо принимается по фактическим зональным значениям, либо приближенно рассчитывается на основе существующих методов ее программирования. Это не позволяет отображать возможность достижения проектной урожайности в изменчивых условиях реального объекта. Поэтому необходимо разработать современные методы на основе долгосрочного прогноза действительно возможной (эффективной) урожайности, которые позволят обоснованно прогнозировать ее в зависимости от определяющих факторов влияния.

Инструментом практической реализации поставленной задачи может служить комплекс прогнозно-имитационных моделей, позволяющий осуществить прогноз и оценку общей эколого-экономической эффективности технических и технологических решений по водорегулированию осушаемых земель и направленный на получение реальной величины урожайности на осушаемых землях с учетом комплекса изменчивых условий, присущих конкретному объекту. Принципы построения и реализации последнего основываются на следующих положениях.

Проекты строительства (реконструкции) мелиоративных объектов предусматривают их функционирование в заданных границах изменчивых климатических, агротехнических, почвенных, мелиоративных и других условий. Поэтому под проектным уровнем урожайности следует понимать величину эффективной средневзвешенной урожайности выращиваемых культур, которая может быть получена расчетным путем с учетом долгосрочного прогноза условий мелиоративного объекта на протяжении проектного срока его функционирования.

С учетом существующих подходов Э. Э. Жуковского, М. К. Каюмова, О. В. Сеппа, Х. Г. Тооминга [3–6] и др., авторами предлагается модель в виде проектной урожайности  $\bar{Y}_k$  (ц/га) выращиваемой культуры на осушаемых землях:

$$\bar{Y}_k = \sum_{\omega=1}^{n_{\omega}} \sum_{g=1}^{n_g} \sum_{p=1}^{n_p} Y_{k\omega g s p} \cdot f_{\omega} \cdot f_g \cdot \alpha_p, \quad (1)$$

где  $Y_{k\omega g s p}$  – расчетная величина эффективной урожайности  $k$ -й культуры в соответствующих климатических  $\omega$ , почвенных  $g$ , мелиоративных  $s$  (технологии водорегулирования) условиях для различных по тепло- и влагообеспеченности периодов вегетации  $p$ ;

$f_{\omega}$ ,  $f_g$  – долевое участие площадей природно-климатических и почвенных разновидностей в пределах объекта;

$\alpha_p$  – установленные или заданные значения долей возможного состояния типичных схем метеорологических режимов в расчетные периоды вегетации на протяжении проектного срока функционирования объекта, приведенного к 1.

Реализация модели (1) возможна при определении величины эффективной урожайности  $Y_{k\omega g s p}$ , которая отображает влияние природных, агротехнических и мелиоративных факторов на развитие растений. Поэтому авторами усовершенствованы принципы построения и реализации модели урожайности через рассмотрение основных категорий урожайности от потенциальной до технологической.

Для этого за основу был взят известный подход Х. Г. Тооминга (рисунок 1, а) [4]. Поскольку этот подход имеет структурную неопределенность реализации на проектном уровне, авторами введены уточненные категории урожайности (рисунок 1, б), которые раскрывают структуру общей расчетной модели.

С учетом этого, а также чрезвычайно сложного характера процесса формирования урожая, для стадии проекта реконструкции и нового строительства МС общая модель эффективной урожайности сельскохозяйственных культур на осушаемых землях может быть представлена в следующем мультипликативном виде (в ц/га):

$$Y_{k\omega g s p} = Y_{\omega k p}^F \cdot \prod_{i=1}^{n_i} K_i = Y_{\omega k p}^F \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad i=\overline{1, n_i}, \quad (2)$$

где  $Y_{\omega k p}^F$  – климатически обеспеченная урожайность за период вегетации  $k$ -й культуры;

$K_1$  – коэффициент снижения урожайности по бонитету почвы ( $0 \leq K_1 \leq 1$ );

$K_2$  – коэффициент увеличения урожайности за счет удобрений ( $K_2 > 1$ , но  $0 < K_1 \times K_2 \leq 1$ );

$K_3$  – коэффициент снижения урожайности при отклонении срока сева (возобновления вегетации) от оптимального значения ( $0 \leq K_3 \leq 1$ );

$K_4$  – коэффициент влияния природно-мелиоративных условий (климата и технологий водорегулирования) за вегетацию культуры на формирование урожайности ( $0 \leq K_4 \leq 1$ );

$K_5$  – коэффициент снижения урожайности при отклонении срока уборки от оптимального значения ( $0 \leq K_5 \leq 1$ );

$K_6$  – коэффициент уменьшения урожайности за счет потерь при уборке и транспортировке ( $0 < K_6 \leq 1$ ).



а – по Х. Г. Тоомингу; б – усовершенствованные категории; ПУ – потенциальная урожайность (географический максимум урожайности); МВУ – метеорологически возможная урожайность; ДВУ – действительно возможная урожайность; УП – урожайность производства; КОУ – климатически обеспеченная урожайность; БОУ – урожайность, обеспеченная природным плодородием почвы (бонитетом); АОУ – агротехнически обеспеченная урожайность с учетом внесенных удобрений; ТОУ – технологически обеспеченная урожайность

### Рисунок 1 – Основные категории урожайности осушаемых земель и их соответствие эталонным урожаям

Определение составляющих модели (2) возможно только на основе применения методов математического моделирования на ЭВМ

по соответствующим моделям прогнозной оценки метеорологических режимов расчетных периодов вегетации, водного режима и технологий водорегулирования осушаемых земель на базе разработанных нормативных документов [7, 8] с учетом современных методов программирования урожая [4, 5 и др.]. Кроме этого, необходима проверка полученных результатов по данным полевых и производственных исследований. Вместе с тем определяющие условия реального объекта необходимо рассматривать в виде схематизированных природно-мелиоративных условий относительно совокупностей расчетных метеорологических режимов, почв, технологий водорегулирования и культур проектного севооборота [9].

Идентификация разработанного комплекса имитационных моделей выполнена на опытно-производственном стационаре кафедры гидромелиораций НУВХП «Майский» (Переяслав-Хмельницкого района Киевской области) по ретроспективным многолетним данным (1978–1991 гг.) на примере выращивания кукурузы на силос. Верификация выполнена по ретроспективным многолетним данным (1967–1994 гг.) на опытно-производственном стационаре Института сельского хозяйства Полесья УААН (Коростенского района Житомирской области) на примере выращивания многолетних трав на зеленую массу.

Для производственной проверки предложенного метода осуществлен машинный эксперимент для условий реального проекта осушительно-увлажнительной системы площадью 412 га в зоне Западного Полесья Украины на землях СВК «Пархоменское» Любомльского района Волынской области. Так, для усредненных почвенных условий по данному объекту расчетные значения проектной урожайности многолетних трав на сено, в зависимости от способов водорегулирования (за основу взяты наименее эффективный – осушение – и наилучший – орошение дождеванием на фоне предупредительного шлюзования – способы) и количества внесенных удобрений, колеблются от 16,6 до 49,5 ц/га. Такой размах варьирования согласовывается с соответствующими значениями заданной по проекту (28 ц/га) и фактической урожайности за период 1991–1995 гг. (19,0–22,1 ц/га) данной культуры. Полученные аналогичным образом результаты для других культур проектного севооборота также хорошо согласовываются с соответствующими проектными и фактическими их значениями для зональных условий исследуемого объекта (таблица 1).



**Таблица 1 – Сравнение расчетных значений проектной урожайности с заданными проектом и фактическими значениями на землях СПК «Пархоменское» Любомльского района Волынской области**

Культура	Расчетное значение проектной урожайности, ц/га		Значение урожайности, ц/га		Отклонение урожайности от заданных проектом значений, %		Отклонение урожайности от фактических значений, %	
	с внесением удобрений	без внесения удобрений	заданное проектом	фактическое	с внесением удобрений	без внесения удобрений	с внесением удобрений	без внесения удобрений
1 Кормовая свекла	330,8–417,7 <sup>1)</sup>	152,6–192,2	300,0	<u>129,0–524,3</u> <sup>2)</sup> 291,0	9,3–28,2	96,6–56,1	12,0–30,3	47,6–34,0
2 Лен	6,6–8,3	3,2–4,1	5,5	-	16,7–33,7	71,9–34,2	-	-
3 Картофель	158,0–201,9	69,1–87,1	140,0	<u>48,6–154,0</u> 89,9	11,4–30,7	102,6–60,7	43,1–55,5	23,2–3,1
4 Томаты	181,3–216,7	84,4–100,0	140,0	-	22,8–35,4	65,9–40,0	-	-
5 Озимые зерновые	21,7–24,6	9,5–11,4	27,0	<u>11,3–13,6</u> 12,6	24,4–9,8	184,2–136,8	41,9–48,8	14,6–9,5
6 Многолетние травы	37,7–49,5	16,6–21,4	28,0	<u>19,0–22,1</u> 20,6	25,7–43,4	68,7–30,8	45,4–58,4	19,4–3,9
7 Кукуруза	193,5–222,6	91,7–104,3	200,0	<u>153,0–295,0</u> 236,0	3,4–10,2	118,1–91,8	22,0–6,0	61,2–55,8

<sup>1)</sup> Значения проектной урожайности приведены соответственно для трав и овощей в условиях осушения (минимальная урожайность) и орошения на фоне предупредительного шлюзования (максимальная урожайность) и для других культур в условиях увлажнительного шлюзования.

<sup>2)</sup> Фактические значения урожайности по объекту приведены за период 1991–1995 гг.: в числителе соответственно минимальные и максимальные значения, в знаменателе – средние значения.

Данные разработки прошли апробацию на системах двухстороннего действия в Киевской (на площади 155 га), Житомирской (487 га) и Волынской (412 га) областях. Апробация показала, что учет присущих объекту природных, агротехнических и мелиоративных условий позволяет повысить обоснованность определения реальной урожайности в сравнении с заданными проектом значениями. В свою очередь, это адекватно отражается на определении реального уровня капиталовложений в мелиорацию и расходов на нее, которые направляются на строительство, реконструкцию или эксплуатацию МС.

Для производственной реализации предложенного метода разработан нормативный документ в виде приложения к государственным строительным нормам и правилам [10]. Он содержит два подхода к решению рассмотренного вопроса: полную реализацию разработанного метода на основе комплекса прогнозно-имитационных моделей на ЭВМ и упрощенный вариант его реализации в производственных условиях по нормированным значениям корректирующих коэффициентов.

Таким образом, предложенный метод обоснования проектной урожайности на осушаемых землях позволит повысить обоснованность проектных технологических решений по водорегулированию осушаемых земель (с выбором наилучшего из них) в изменчивых природных, агротехнических и мелиоративных условиях реального объекта.

### **Список использованных источников**

1 Рокочинский, А. Н. Современные научные подходы к решению сложных эколого-экономических проблем в мелиорации / А. Н. Рокочинский // Повышение эффективности мелиорации сельскохозяйственных земель: докл. Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 75-летию Института мелиорации и луговодства НАН Беларуси и 95-летию со дня рождения академика С. Г. Скоропанова, г. Минск, 20–22 сентября 2005 г. – Минск, 2005. – С. 346–350.

2 Ромашенко, М. И. Современное состояние, основные проблемы водных мелиораций и пути их решения: научное издание / М. И. Ромашенко, О. О. Собко, И. И. Калантиренко; под ред. П. И. Коваленко. – Киев: Аграрная наука, 2001. – 216 с.

3 Жуковский, Э. Э. Метеорологическая информация и экономические решения / Э. Э. Жуковский. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 304 с.

4 Жуковский, Э. Э. Вероятностные прогнозы эталонных урожаев / Э. Э. Жуковский, О. В. Сепп, Х. Г. Тооминг // Метеорология и гидрология. – 1990. – № 1. – С. 18–23.

5 Каюмов, М. К. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур / М. К. Каюмов. – М.: Агропромиздат, 1989. – С. 18–72.

6 Шалай, С. В. Оцінка продуктивності осушуваних земель за довготерміновим прогнозом: монографія / С. В. Шалай, А. М. Рокочинський. – Рівне: НУВГП, 2011. – 149 с.

7 Посібник до ДБН В.2.4-1-99 «Меліоративні системи та споруди» (Розділ 3. Осушувальні системи). Метеорологічне забезпечення інженерно-меліоративних розрахунків у проектах будівництва й реконструкції осушувальних систем / А. М. Рокочинський, О. І. Галік, Н. А. Фроленкова, В. А. Волощук [та ін.]. – Рівне, 2008. – 64 с.

8 Тимчасові рекомендації з прогносної оцінки водного режиму та технологій водорегулювання осушуваних земель у проектах будівництва й реконструкції меліоративних систем / А. М. Рокочинський, В. А. Сташук, В. Д. Дупляк, Н. А. Фроленкова [та ін.]. – Рівне, 2011. – 54 с.

9 Рокочинський, А. М. Наукові та практичні аспекти оптимізації водорегулювання осушуваних земель на еколого-економічних засадах: монографія / А. М. Рокочинський; за ред. М. І. Ромащенко. – Рівне: НУВГП, 2010. – 351 с.

10 Посібник до ДБН В.2.4-1-99 «Меліоративні системи та споруди». Обґрунтування ефективної проектної врожайності на осушуваних землях при будівництві й реконструкції меліоративних систем / А. М. Рокочинський, А. В. Сташук, В. Д. Дупляк, С. В. Шалай [та ін.]. – Київ – Рівне, 2006. – 50 с.

УДК 004.94:556.131.18:631.671

**В. В. Коваленко, В. И. Доценко, Л. Н. Рудаков, И. Ю. Бугайова**

Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет,  
Днепропетровск, Украина

## **АГРОГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД РАСЧЕТА ВЛАГОЗАПАСОВ КАК ОСНОВА ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ РЕЖИМА ПОЧВЕННОЙ ВЛАГИ**

Представлено развитие известного агрогидрометеорологического метода расчета влагозапасов под посевами сельскохозяйственных культур с использованием информационного портала «Расписание погоды» ([www.rp5.ua](http://www.rp5.ua)) для создания геоинформационной системы режима почвенной влаги. В базовую модель расчета влагозапасов дополнительно включены ветровая функция (по Пенману), солнечная радиация и облачность (по Тюрку). Кроме того, в модели учтены эффективные осадки. Анализ точности расчета влагозапасов в посевах озимой пшеницы по данным метеостанций Днепропетровской области показал, что по сравнению с базовой моделью точность расчета увеличилась в среднем на 16 %. При этом коэффициенты корреляции расчетных значений запасов влаги с измеренными термостатно-весовым способом составили 0,92–0,95 (для базовой модели они равны 0,85–0,90). Результаты исследований могут быть использованы при оценке пространственно-временного распределения почвенных влагозапасов под посевами сельскохозяйственных культур на основе создания ГИС режима почвенной влаги.

Ключевые слова: агрогидрометеорологический метод расчета почвенной влаги, влагозапасы, режим почвенной влаги, информационный портал «Расписание погоды», геоинформационная система.

Почвенная влага – основной ресурс для построения тела растений и важнейший фактор, определяющий условия существования сельскохозяйственных культур и обработки почвы. Воде принадлежит главенствующая роль в почвообразовании. Исключительно велика ее роль в плодородии почвы, в обеспечении условий жизни растений [1].

Наличие информации о режиме почвенных влагозапасов является обязательным условием оптимизации технологий выращивания сельскохозяйственных культур, а создание ГИС режима почвенной влаги на основе расчетных методов и доступных в сети Интернет информационных метеоресурсов – одним из путей решения этой задачи.

Существуют различные методы, позволяющие как опытным, так и расчетным путем с той или иной точностью устанавливать количество содержания воды в почве. В частности, А. Ф. Литовченко [2] раскрыл суть агрогидрометеорологического метода, провел статическую обработку и эмпирико-статический анализ материалов агрометеорологических наблюдений на гидрометеорологических станциях. А. Ф. Литовченко выявил устойчивые эмпирические зависимости почвенных влагозапасов в метровом и полуметровом слоях почвы от предшествующих погодных условий. Они аппроксимированы уравнением вида:

$$W = c - a \cdot \exp(-b \cdot P). \quad (1)$$

Расчетная модель (1) учитывает семь основных факторов, которые существенно влияют на режим формирования почвенных влагозапасов: атмосферные осадки; температуру и дефицит влажности воздуха; фенологическую фазу развития, которая непрямо характеризуется суммой эффективных температур; более вероятный запас почвенной влаги перед началом вегетационного периода, связанный с режимом атмосферных осадков; тип и механический состав почвы (параметр  $c$ ); амплитуду колебаний почвенных влагозапасов в данных природных условиях (параметр  $a$ ) и режим расхода почвенной влаги сельскохозяйственной культурой (параметр  $b$ ).

Таким образом, эмпирические параметры  $a$  и  $c$  можно считать показателями агрогидрологических свойств почв, а параметр  $b$  характеризует вид выращиваемой культуры, ее сортовые особенности и режим водопотребления.

Комплексный показатель погодных условий  $P$  учитывает такие факторы, как дифференцированная сумма атмосферных осадков за расчетный период ( $h$ ), сумма дефицитов влажности воздуха за тот же период ( $d$ ) и сумма эффективных температур ( $T$ ). При этом значения всех этих метеофакторов учитываются как среднесуточные либо среднедекадные. Комплексный показатель погодных условий  $P$  определяется по зависимости:

$$P = f(d, h, T).$$

Современные сайты метеослужб (например, [www.gp5.ua](http://www.gp5.ua)) открывают исследователю возможность использовать качественно более полную информацию о метеофакторах с дискретностью  $\Delta t = 3$  часа практически для любой точки (населенного пункта). Возникновение идеи создания ГИС режима почвенной влаги с использованием этой информации очевидно. С учетом данных метеослужб при расчете влагозапасов комплексный показатель погодных условий приобретает вид:

$$P_1 = f(d, h, T, P, Ff, N), \quad (2)$$

где  $P$  – атмосферное давление;

$Ff$  – скорость ветра;

$N$  – относительная облачность.

Более того, интерпретация аргументов функции (2) позволяет использовать широко известные методы определения водопотребления сельскохозяйственных культур. Например, опираясь на формулу Х. Л. Пенмана [3], влияние ветра учли с помощью ветровой функции, которая в наших исследованиях в общем виде описывается зависимостью:

$$f(v) = x_1(x_2 + x_3 v_2), \quad (3)$$

где  $v_2$  – скорость ветра на высоте 2 м от поверхности земли, м/с;

$x_i$  – коэффициенты уравнения.

Влияние облачности и солнечной радиации с использованием формулы Л. Тюрка [3] выразили зависимостью:

$$f(R_{act}) = k_t y_1 (y_2 + y_3 N), \quad (4)$$

где  $k_t$  – энергетический фактор испарения, мм/мб, по Н. В. Данильченко [3];

$y_i$  – коэффициенты уравнения.

В модели (2) в срочные значения дефицита влажности воздуха ввели поправки (3) и (4) по зависимости  $d' = d \cdot f(v) \cdot f(R_{act})$ , которая также учтена и в определении значения эффективных осадков  $h' = f(h, d')$ .

Таким образом, модель (2) принимает вид:

$$P_2 = f(d', h', T). \quad (5)$$

Предложенную модель (5) реализовали в агрогидрометеорологическом методе для расчета запасов влаги под посевами озимой пшеницы по данным метеостанций Днепропетровской области. Для оценки точности расчета модели (5) были построены зависимости запасов влаги в слоях почвы 0–50 и 0–100 см от комплексного показателя погодных условий  $P_2$  (рисунок 1) за 9-летний период наблюдений (2005–2013 гг.).

Точность расчетной модели (5) определения влагозапасов оценивали относительно инструментально измеренных (термостатно-весовым способом) значений влагозапасов. При этом сравнили ее и с базовой моделью [4].

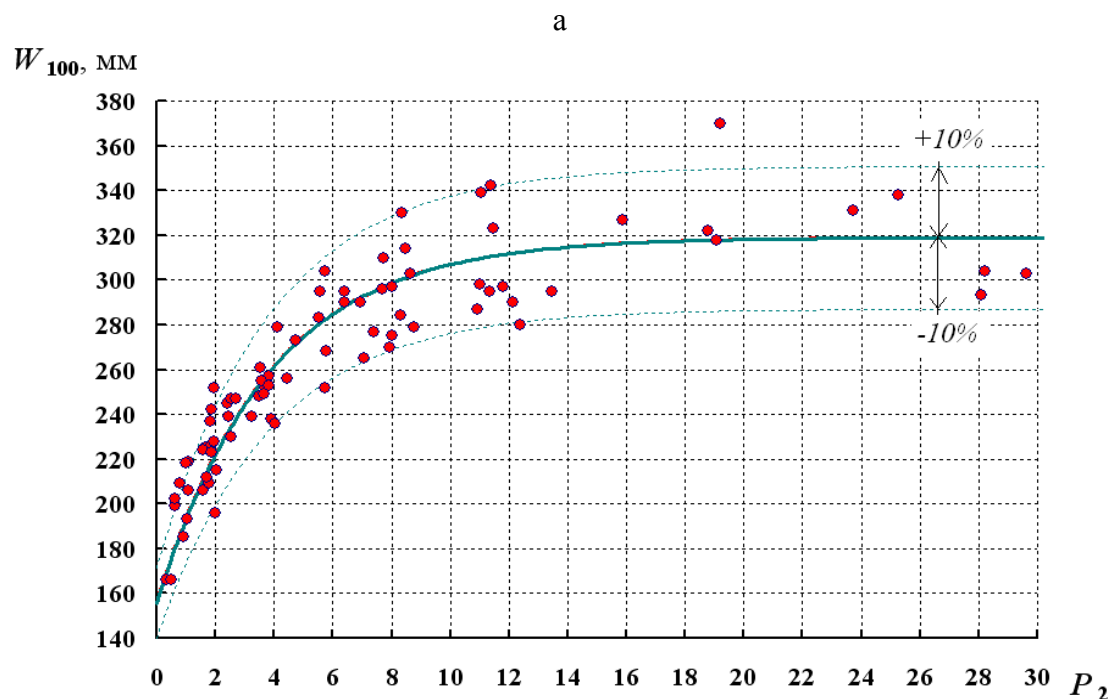
Для этого были определены стандартные статистические характеристики (таблица 1): обеспеченность (в процентах) отклонений расчетных влагозапасов от измеренных  $P_{W \pm 10\%}$  до  $\pm 10\%$ ; среднеквадратическое отклонение рассчитанных влагозапасов от измеренных  $\sigma_{откл}$ ; относительное среднее квадратичное отклонение рассчитанных влагозапасов от измеренных  $\Delta\sigma_{откл}$ ; критерий качества расчетной методики  $\eta$ ; коэффициент корреляции  $r$ .

Среднеквадратическое отклонение рассчитанных влагозапасов от измеренных  $\sigma_{откл}$  определено по зависимости:

$$\sigma_{откл} = \sqrt{\sum (W_i^p - W_i^r)^2 / n}.$$

Считается, что расчетные модели не дают существенных ошибок при значении критерия качества методики  $\eta$  меньше 0,8 [5]. При расчете влагозапасов по агрогидрометеорологическому методу коэффициент корреляции составлял 0,85–0,90 по базовой модели [4]. При уточнении по новой модели (5), как видно из данных таблицы 1, теснота связи увеличилась до 0,92–0,95; значение критерия качества методики  $\eta$  во всех случаях существенно меньше допустимого (0,8).

Обеспеченность отклонений рассчитанных влагозапасов от измеренных в пределах  $\pm 10\%$  составила в среднем  $85\%$  для метрового и  $79\%$  для полуметрового слоев почвы, что сопоставимо с точностью термостатно-весового способа [6].



а – по данным метеостанции Чаплино, слой почвы 0–100 см;  
 б – по данным метеостанции Губиниха, слой почвы 0–50 см

**Рисунок 1 – Зависимость запасов почвенной влаги  $W$  под посевами озимой пшеницы от комплексного показателя предшествующих погодных условий  $P_2$**

**Таблица 1 – Статистические параметры оценки точности расчетной модели (5) определения влагозапасов в весенне-летний период вегетации озимой пшеницы**

Метеостанция	$P_{W \pm 10\%}$	$\sigma_{\text{откл}}$ , мм	$\Delta\sigma_{\text{откл}}$ , %	$\eta$	$r$
Слой почвы 0–100 см					
Синельниково	84	16	6,6	0,33	0,95
Губиниха	86	15	6,5	0,33	0,94
Чаплино	85	17	6,6	0,39	0,93
Слой почвы 0–50 см					
Синельниково	73	10	8,6	0,37	0,93
Губиниха	85	8	7,1	0,32	0,95
Чаплино	78	10	7,9	0,39	0,92

Анализ точности расчета влагозапасов  $W$  показал, что по сравнению с базовой моделью точность расчета увеличилась в среднем на 16 %. Это подтверждает эффективность и целесообразность использования базы метеоданных информационного портала «Расписание погоды» ([www.rp5.ua](http://www.rp5.ua)) [7].

Таким образом, высокая точность расчета ежедневных значений запасов влаги в активном слое почвы через оптимизацию модели (5) для пространственно-временного представления данных влагозапасов при соответствующих нормализации эмпирических параметров ( $a$ ,  $b$  и  $c$ ) агрогидрометеорологического метода и учете агрогидрологических свойств почв дает основания для создания ГИС ведения режима почвенной влаги под посевами основных сельскохозяйственных культур на базе использования вышеназванного информационного портала метеоданных.

Реализация создания такой ГИС возможна, например, при использовании методологии и технологии пространственно-ориентированного представления данных по В. Мокину [8].

### **Список использованных источников**

1 Биофайл. Научно-информационный журнал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biofile.ru/bio/4140.html>, 2014.

2 Литовченко, А. Ф. Агрогидрометеорологический метод расчета влажности почвы и водосберегающих режимов увлажнения орошаемых культур в степи и лесостепи Украины: монография / А. Ф. Литовченко. – Днепропетровск: «Свидлер А. Л.», 2011. – 244 с.

3 Механизация полива: справочник / Б. Г. Штепа, В. Ф. Носенко, Н. В. Винникова [и др.]; под ред. Н. М. Щербакова. – М.: Агропромиздат, 1990. – 336 с.

4 Литовченко, А. Ф. Методика определения влагозапасов под посевами озимой пшеницы и ячменя в условиях северной степи Украины / А. Ф. Литовченко, В. В. Кова-



ленко, В. В. Любченко // Проблемы гидромелиорации в Украине: матер. науч. конф., г. Днепропетровск, 16–19 апреля 1996 г. – Днепропетровск, 1996. – С. 95–98.

5 Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1995. – 351 с.

6 Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. II. Агрометеорологические наблюдения на станциях и постах. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 288 с.

7 gr5.ua. Расписание погоды. Погода в 243 странах мира [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://gr5.ua/Погода\\_в\\_мире](http://gr5.ua/Погода_в_мире), 2014.

8 Система поддержки принятия управленческих решений руководителями водохозяйственных организаций для бассейна реки Северский Донец с использованием геоинформационных технологий: методич. пос. / В. Б. Мокин, Б. И. Мокин, М. Я. Бабич [и др.]; под ред. В. Б. Мокина. – Винница: УНИВЕРСУМ-Винница, 2009. – 352 с.

УДК 631.67

**И. А. Ким, И. И. Ким**

Волгодонский инженерно-технический институт НИЯУ МИФИ, Волгодонск,  
Российская Федерация

## **СИСТЕМА БИОИНТЕНСИВНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ ПРИ ДИСКРЕТНОМ ПОЛИВЕ ПО БОРОЗДАМ В ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЕ**

Целью исследований является разработка автоматизированной самонапорной оросительной системы, реализующей технологию дискретного полива в предгорной зоне при использовании технологий биоинтенсивного орошаемого земледелия. Подробно описана схема устройства поливных участков, предназначенных для дискретного полива по бороздам. Предлагаемая система позволяет улучшить аэрацию почвы, активизировать жизнедеятельность почвенной флоры и фауны в активном слое почвы, повысить плодородие почвы, реализовать внедрение систем биоинтенсивного орошаемого земледелия и систем с нулевой обработкой почвы при поливах по бороздам в предгорной зоне, минимизировать непроизводительные потери воды на глубинную фильтрацию и сброс, а также эрозию почвы при поливах.

Ключевые слова: самонапорная оросительная система, дискретная технология полива по бороздам, импульсы полива, уплотненные тупиковые поливные борозды, блок управления поливом, датчик контроля добегающих поливных струй, потери воды на глубинную фильтрацию и сброс, системы органического и биоинтенсивного земледелия.

В почвоведении известно, что плодородие почвы создают живые организмы. Корни растений формируют комковатую структуру почвы и, отмирая, служат пищей почвенной флоре и фауне. Сверху остатки растений покрывают почву слоем органики, которой питаются микробы, насекомые, дождевые черви. Дождевые черви создают в почве систему ходов и превращают органику в биогумус.

Благодаря стабильной, не нарушаемой столетиями структуре и мульче из органических остатков, почва активно дышит, обменивается с атмосферой газами, активно поглощая влагу из теплого воздуха.

Мульча сохраняет постоянную влажность и температуру. В этих условиях активно работают бактерии, превращающие азот воздуха в усвояемую активную нитратную форму. Вырабатываемый почвенной фауной углекислый газ опускается в нижние слои почвы и, превращаясь в угольную кислоту, растворяет минералы и освобождает калий, фосфор, серу, кальций, магний и другие элементы питания растений. При наличии влаги в структурной почве по капиллярам и корням растений элементы поднимаются выше и питают поверхностные корни.

Глубокая вспашка разрушает каналы, уничтожает покровный слой мульчи. Почва перестает дышать, всасывать воду из воздуха. После дождей она уплотняется. В безвоздушных условиях бесструктурной почвы начинают работать анаэробные бактерии и все элементы питания переходят в неусвояемую форму. Ослабленные растения подвергаются болезням и страдают от вредителей [1].

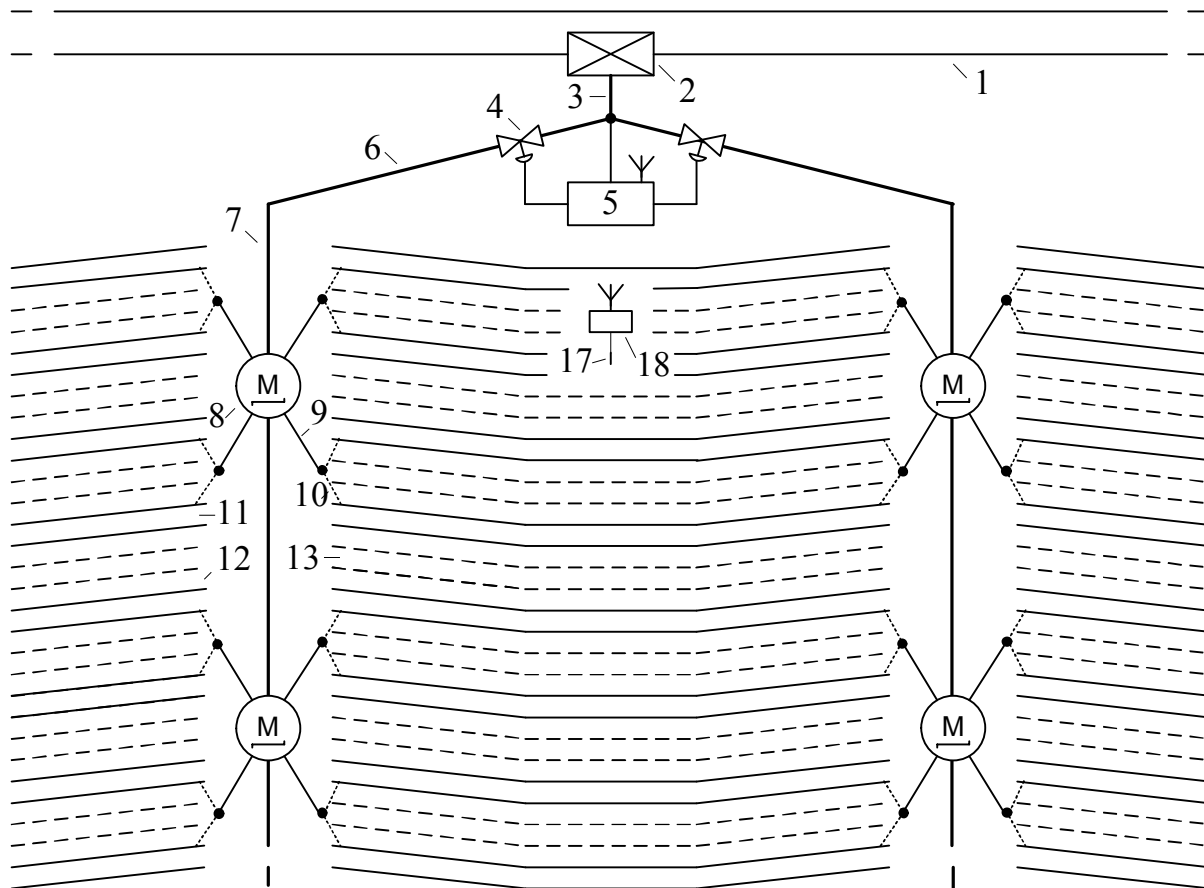
Эти основные положения сохранения и повышения плодородия почвы определили создание систем органического и биоинтенсивного земледелия, систем с нулевой обработкой почвы [2].

Для их реализации в орошаемом земледелии возможно использование наиболее простых и дешевых систем полива с дискретной подачей воды в поливные борозды [3].

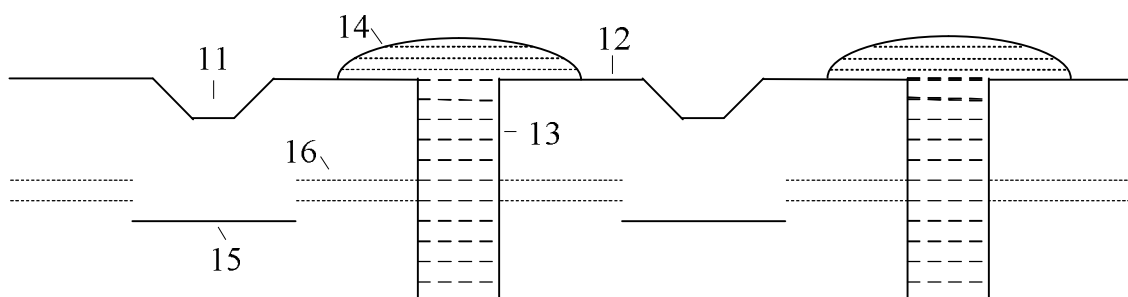
На рисунке 1 приведена схема оросительной системы, осуществляющей полив по бороздам в предгорной зоне, на рисунке 2 – схема биоинтенсивной системы орошаемого земледелия в разрезе поливного участка [4].

Система мелиорации при дискретном поливе по бороздам содержит источник орошения 1, водозаборные сооружения 2, соединенные с напорным трубопроводом 3. На выходе напорного трубопровода 3 установлены затворы 4 с мембранными приводами, соединенными с блоком 5 управления поливом.

Выход напорного трубопровода 3 соединен с парой распределительных трубопроводов 6, выходы которых соединены с двумя поливными трубопроводами 7, проложенными по максимальному уклону местности.



**Рисунок 1 – Схема оросительной системы**



**Рисунок 2 – Схема биоинтенсивной системы орошаемого земледелия**

На поливных трубопроводах 7 установлены шаговые гидравлические двигатели 8, связанные с шаровым распределительным вентилем.

Выходы шарового распределительного вентиля соединены трубками 9 с распределительными бороздами 10. Распределительные борозды 10 соединены с парами уплотненных поливных борозд 11, расположенных по краям грядок 12.

Начальная часть поливных борозд 11 проложена под малым уклоном вдоль горизонталей местности, а их конечная часть выполнена

без уклона в виде глубоких поливных борозд. Концы поливных борозд соединены с аналогичными концами поливных борозд, поливаемых из другого поливного трубопровода 7. Посередине грядок 12 проложены траншеи 13 глубиной до одного метра, заполненные торфом и навозом. Центр грядок 12 накрыт мульчей 14 из растительных остатков.

Под поливными бороздами проложены экраны из мелиоративной пленки 15. Над экранами в активном слое почвы грядок устроен слой песка или гравия 16 (5–10 см), толщина которого увеличивается при приближении к концу начальной части поливных борозд.

В месте стыковки двух контрольных поливных борозд 11, поливаемых из двух соседних поливных трубопроводов 7, установлен датчик 17 контроля добегающей поливной струи, соединенный с устройством сигнализации 18.

Блок управления поливом 5 содержит источник питания, контроллер, электронные ключи, электрогидрореле, радиоприемник.

Устройство сигнализации 18 содержит источник питания, радиопередатчик, устройство контроля замыкания контактов датчика 17 контроля добегающей поливной струи.

При назначении полива в блок 5 управления поливом вводятся данные о поливной норме. После пуска блок 5 управления поливом подает давление воды на мембранный привод затвора 4 первого распределительного трубопровода 6, и вода из первого поливного трубопровода 7 подается в первые пары уплотненных поливных борозд 11, поливаемых из первого поливного трубопровода 7.

После добегающей поливной струи до датчика контроля добегающей поливной струи устройство сигнализации подает радиосигнал, который принимается блоком 5 управления поливом. Блок 5 управления поливом подает команду на закрытие затвора 4 первого поливного трубопровода и открытие затвора 4 второго распределительного трубопровода 6. Вода из второго поливного трубопровода 7 подается в первые пары уплотненных поливных борозд 11. При этом контроллер блока 5 управления поливом запоминает длительность импульса полива.

Во время подачи импульса полива стоки из первых пар политых поливных борозд 11 поливают конечные части вторых пар поливных борозд 11, поливаемых из второго поливного трубопровода 7. После

добегания поливных струй до места стыковки поливных борозд 11 датчик контроля добегания поливных струй подает радиосигнал. Блок 5 управления поливом дает команду на прекращение полива из второго поливного трубопровода и начало полива из первого поливного трубопровода. При этом в результате процесса понижения и повторного повышения давления в поливном трубопроводе шаговые гидравлические двигатели 8 переключают шаровые вентили во второе положение, и вода подается во вторые пары поливных борозд. Длительность импульса при этом соответствует запомненной контроллером длительности импульса полива при подаче воды в первые пары поливных борозд 11. Аналогичным образом осуществляется полив всех четырех пар поливных борозд.

При последующих кругах полива контроллер сравнивает длительность импульсов полива при поливе первых пар поливных борозд. При уменьшении этой разности до заданной уставки контроллер определяет необходимость прекращения цикла круговой подачи импульсов полива и затем увеличивает паузу между циклами подачи импульсов, в зависимости от водно-физических свойств поливаемой почвы, от 12 до 24 часов.

Описанная система биомелиорации позволяет решить основные проблемы орошаемого земледелия:

- колеса сельскохозяйственной техники не уплотняют почву на грядках, так как перемещаются только по бороздам;
- улучшается структура почвы и исчезает необходимость ее вспашки;
- улучшается аэрация почвы;
- в траншеях создаются очаги размножения дождевых червей;
- в активном слое почвы активизируются природные биологические процессы, повышающие ее плодородие;
- увеличивается содержание гумуса в почве;
- сводятся к минимуму затраты труда на борьбу с сорняками и использование минеральных удобрений;
- вследствие улучшения аэрации почвы уменьшается заболеваемость растений;
- выращивается экологически чистая сельскохозяйственная продукция;

- повышаются плодородие почвы и урожайность сельскохозяйственных культур, снижается их подверженность болезням;
- повышается качество поливов, уменьшаются непроизводительные потери поливной воды на испарение и глубинную фильтрацию;
- увеличивается длина поливных борозд, минимизируются затраты на создание мелиоративных систем.

При поливах по бороздам устраняются непроизводительные потери воды на сброс и глубинную фильтрацию, повышается равномерность увлажнения почвы вдоль длины поливных борозд.

### **Список использованных источников**

- 1 Курдюмов, Н. И. Энциклопедия умного дачника / Н. И. Курдюмов. – М.: РИПОЛ классик, 2009. – 512 с.
- 2 Стоун, П. Человек, творящий жизнь / П. Стоун // Энергия. – 1997. – № 10. – С. 44–51.
- 3 Штепа, Б. Г. Механизация полива: справочник / Б. Г. Штепа, В. Ф. Носенко. – М.: Агропромиздат, 1990. – 336 с.
- 4 Пат. 2484620 Российская Федерация, МКИ А 01 G 25/00. Система мелиорации при дискретном поливе по бороздам / Ким И. А., Ким И. И., Ким А. И.; заявитель и патентообладатель Южно-Российский гос. ун-т экономики и сервиса. – Заявл. 11.01.12; опубл. 20.06.13, Бюл. № 17.

УДК 631.6:631.4

**А. В. Недорезов**

Алтайский государственный аграрный университет, Барнаул, Российская Федерация

## **ВЛИЯНИЕ ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И ОРОШЕНИЯ НА НАКОПЛЕНИЕ СОЛЕЙ В ПОЧВАХ АЛЕЙСКОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ**

Ввиду высокой распаханности степной зоны Алтайского края орошаемое земледелие здесь является весьма актуальным для целей кормопроизводства. Сохранившиеся участки орошения в результате длительной эксплуатации могут подвергаться вторичному засолению почв. Вторичное засоление почв в данной зоне во многом обусловлено климатическими условиями и генетическими особенностями почв. В настоящей статье проводится анализ процессов, происходящих в почвах на фоне длительного их орошения. В качестве примера выбрана Алейская оросительная система, которая представляет собой наиболее длительно орошаемый массив, имеющий продолжительную историю научных исследований и технологических наблюдений службы эксплуатации. Отмечено, что в результате всего весеннего цикла почвенной влаги водорастворимые соли, находящиеся в промерзающем слое почвы, переносятся в верхние горизонты и значительная их масса аккумулируется в пахотном слое. Наличие мерзлотного водоупора препятствует вымыванию солей в нижние горизонты почв дождевыми и талыми вода-

ми, а также поливными в ранние сроки полива. Следовательно, в весенний период происходит перенос солей к поверхности почвы, а летом, осенью и зимой осуществляется их накопление в почвенной толще.

Ключевые слова: Алейская оросительная система, орошение, накопление солей, засоление, мелиорация.

Орошаемое земледелие в западной степной зоне Алтайского края произвело переворот в системе ведения сельскохозяйственного производства. Обширная распаханность территории этой зоны (60–80 %) привела к значительной утрате продуктивных кормовых угодий, поставив тем самым проблему кормопроизводства засушливой и сухой степей Алтайского края в разряд первостепенных.

Кроме этого, постоянно проводимая политика повышения производительности животноводства обусловила смену традиционной для данной зоны породы скота (красной казахской породы), поедавшей любую сформированный в данных природных условиях корм, на более производительные породы (симментальскую и черно-пеструю), требующие обилия сочных кормов и сена, которые в данных природных условиях получать в необходимых количествах довольно проблематично. Поэтому даже после реформирования системы мелиорации орошаемое земледелие в этой зоне остается жизненно необходимым для нормального функционирования сельскохозяйственного производства и жизнеобеспечения местного населения.

Данная зона территориально располагается в 18 западных административных районах Алтайского края и занимает по площади около 5 млн га.

Наиболее старой и изученной в этой зоне является Алейская оросительная система, истоки формирования которой уходят в начальные годы прошлого столетия. Официальной датой создания этой системы считается 1939 год, когда было завершено строительство плотины системы Поаре на р. Алей и налажена служба эксплуатации Алейской оросительной системы.

Водозабор из реки достигал 40 млн м<sup>3</sup>/год. Орошаемая площадь составляла 8600 га. В настоящее время, после запуска второй очереди оросительной системы, площадь составляет около 42 тыс. га.

Таким образом, отдельные участки территории Алейской оросительной системы находятся под влиянием орошения уже около 80 лет, а преобладающая часть – примерно 50–55 лет.

Наиболее крупные научные исследования на территории Алейской оросительной системы проводились Томским государственным университетом совместно с Алтайским сельскохозяйственным институтом (1950–1962 гг.), Ленинградским государственным проектным институтом водного хозяйства (1971–1979 гг.), почвенным отделом Биологического института почвоведения и агрохимии Сибирского отделения Академии наук СССР (1964–1973 гг.), Алтайским филиалом Сибирского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации (1975–1986 гг.), службой эксплуатации Алейской оросительной системы.

Массив Алейской оросительной системы расположен территориально в пределах Рубцовского района Алтайского края и занимает левобережную часть аллювиальной террасированной равнины р. Алей. На равнинной поверхности речных террас формируется ряд относительно крупных низин, занятых мелководными, иногда солеными озерами. Также значительное распространение имеют обширные замкнутые формы микрорельефа, которые порой визуалью даже слабо заметны, но играют значительную роль в дифференциации почвенного покрова.

Орошаемый массив находится в пределах 210–226 м абсолютной высоты, средний уклон местности составляет около 0,00026. Общая дренированность территории недостаточная и обеспечивается только р. Алей.

Формирование современной поверхности исследуемой территории происходило под влиянием ледниковых вод, стекавших с Горного Алтая, и деятельности р. Алей.

Многочисленными исследованиями (Обручева, 1927; Кучина, 1940; Бейрома, 1958; Стругалевой, Феско, 1962; Акуленко, 1979, 1995) было установлено геологическое строение территории Алейской оросительной системы.

Вдоль русла р. Алей выявлен мощный слой в 7–12 м песчано-гравийных аллювиально-пролювиальных отложений, подстилаемых водоупорной глиной. По мере удаления от реки песчано-гравийные отложения углубляются и постепенно сменяются крупнозернистыми песками с прослойками гравия, лежащими на территории орошения на глубине 3,5–15,0 м [1].



Современные покровные аллювиальные отслоения представлены толщей суглинков, супесей и песков, лежащих на песчано-гравийных отложениях мощностью от 4 до 15 м, которые подстилаются среднечетвертичными синими сульфатно-карбонатными глинами, суглинками или глинами плиоцена [2].

Таким образом, на территории Алейской оросительной системы прослеживаются засоленные породы в пределах зоны аэрации, что потенциально может служить источником засоления при активном орошении земель. Климат территории отличается резкой континентальностью, обусловленной воздействием Горного Алтая на процессы атмосферной циркуляции.

Воздушные массы Атлантики, проходя большие расстояния, сильно иссушаются. Арктические и среднеазиатские воздушные массы изначально обеднены влагой. Поэтому в течение года здесь преобладает устойчивая малооблачная погода с количеством лучистой энергии большим, чем на этой же широте в европейской части России. Максимальные летние температуры достигают плюс 38 – плюс 40 °С, минимальные зимние – минус 40 – минус 45 °С при средних температурах июля плюс 18 – плюс 20 °С и января – минус 17 – минус 19 °С.

Сумма активных температур ( $t > 10$  °С) за вегетационный период составляет 2200–2400 °С. Испаряемость с поверхности почвы равна 460 мм. Гидротермический коэффициент территории по Г. Т. Селянину составляет 0,8–0,6, что ниже оптимального (1,2) и свидетельствует о засушливости климата.

Осадки за май – июнь, по многочисленным наблюдениям, не превышают 70–80 мм. Запасы воды в снеге составляют в среднем 65–78 мм. Осадки за вегетационный период в среднем составляют 215–238 мм. Испаряемость за этот же период составляют 460 мм. Глубокое промерзание почв в зимний период (180–200 см) практически исключает впитывание и фильтрацию паводковых вод, в связи с этим складывается ситуация, при которой преобладание испарения над поступлением воды в почву начинается с момента схода снежного покрова. Это способствует транспортировке солей из нижних слоев почвы к поверхности вместе с восходящими токами испаряющейся влаги. Особенно интенсивно этот процесс отмечается при высоком стоянии уровня грунтовых вод.

На основной территории орошаемого массива в летний период грунтовые воды находятся на глубине 2–3 м, вблизи магистрального канала и крупных распределителей воды уровень грунтовых вод поднимается до 1,0–1,5 м. Зимой за счет сработки грунтовых вод уровень понижается и находится в среднем на глубине 320–350 см.

Характер понижения зеркала грунтовых вод в осенне-зимний период свидетельствует о наличии постоянного потока их по уклону местности к долине р. Алей, что подтверждается их невысокой минерализацией и гидрокарбонатно-сульфатным составом солей [3].

Природные особенности влагосолепереноса во многом осложняются хозяйственной деятельностью человека. Длительное время водораспределение на территории Алейской оросительной системы осуществлялось посредством магистрального канала и многочисленных водораспределительных каналов различного назначения. В результате фильтрации воды из каналов под ними формируется фильтрационный купол, который во многом снижает скорость подземного стока и способствует концентрации транспортируемых с подземным стоком солей. Аналогичное действие оказывают на подземный и внутрисочвенный сток магистрали автомобильного и железнодорожного транспорта, расположенные поперек основного уклона местности.

По наблюдениям П. С. Панина (1971 г.), на Алейской оросительной системе весной при оттаивании почв происходит активная дифференциация солей в почвенном профиле – перемещение их к поверхности. Восходящее движение солей определяется специфическими особенностями водного режима почв в этот период.

Первая из них – наличие временной надмерзлотной верховодки, формирующейся за счет влаги оттаявшего слоя и талых вод. Испарение влаги с поверхности почв начинается сразу после схода снега. До полного разморзания прослеживается несколько этапов по испаряемости влаги:

- вначале оттаявший слой почвы еще очень маломощный и полностью насыщен свободной влагой. Наблюдается сток влаги по поверхности почвы, который транспортирует частички почвы, растворенный гумус и соли и аккумулирует их в микроотложениях;

- постепенно зеркало надмерзлотной верховодки опускается в слой талой почвы. В это время в понижениях испарение идет с вод-

ной поверхности, а на повышениях – с поверхности почвы, что обеспечивает равномерную капиллярную подпитку поверхности почв;

- понижение надмерзлотной верховодки на большую глубину способствует преобладанию величины испарения над капиллярной подпиткой, о чем свидетельствует подсыхание верхушек гребней на вспашке и микроповышений с образованием солевых выцветов;

- оттаивание всего мерзлого слоя почвы и исчезновение верховодки приводят к разрыву капилляров, питающих поверхность почвы, вследствие этого образуется две зоны соленакопления: пахотный слой с поверхности и граница подпертой капиллярной каймы внутри почвы на некоторой глубине в зависимости от гранулометрического состава почвообразующих пород.

В результате всего весеннего цикла режима почвенной влаги водорастворимые соли, находящиеся в промерзающем слое почвы, переносятся в верхние горизонты и значительная их масса аккумулируется в пахотном слое.

Наличие мерзлотного водоупора препятствует вымыванию солей в нижние горизонты почв дождевыми и талыми водами, а также поливными в ранние сроки полива. Но тем не менее эти воды приносят пользу тем, что разбавляют концентрацию солей почвенного раствора, чем обеспечивают выход посевных культур и первые фазы их развития.

Следовательно, в весенний период происходит перенос солей к поверхности почвы, а летом, осенью и зимой осуществляется их накопление в почвенной толще.

### **Список использованных источников**

1 Стругалева, Е. В. К вопросу о генезисе и формах засоления почв Алейской оросительной системы (АОС) / Е. В. Стругалева // Труды первой сибирской конференции почвоведов. – Красноярск, 1962. – С. 289–297.

2 Орловский, Н. В. Засоление почв на Алейской оросительной системе и меры предотвращения и борьбы с ним / Н. В. Орловский, К. Я. Феско // Труды Томского государственного университета им. В. В. Куйбышева. – Томск, 1957. – С. 82–91.

3 Панин, П. С. Процессы засоления и рассоления почв / П. С. Панин, И. Б. Долженко, Б. И. Чуканов. – Новосибирск: Наука, 1976. – 176 с.

**К. Ф. Кузиев**

НИЦ «Научные основы и проблемы развития экономики Узбекистана»  
при Ташкентском государственном экономическом университете, Ташкент,  
Республика Узбекистан

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬНО-ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В РЕГИОНАХ В УСЛОВИЯХ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ ПОЛИТИКИ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ**

В статье приведены данные о площадях орошаемых угодий Республики Узбекистан, используемых землепользователями, занимающимися сельскохозяйственным производством; распределении орошаемых земель в общей площади сельскохозяйственных угодий по регионам; эффективности мелиоративных мероприятий, выполненных в рамках программы по улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель на период 2008–2012 гг. и 2013 г.; внедрении систем капельного орошения и других водосберегающих технологий полива в 2013 году. Сделаны выводы о том, что в условиях глобализации усиливается проблема продовольственной безопасности, требующая повышения плодородия земель, в регионах необходимо ставить вопрос о повышении эффективности непригодных орошаемых земель путем совершенствования специализации сельскохозяйственной отрасли данных регионов, в регионах с дефицитом водных ресурсов программы внедрения водосберегающих технологий полива практически не реализуются. В этих условиях особую роль играют инвестиционные и инновационные программы.

Ключевые слова: земельно-водные ресурсы, ресурсосбережение, специализация сельскохозяйственной отрасли, плодородие, экологическая деградация земель, региональная диспропорция, диверсификация сельскохозяйственной отрасли.

В условиях модернизации отраслей экономики актуальным является применение ресурсосберегающих технологий в целях повышения плодородия почв. На сегодняшний день актуальнейшей задачей охраны почвенного покрова является поддержание его плодородия. Около 75 % всех почв Узбекистана имеют в той или иной мере пониженную продуктивность или вовсе не продуктивны из-за недостаточной обеспеченности влагой и засоленности. Надо иметь в виду, что около половины обрабатываемых почв находится в аридных и засушливых зонах.

Острота данной проблемы в Узбекистане нарастает из-за огромного демографического давления, что подчеркивает в своей речи президент Узбекистана И. А. Каримов [1]: «Речь в первую очередь идет о продолжающейся экологической деградации окружающей среды и

непредсказуемых последствиях изменения климата, часто повторяющихся засухах и дефиците водных ресурсов, в том числе истощении подземных вод для орошения, недостаточности инвестиций, направляемых для ирригации, мелиорации и восстановления плодородия земель. Экологическая деградация земель усугубляется неограниченным интенсивным использованием химикатов, удобрений и пестицидов. Сюда же добавляются и проблемы с урбанизацией, перетоком населения в города из сельской местности, что существенно сокращает земельные площади для выращивания продовольствия».

Общая площадь земельного фонда Узбекистана составляет 44410,3 тыс. га, из них половина – это сельскохозяйственные угодья (20481 тыс. га). Остальная территория земельного фонда – это земли, отведенные под строительство (жилье, промышленные объекты, дороги и др.), а также горы, пустыни, ледники, леса и т. д. Сельскохозяйственные угодья включают в себя 4,3 млн га обрабатываемых земель, в том числе орошаемые (3,7 млн га), многолетние насаждения (сады, виноградники), естественные луга и пастбища (таблица 1) [2, 3]. Резервов для дальнейшего расширения орошаемых земель практически нет, остаются экстремальные территории (степи, пустыни, полупустыни). К тому же во многих регионах Узбекистана обрабатываемые орошаемые земельные ресурсы быстро сокращаются из-за засоления, отторжения под строительство, горнопромышленные разработки, поглощения городами и другими населенными пунктами. Огромные площади возделываемых земель утрачиваются в результате деградации.

**Таблица 1 – Структура земельной площади, используемой земледельцами, занимающимися сельскохозяйственным производством (на 1 января 2013 года)**

В тыс. га

Регион	Общая земельная площадь	Из них		
		площадь сельскохозяйственных угодий	приусадебное землепользование, садовые и огородные земельные участки	прочие (лесные насаждения и другие)
1	2	3	4	5
Республика Узбекистан	20481,1	15600,9	616,2	4264,0
Республика Каракалпакстан	3271,0	2106,5	35,5	1129,0

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
Области:				
Андижанская	373,9	254,9	40,7	78,3
Бухарская	3360,8	2526,6	57,1	777,1
Джизакская	1447,4	1182,4	28,4	236,6
Кашкадарьинская	2404,8	2012,4	74,0	318,4
Навоийская	4103,8	3597,1	18,4	488,3
Наманганская	504,6	287,0	40,2	177,4
Самаркандская	1509,1	1221,1	79,3	208,7
Сурхандарьинская	1369,9	1009,4	58,3	302,2
Сырдарьинская	374,2	285,7	17,2	71,3
Ташкентская	784,3	575,0	53,8	155,5
Ферганская	566,8	312,7	64,6	189,5
Хорезмская	410,1	230,0	48,7	131,4
г. Ташкент	0,2	0,2	-	-

Данные таблицы 1 показывают, что наибольший удельный вес в общей площади сельскохозяйственных угодий Узбекистана занимают сельскохозяйственные угодья Навоийской области – 23,1 % (3597,1 тыс. га), Бухарской области – 16,2 % (2526,6 тыс. га), Республики Каракалпакстан – 13,5 % (2106,5 тыс. га), Кашкадарьинской области – 12,9 % (2012,4 тыс. га) и Самаркандской области – 7,8 % (1221,1 тыс. га). Сельскохозяйственные угодья Хорезмской области занимают 1,5 % общей площади сельскохозяйственных угодий Узбекистана (230,0 тыс. га), Андижанской – 1,6 % (254,9 тыс. га), Сырдарьинской – 1,7 % (285,7 тыс. га), Наманганской – 1,8 % (287,0 тыс. га), Ферганской – 2,0 % (312,7 тыс. га) и Ташкентской – 3,6 % (575,0 тыс. га).

Наибольший удельный вес в общей площади приусадебных участков республики занимают приусадебные участки Самаркандской области – 12,8 % (79,3 тыс. га), Кашкадарьинской – 12,0 % (74,0 тыс. га), Ферганской – 10,5 % (64,6 тыс. га), Сурхандарьинской – 9,5 % (58,3 тыс. га), Бухарской – 9,3 % (57,1 тыс. га), Ташкентской – 8,7 % (53,8 тыс. га). В общей площади приусадебных участков Узбекистана приусадебные участки Сырдарьинской области занимают 2,8 % (17,2 тыс. га), Навоийской – 2,9 % (18,4 тыс. га), Джизакской – 4,6 % (28,4 тыс. га) и Республики Каракалпакстан – 5,8 % (35,5 тыс. га).

Такие диспропорции свидетельствуют о географических и природных факторах. Обращает на себя внимание то, что во всех регионах площадь приусадебных земель не достигает 100 тыс. га, это связано с тем, что плодородных орошаемых земель очень мало (таблица 2) [2, 3].

**Таблица 2 – Площадь орошаемых угодий, используемых земледельцами, занимающимися сельскохозяйственным производством (на 1 января)**

В тыс. га

Регион	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.
Республика Узбекистан	3716,9	3714,7	3714,6	3713,8
Республика Каракалпакстан	476,6	476,5	476,5	476,5
Области:				
Андижанская	232,7	233,5	233,6	233,6
Бухарская	226,5	226,5	226,6	226,6
Джизакская	275,8	276,8	276,7	276,5
Кашкадарьинская	457,8	458,7	458,6	458,4
Навоийская	105,6	107,0	107,0	107,0
Наманганская	235,0	235,0	234,9	234,9
Самаркандская	308,4	308,3	308,3	308,3
Сурхандарьинская	270,9	270,8	270,8	270,8
Сырдарьинская	273,3	267,0	267,1	266,6
Ташкентская	335,9	336,0	336,2	336,2
Ферганская	297,0	297,1	297,1	297,2
Хорезмская	220,9	221,0	220,9	221,1
г. Ташкент	0,5	0,5	-	0,2

По данным 2013 года, средняя площадь орошаемых земель по республике составляет 285 тыс. га. Высокие показатели по удельному весу орошаемых угодий в общей площади орошаемых земель Узбекистана имеют Республика Каракалпакстан – 12,8 % (476,5 тыс. га), Кашкадарьинская область – 12,3 % (458,4 тыс. га), Ташкентская – 9,1 % (366,6 тыс. га), Самаркандская – 8,3 % (308,3 тыс. га) и Ферганская – 8,1 % (297,2 тыс. га). Самый низкий удельный вес у Навоийской области – 2,8 % (107 тыс. га), и наблюдается тенденция к увеличению на 112,2 %.

В целом по площади распределения орошаемых земель нет больших диспропорций между регионами (таблица 3) [2, 3]. Как показывает анализ, наиболее эффективно используются орошаемые земли в Андижанской, Ферганской, Ташкентской, Наманганской и Хорезмской областях, наименее – в Республике Каракалпакстан, Бухарской, Сырдарьинской областях, что связано с малой обеспеченностью водными ресурсами и засоленностью земель.

Анализ распределения орошаемых земель в общей площади сельскохозяйственных угодий по регионам показывает, что в среднем по республике доля орошаемых земель в общей площади сельскохозяйственных угодий составляет 23,8 %. Самые высокие показатели

в Хорезмской области – 96,1 %, Ферганской – 95,0 %, Сырдарьинской – 93,0 %, Андижанской – 91,6 %, Наманганской – 81,8 %. Самые низкие – в Навоийской области – 3,0 %, Бухарской – 9,0 %, в Республике Каракалпакстан – 22,6 %, Джизакской области – 23,4 %. Данная диспропорция объясняется природными условиями регионов. Большие площади вышеперечисленных областей непригодны для орошаемого земледелия (горы, пустыни и т. д.). Эта проблема поднимает вопрос повышения эффективности непригодных орошаемых земель путем совершенствования специализации сельскохозяйственной отрасли данных регионов.

**Таблица 3 – Доля орошаемых земель в общей площади сельскохозяйственных угодий по регионам**

Регион	Доля орошаемых земель в общей площади сельскохозяйственных угодий (в процентах)			Орошаемых земель на душу населения (в гектарах)		
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.
Республика Узбекистан	23,6	23,8	23,8	0,13	0,13	0,12
Республика Каракалпакстан	22,6	22,6	22,6	0,28	0,28	0,28
Области:						
Андижанская	91,6	91,6	91,6	0,09	0,09	0,08
Бухарская	9,0	9,0	9,0	0,13	0,13	0,13
Джизакская	23,6	23,6	23,4	0,24	0,23	0,23
Кашкадарьинская	22,7	22,8	22,8	0,17	0,17	0,16
Навоийская	3,0	3,0	3,0	0,12	0,12	0,12
Наманганская	81,9	81,8	81,8	0,10	0,10	0,10
Самаркандская	25,2	25,2	25,2	0,09	0,09	0,09
Сурхандарьинская	26,9	26,8	26,8	0,12	0,12	0,12
Сырдарьинская	93,3	93,3	93,3	0,37	0,36	0,36
Ташкентская	58,5	58,5	58,5	0,13	0,13	0,12
Ферганская	95,1	95,0	95,0	0,09	0,09	0,09
Хорезмская	96,1	96,1	96,1	0,14	0,14	0,13

Опустынивание – также не новый процесс, но он, как и эрозия, ускорился в новейшее время по причинам нерационального и экстенсивного земледелия. Из общей площади орошаемых земель более половины подвержены засолению, из них 31 % засолены в слабой степени и 20 % – в средней и сильной степени. Засолению наиболее сильно подвержены земли в Республике Каракалпакстан, Хорезмской, Бухарской, Сурхандарьинской, Джизакской, Сырдарьинской областях и в Центральной Фергане. Исходя из этого было принято постановление Кабинета Министров РУз по улучшению и усовершенствованию мелиоративного состояния орошаемых земель в регионах в 2008 и 2011 годах



согласно Постановлению Президента Республики Узбекистан от 19 марта 2007 г. № ПП-817 «О государственной программе мелиоративного улучшения орошаемых земель на период 2008–2012 годы» [4].

Согласно данному постановлению разработано положение об осуществлении проектов по улучшению мелиоративного состояния и порядке экспертизы орошаемых земель, а также сформирован фонд улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель. Согласно данным указам и постановлениям был осуществлен ряд проектов, направленных на улучшение мелиоративного состояния земель. По данным Министерства экономики РУз автором был произведен расчет эффективности мелиоративных мероприятий, выполненных в рамках программы по улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель на период 2008–2012 гг. и 2013 г. (таблица 4). Как показал анализ, за период с 2008 по 2013 г. включительно улучшено общее состояние более 1464,7 тыс. га земли, что составляет 34 % площади орошаемых земель.

**Таблица 4 – Эффективность мелиоративных мероприятий, выполненных в рамках программы по улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель на период 2008–2012 гг. и 2013 г.**

Период	Орошаемая площадь, тыс. га	Эффективность от реализации программы (тыс. га)			
		Улучшено мелиоративное состояние земель*	в том числе		
			снижена площадь средне- и сильнозасоленных земель	снижена площадь с уровнем залегания грунтовых вод до 2 м	поддержано мелиоративное состояние земель
2008–2012 гг.	4303,3	1200,1	81,0	364,6	754,5
2013 г.	4303,3	264,6	31,6	50,5	182,5
Всего	4303,3	1464,7	112,6	415,1	937,0
Доля к общей орошаемой площади, %		34,0	2,6	9,6	21,8

\* Площади орошаемых земель, на которых улучшено мелиоративное состояние, обеспечена стабильность и предотвращено ухудшение.

Как видно из данных таблицы 4, большая часть проведенных работ относится к поддержанию мелиоративного состояния земель (21,8 %), снижению уровня грунтовых вод (9,6 %), тогда как состояние земли непосредственно было улучшено всего лишь на 2,6 % орошаемых земель. Из этого следует вывод, что состояние большей части орошаемых земель очень тяжелое, требует более масштабных работ и

мер, чем просто поддержка мелиоративного состояния земель. В структуре орошаемых земель 47,3 % относится к низко- и средне-продуктивным землям. Данные цифры свидетельствуют о наличии достаточно острой проблемы деградации почв, что требует разработки более объемных и эффективных программ по решению задач улучшения мелиоративного состояния земель и повышения их плодородия. Это в свою очередь позволит обеспечить и повысить уровень продовольственной безопасности страны.

Одним из важных методов улучшения мелиоративного состояния земель является применение водосберегающих технологий орошения. И в нашей стране в данном направлении начаты определенные работы. Расчеты автора по данным Министерства экономики РУз (таблица 5) показывают, что внедрение водосберегающих технологий в регионах непропорционально относительно растущих показателей дефицита водных ресурсов в регионах.

**Таблица 5 – Информация о внедрении систем капельного орошения и других водосберегающих технологий полива в 2013 году**

Регион	Системы капельного орошения	Полив по экранированным полиэтиленовыми пленками бороздам	Полив по переносным гибким трубопроводам, сифонам	Суммарный показатель по всем видам водосберегающих технологий полива
Республика Каракалпакстан	2,0	10,0	7,0	19,0
Области:				
Андижанская	210,0	50,0	40,0	300,0
Бухарская	11,0	10,0	8,0	29,0
Джизакская	210,0	204,0	100,0	514,0
Кашкадарьинская	317,6	150,0	114,0	581,6
Навоийская	170,0	20,0	20,0	201,0
Наманганская	197,2	4,0	45,0	246,2
Самаркандская	613,0	32,0	32,0	677,0
Сурхандарьинская	112,0	4,0	20,0	136,0
Сырдарьинская	10,0	15,0	25,0	50,0
Ташкентская	222,8	21,0	29,5	273,3
Ферганская	307,8	30,0	20,0	357,8
Хорезмская	9,0	8,0	10,0	27,0
Всего	2392,4	558,0	470,5	3420,9

Например, в Республике Каракалпакстан, в Бухарской, Сырдарьинской и Хорезмской областях наблюдаются высокие показатели дефицита водных ресурсов. В данных регионах одним из способов пре-

одоления проблемы дефицита водных ресурсов является внедрение водосберегающих технологий. Анализ данных таблицы 5 показывает, что за 2013 год в республике всего внедрено водосберегающих технологий полива на 3420,9 га, что составляет менее 0,08 % всех орошаемых земель. В вышеуказанных регионах водосберегающие технологии внедрены всего лишь на 125 га, что составляет 0,036 %. Данный факт позволяет сделать вывод, что именно в регионах с дефицитом водных ресурсов программы внедрения водосберегающих технологий полива практически не развиваются. В этих условиях особую роль играют инвестиционные и инновационные программы [5].

Исходя из результатов анализа, можно делать следующие выводы:

- в условиях глобализации усиливается проблема продовольственной безопасности, которая требует повышения плодородия земель;
- в регионах необходимо ставить вопрос о повышении эффективности непригодных орошаемых земель путем совершенствования специализации сельскохозяйственной отрасли данных регионов;
- анализ показывает, что в регионах с дефицитом водных ресурсов программы внедрения водосберегающих технологий полива практически не развиваются. В этих условиях особую роль играют инвестиционные и инновационные программы.

### **Список использованных источников**

1 Речь Президента Узбекистана Ислама Каримова на международной конференции «О важнейших резервах реализации продовольственной программы в Узбекистане» // Народное слово. – 2014, 7 июня.

2 Сельское хозяйство Узбекистана: статистический сборник: 2010–2013. – Ташкент.

3 Статистический ежегодник регионов Узбекистана: 1991–2012. – Ташкент.

4 О государственной программе мелиоративного улучшения орошаемых земель на период 2008–2012 годы // Ведомости палат Олий Мажлиса Республики Узбекистан. – 2008. – № 3. – С. 164.

5 Гранберг, А. Г. Основы региональной экономики / А. Г. Гранберг. – 3-е изд. – М., 2003. – 317 с.

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ЗАЩИТЕ  
ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВОГРУНТОВ И ВОДНЫХ  
ОБЪЕКТОВ В ЗОНЕ СКЛАДИРОВАНИЯ ОТХОДОВ  
НА ОСНОВЕ ТЕХНОГЕННЫХ БАРЬЕРОВ**

Приведены методические подходы к численному моделированию процессов распределения и аккумуляции влаги, перехвата и утилизации мигрирующих веществ техногенными физико-химическими барьерами в природоохранных мелиоративных мероприятиях. Решение проблемы защиты территорий и водных объектов от загрязнения возможно за счет внедрения новых или усовершенствования существующих технологий, характеризующихся значительным научно-техническим потенциалом. При этом действенным подходом к защите территорий и водных объектов в зоне складирования отходов является использование эколого-мелиоративных мероприятий, включающих создание физико-химических барьеров, функционирование которых в зависимости от вида и назначения будет направлено на перераспределение и аккумуляцию влаги или перехват, локализацию и последующую нейтрализацию мигрирующих загрязняющих веществ. Реализация приведенных в статье математических моделей может быть осуществлена в программах UNSAT-H, HYDRUS, а также в среде визуального программирования (например, Delphi 7.0) и позволит проводить значительное количество числовых экспериментов и выполнять их анализ.

Ключевые слова: защита, загрязнение, почвогрунты, водные объекты, отходы, техногенные барьеры.

Защита от загрязнения территорий и водных объектов в зоне складирования твердых бытовых и промышленных отходов имеет весьма сложный комплексный характер, поэтому в настоящее время этой проблемой занимаются ученые и производственники разных направлений подготовки и сфер профессиональной деятельности, а дальнейшие исследования требуют привлечения новых ресурсов и межотраслевой координации работ. Техногенный поток фильтрата со свалки или полигона твердых бытовых отходов (ТБО) оказывает долговременное негативное воздействие на окружающий ландшафт, изменяет всю биогеохимическую обстановку, приводя таким образом к нарушению ландшафтно-геохимической структуры природной системы в целом.

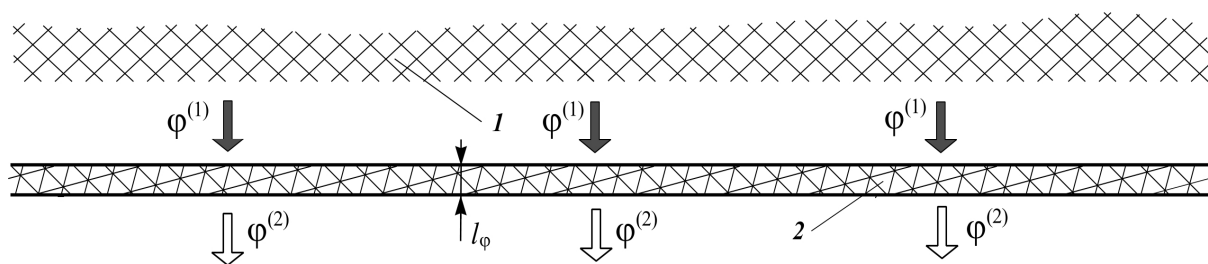
По аналогии и в отличие от комбинированной дренажной системы с фильтрующе-аккумулирующими элементами [1, 2], а также

на основании результатов собственных системных исследований и исследований других ученых, авторами предложены дренажно-аккумулятивная система (ДАС) и интенсивная дренажно-аккумулятивная система (ИДАС), которые могут быть применены как техногенные барьеры для локализации загрязнения, очистки и безопасного отведения фильтрационных вод в зоне складирования ТБО [3, 4].

Принцип работы ДАС базируется на теории техногенных физико-химических барьеров и заключается в следующем. Сложность строения свалок и полигонов ТБО как техноприродных объектов, а также объективное действие физических сил различной природы и погодно-климатических факторов на условно выделенный объем отходов обуславливает движение многокомпонентных и многофазовых потоков загрязняющих веществ в пределах рассматриваемых объектов в вертикальном и горизонтальном направлениях.

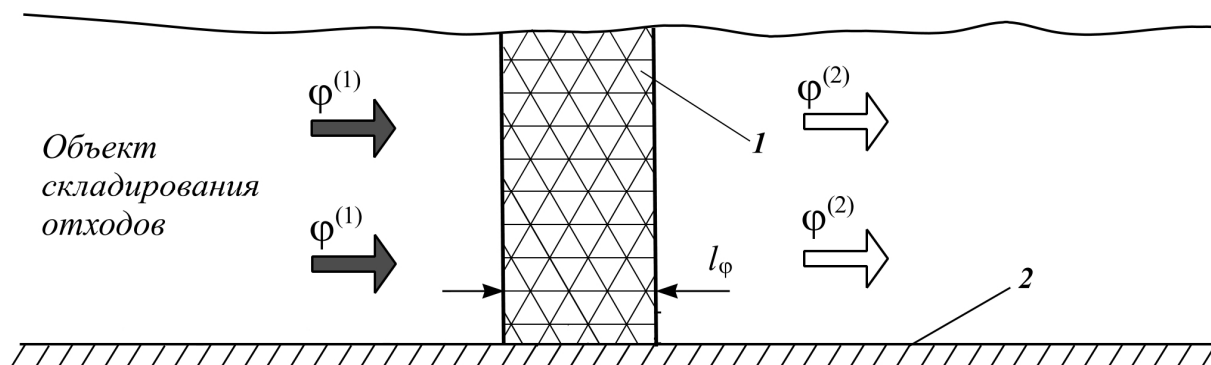
Если движение фильтрата происходит в вертикальном направлении (что обычно обусловлено объемными внутренними силами), то локализация и дальнейшая нейтрализация вредных химических соединений, содержащихся в нем, осуществляются при прохождении последних через слои мелиоранта-сорбента в отвалах отходов и в основе котлована. Эти слои устраиваются для пересыпания отходов (исходя из условий эксплуатации) и предназначены для частичной очистки потока фильтрата и поглощения (или очистки) биогаза [5]. Исходя из вышеприведенного, систематическая ДАС в целом и ее составляющие конструктивные элементы – слои мелиоранта-сорбента в основе котлована и в отвалах отходов – выступают в качестве техногенных вертикальных плоскостных геохимических барьеров (рисунок 1).

Движение загрязняющих веществ также осуществляется в горизонтальном направлении, что обусловлено конвективной (в потоке грунтовых вод) и диффузной (в почве) миграцией компонентов [6]. В данном случае локализацию и нейтрализацию токсических соединений предусмотрено осуществлять в траншеях-поглотителях, устроенных по периметру объекта складирования отходов. Спроектированная таким образом ДАС является ограждающей и выступает в качестве техногенного латерального геохимического барьера (рисунок 2).



1 – отвалы ТБО; 2 – область концентрации элементов;  
 $\varphi^{(1)}$ ,  $\varphi^{(2)}$  – значение (концентрация) некоторого химического соединения  
 $\{\varphi\}$ ,  $\varphi=1, n_\varphi$ , соответственно до и после барьера;  $l_\varphi$  – длина барьера

**Рисунок 1 – Параметры и принцип работы техногенного вертикального плоскостного геохимического барьера объекта складирования отходов при применении мелиоративных мероприятий**



1 – область концентрации элементов; 2 – водоупорный слой почвы;  
 остальные обозначения аналогичны предыдущим

**Рисунок 2 – Параметры и принцип работы техногенного латерального геохимического барьера объекта складирования отходов при применении мелиоративных мероприятий**

Таким образом, наибольшей экологической эффективностью и экономической целесообразностью характеризуются следующие техногенные барьеры для мелиоративных природоохранных мероприятий [6]:

- сорбционный геохимический барьер, устраивается преимущественно в котловане или по периметру объекта складирования отходов и представлен природными сорбентами и ограждающими дренажными устройствами для нейтрализации и локализации мигрирующих токсичных химических веществ и их соединений;

- испарительный гидрофизический (капиллярный) барьер, устраивается в рекультивационном слое объекта складирования отходов

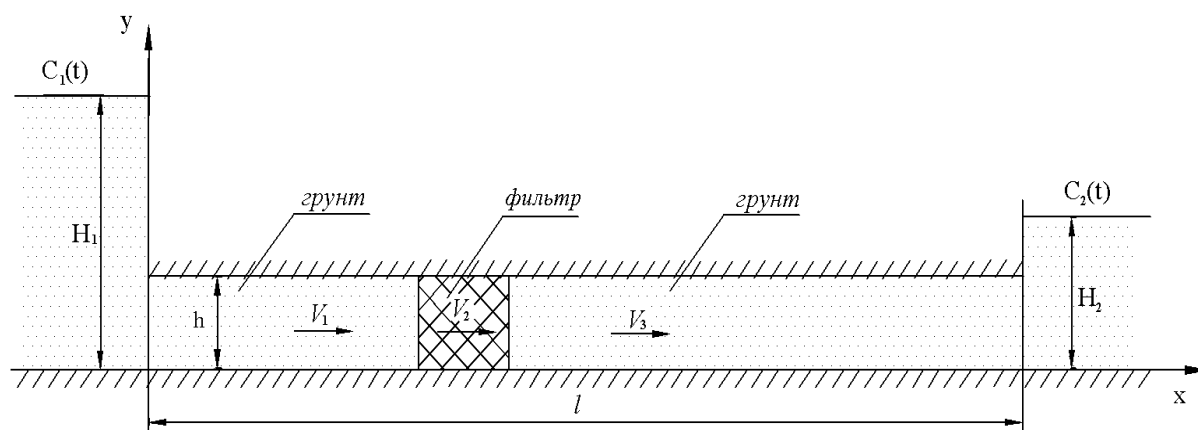
и представлен слоями грунта с различными водно-физическими характеристиками.

Наибольший интерес при теоретическом обосновании данных барьеров представляют математические модели процессов:

- утилизации мигрирующих в фильтрационном потоке веществ системой фильтров-уловителей в одномерном нестационарном случае;

- влагообмена в ненасыщенной среде рекультивационного слоя.

Процесс утилизации мигрирующих в фильтрационном потоке веществ системой фильтров-уловителей в одномерном нестационарном случае (рисунок 3) обусловлен и сопровождается явлениями массопереноса, кинетики сорбции и фильтрации [7].



**Рисунок 3 – Утилизация мигрантов с использованием фильтра-уловителя**

Согласно исследованиям А. П. Власюка, Г. М. Кулиша [7], краевая задача такой модели описывается в виде системы уравнений для концентраций  $c_i(x, t)$ ,  $i = \overline{1, n}$ :

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( D_i(c) \frac{\partial c}{\partial x} \right) - V_i(c) \frac{\partial c_i}{\partial x} - \frac{\partial N}{\partial t} = \sigma_i \frac{\partial c_i}{\partial t}, \quad i = \overline{1, n},$$

где  $D_i$  – коэффициент конвективной диффузии;

$V_i$  – скорость фильтрации;

$t$  – время;

$\sigma(x)$  – напряжение почвенного массива;

- кинетики сорбции:

$$\frac{\partial N}{\partial t} = \gamma(c_i - C_*),$$

где  $\gamma$  – коэффициент массообмена;

$C_*$  – концентрация предельного насыщения;

- фильтрации подземных вод:

$$V_2 = -k_i \frac{\partial h_i}{\partial x} + v_i \frac{\partial c_i}{\partial x}, \quad \frac{\partial V_i}{\partial x} = 0, \quad i = \overline{1, n},$$

при следующих краевых условиях для концентраций  $c_i$  и напора  $h$ :

- начальном условии для концентраций:

$$c_i(x, 0) = \tilde{C}_0^i(x), \quad i = \overline{1, n},$$

где  $\tilde{C}_0^i(x)$  – распределение концентрации в слое почвы в начальный момент времени;

- граничных условиях для концентраций:

$$c_1(0, t) = \tilde{C}_1(t), \quad c_3(l, t) = \tilde{C}_2(t),$$

где  $\tilde{C}_1(t)$  – концентрация растворенных веществ перед фильтром;

$\tilde{C}_2(t)$  – концентрация растворенных веществ после прохождения фильтра;

- условиях сопряжения для концентраций:

$$c_i(l_i, t) = c_{i+1}(l_i, t), \quad i = \overline{1, n-1},$$

$$D_i \frac{\partial c_i(l_i, t)}{\partial x} - V_i C_i = D_{i+1} \frac{\partial c_{i+1}(l_i, t)}{\partial x} - V_{i+1} C_{i+1}, \quad i = \overline{1, n-1};$$

- граничных условиях для напора:

$$h(0) = H_1, \quad h(l) = H_2,$$

где  $H_1, H_2$  – пьезометрические напоры соответственно в верхнем и нижнем бассейнах;

- условиях сопряжения:

$$V_i(l_i) = V_{i+1}(l_i), \quad i = \overline{1, n-1}.$$

Для решения задач защиты территорий от загрязнения ТБО необходимо принимать во внимание и другие модели, отличающиеся от рассмотренных выше моделей геохимических барьеров. Водный



режим имеет решающее значение в процессе формирования фильтрата и его (а значит, и загрязняющих веществ) миграции любым из возможных способов.

Влагообмен в рекультивационном слое может быть описан с помощью классического дифференциального уравнения Ричардса для ненасыщенной поровой среды:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[ K_L \left( \frac{\partial \psi}{\partial z} + 1 \right) \right],$$

где  $\theta$  – объемная влажность почвы;

$t$  – время;

$z$  – пространственная координата;

$\psi$  – давление всасывания;

$K_L$  – коэффициент влагопереноса.

Описание гидрофизических характеристик почв осуществляется аналитической моделью Ван-Генухтена [8], которая используется для аппроксимации зависимости объемной влажности ( $\theta$ ) от давления всасывания ( $\psi$ ):

$$\theta = \theta_r + (\theta_s - \theta_r) [1 + (\alpha\psi)^n]^{-m},$$

где  $\theta_s$  – максимальная влажность, соответствующая наименьшей влагоемкости;

$\theta_r$  – минимальная влажность;

$\alpha$ ,  $m$ ,  $n$  – эмпирические коэффициенты.

Зависимость коэффициента влагопереноса ( $K_L$ ) от давления всасывания ( $\psi$ ) может быть аппроксимирована зависимостью Муалема [9]:

$$K_L = K_s \frac{\{1 - (\alpha\psi)^{n-2} [1 + (\alpha\psi)^n]^{-m}\}}{[1 + (\alpha\psi)^n]^{lm}},$$

где  $m = 1 - 1/n$ ;

$l$  – параметр, определяющий геометрию порового пространства.

Реализация данных математических моделей может быть осуществлена в программах UNSAT-H, HYDRUS, а также в среде визуального программирования (например, Delphi 7.0) и позволит прово-

дить значительное количество числовых экспериментов и выполнять их анализ.

Таким образом, решение проблемы защиты территорий и водных объектов от загрязнения возможно за счет внедрения новых или усовершенствования существующих технологий, характеризующихся значительным научно-техническим потенциалом. При этом действенным подходом к защите территорий и водных объектов в зоне складирования отходов является использование эколого-мелиоративных мероприятий, включающих создание физико-химических барьеров, функционирование которых в зависимости от вида и назначения будет направлено на перераспределение и аккумуляцию влаги или перехват, локализацию и последующую нейтрализацию мигрирующих загрязняющих веществ.

### **Список использованных источников**

1 Рокочинський, А. М. Наукові та практичні аспекти оптимізації водорегулювання осушуваних земель на еколого-економічних засадах: монографія / А. М. Рокочинський; за ред. М. І. Ромащенко. – Рівне: НУВГП, 2010. – 351 с.

2 Кожушко, Л. Ф. Удосконалення дренажних систем / Л. Ф. Кожушко. – Рівне: Видавництво РДТУ, 2001. – 279 с.

3 Рокочинский, А. Н. Расчет дренажных траншей-поглотителей на полигонах твердых бытовых отходов / А. Н. Рокочинский, С. Ю. Громаченко // Природообустройство. – 2013. – № 5. – С. 28–30.

4 Захист від забруднення ландшафтів побутовими відходами та промисловими відходами на основі використання природних сорбентів: монографія / В. А. Сташук, З. Р. Маланчук, А. М. Рокочинський, М. О. Клименко, П. Д. Колодич, Л. І. Каменчук, Р. В. Жомирук, С. Ю. Громаченко, О. О. Бедункова; за ред. В. А. Сташука, З. Р. Маланчука, А. М. Рокочинського. – Херсон: Грінь Д. С., 2014. – 420 с.

5 Патент 35803 Україна, В 09 В 3/00. Спосіб безпечного збереження побутових відходів на існуючих полігонах / Клименко М. О., Рокочинський А. М., Колодич П. Д., Копач П. І., Кушнір С. О., Клименко О. М., Жомирук Р. В., Громаченко С. Ю. – № 200804173; заявл. 02.04.08; опубл. 10.10.08, Бюл. № 19. – 4 с.

6 Голованов, А. И. Геохимия техноприродных ландшафтов: учеб. пос. / А. И. Голованов, Л. Ф. Пестов, С. А. Максимов. – М.: Изд-во МГУП, 2006. – 203 с.

7 Власюк, А. П. Числове моделювання процесу перехоплення мігрантів утилізацією їх з використанням фільтрів – вловлювачів / А. П. Власюк, Г. М. Куліш // Вісник НУВГП. – 2009. – Вип. 31. – Ч. 2. – С. 214–219.

8 Van Genuchten, M. T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils / M. T. van Genuchten // Soil Sci. Soc. Am. J. – 1980. – V. 44. – P. 892–898.

9 Mualem, Y. A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media / Y. Mualem // Water Resour. Res. – 1976. – V. 12. – P. 513–522.

## **ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ НУТА В ОРОШАЕМЫХ УСЛОВИЯХ ЮГА УКРАИНЫ**

Целью исследований являлось изучение влияния способов и глубины основной обработки почвы в условиях орошения на юге Украины на водно-физические свойства почвы. Исследования по усовершенствованию элементов технологии выращивания нута проводились путем постановки полевого опыта на территории СК «Радянська земля» Белозерского района Херсонской области. Полученные результаты позволяют утверждать, что при условии проведения отвальной обработки почвы на глубину 28–30 см наблюдались наибольшая скорость поглощения воды и ее количество за первый час определения в период всходов и уборки зерна нута – 2,66–1,97 мм/мин и 1597–1185 м<sup>3</sup>/га соответственно, а также самое экономное использование воды при уровне коэффициента суммарного водопотребления 1791 м<sup>3</sup>/т.

Ключевые слова: нут, дискование, отвальная обработка, безотвальная обработка, скорость поглощения воды, суммарное водопотребление, коэффициент водопотребления, водно-физические свойства почвы.

Важнейшей задачей сельскохозяйственного производства является постоянное увеличение производства зерна, в т. ч. зернобобовых культур. Без всестороннего и полного решения зерновой проблемы нельзя обеспечить мероприятия по улучшению снабжения населения продуктами питания, быстрый подъем производства.

Нут занимает третье место в мире среди зернобобовых культур по посевным площадям после сои и фасоли. Мировая посевная площадь нута составляет около 12 млн га, из них 8 млн га – в Индии. В СНГ нут высевают на площади около 3,0 млн гектаров. Посевы его размещены преимущественно в Средней Азии, засушливых районах Поволжья, в Западной Сибири, Центрально-Черноземной зоне России, на Кавказе, в степных районах Украины. Производственные посевы нута в Украине незначительны – до 50 тыс. гектаров, но с каждым годом они увеличиваются [1–3].

Сельскохозяйственные культуры характеризуются большим полиморфизмом биологических и хозяйственных свойств, широкой экологической пластичностью и потому значительно изменяются в зависимости от условий окружающей среды. Известно, что важную роль в повышении и стабилизации урожая, улучшении качества зерна бо-

бовых культур, в частности и нута, играют технологии выращивания, однако они недостаточно учитывают зависимость биологических особенностей развития растений от агрометеорологических факторов, а следовательно, не в полной мере раскрывают потенциал современных сортов [4]. Для повышения урожайности зерна нута необходимы научные исследования глубины и способов основной обработки почвы, которые изучены еще недостаточно.

Исследования по усовершенствованию элементов технологии выращивания нута в условиях юга Украины проводились путем постановки полевого опыта на территории СК «Радянська земля» Белозерского района Херсонской области. В схему опыта были включены следующие варианты обработки почвы: дискование почвы на глубину 6–8 см; отвальная обработка почвы на глубину 20–22 см; отвальная обработка почвы на глубину 28–30 см; безотвальная обработка почвы на глубину 20–22 см; безотвальная обработка почвы на глубину 28–30 см. Полевые опыты были заложены в четырехкратной повторности. Расположение вариантов осуществлялось последовательно.

Водопроницаемость почвы и скорость поглощения воды являются ведущими водно-физическими свойствами почвы, особенно на орошаемых землях. Величина этих показателей зависит от гранулометрического состава почвы, ее структурности, наличия органического вещества, строения и влажности почвы, содержания водостойких агрегатов и состава обменно-поглощенных катионов [5].

Результаты определения скорости поглощения воды почвой и количества поглощенной воды за первый час свидетельствуют о том, что эти показатели на посевах нута снижались от всходов до уборки урожая культуры в среднем на 0,67 мм/мин и 423 м<sup>3</sup>/га соответственно в зависимости от исследуемых факторов (таблица 1).

В вариантах с дискованием на глубину обработки 6–8 см в период всходов и уборки скорость поглощения воды и количество поглощенной воды составляли 2,29; 1,59 мм/мин и 1384; 1008 м<sup>3</sup>/га соответственно. В вариантах со вспашкой на глубину 28–30 см анализируемые показатели составляли 2,66 и 1,97 мм/мин и 1597–1185 м<sup>3</sup>/га, а в вариантах со вспашкой на глубину 20–22 см – 2,49; 1,79 мм/мин и 1496; 1072 м<sup>3</sup>/га соответственно. За счет большей глубины обрабатываемого слоя почвы скорость поглощения, как и количество поглощенной воды, увеличивалась. При безотвальной обработке на глубину 28–30 см эти показатели составляли 2,50; 1,89 мм/мин и 1501;

1052 м<sup>3</sup>/га, а в вариантах с чизелеванием на глубину 20–22 см – 2,35; 1,68 мм/мин и 1407; 955 м<sup>3</sup>/га соответственно.

**Таблица 1 – Скорость поглощения и количество поглощенной воды за первый час определения на посевах нута в зависимости от исследуемых факторов**

Способ основной обработки почвы	Глубина обработки, см	Срок определения	
		на период всходов	на период уборки
Скорость поглощения воды, мм/мин			
Дискование	6–8	2,29	1,59
Отвальная обработка	20–22	2,49	1,79
	28–30	2,66	1,97
Безотвальная обработка	20–22	2,35	1,68
	28–30	2,50	1,89
Количество поглощенной воды за первое время определения, м <sup>3</sup> /га			
Дискование	6–8	1384	1008
Отвальная обработка	20–22	1496	1072
	28–30	1597	1185
Безотвальная обработка	20–22	1407	955
	28–30	1501	1052

За период вегетации растения нута использовали влагу из почвы для роста, развития и формирования урожая, а из-за проходов техники происходило уплотнение грунта и, следовательно, ухудшались водно-физические свойства почвы, что было установлено при определении водопроницаемости. Существенные изменения этого показателя были зафиксированы в вариантах с различной глубиной обработки почвы. Так, скорость поглощения воды в варианте с дискованием в период всходов и уборки была самой низкой в сравнении с другими вариантами и составляла 2,29 и 1,59 мм/мин соответственно, что влияло на количество поглощенной воды в период всходов, где этот показатель составлял 1384 м<sup>3</sup>/га. В период уборки наименьшее количество поглощенной воды было в вариантах с безотвальной обработкой почвы на глубину 20–22 см – 955 м<sup>3</sup>/га. На участках со вспашкой на глубину 28–30 см в сравнении с отвальной обработкой на глубину 20–22 см уплотнение почвы было меньшим, скорость поглощения воды была большей и составляла 2,66 и 1,97 мм/мин соответственно в период всходов и уборки, а количество поглощенной воды равнялось 1597 и 1185 м<sup>3</sup>/га соответственно.

В районах с недостаточным и неустойчивым увлажнением орошение является одним из основных факторов интенсификации земледелия. В этих районах гарантированные урожаи можно получать толь-

ко при условии орошения [6, 7]. Значительный интерес представляет коэффициент водопотребления, величина которого свидетельствует об экономном расходовании воды растениями на создание единицы урожая. Коэффициент водопотребления существенно зависит от факторов формирования урожая, чем он больше, тем ниже показатель [8].

Из результатов исследований видно (таблица 2), что при дисковании коэффициент водопотребления был высоким и составлял 2904 м<sup>3</sup>/т. Это связано с низкой урожайностью нута при данном способе обработки почвы, она составляла 1,14 т/га. При чизелевании на глубину 20–22 см этот показатель уменьшился и составил 2038 м<sup>3</sup>/т.

**Таблица 2 – Коэффициент водопотребления нута в зависимости от способа и глубины обработки почвы**

Способ основной обработки почвы	Глубина обработки, см	Коэффициент водопотребления, м <sup>3</sup> /т
Дискование	6–8	2904
Отвальная обработка	20–22	2055
	28–30	1791
Безотвальная обработка	20–22	2038
	28–30	1893

При увеличении глубины чизелевания почвы до 28–30 см коэффициент водопотребления составил 1893 м<sup>3</sup>/т. При вспашке на глубину 20–22 см коэффициент водопотребления составил 2055 м<sup>3</sup>/т, а при увеличении глубины обработки до 28–30 см коэффициент водопотребления был наименьшим и составил 1791 м<sup>3</sup>/т.

### **Выводы**

1 При проведении отвальной обработки почвы на глубину 28–30 см наблюдались наибольшая скорость поглощения воды и ее количество за первый час определения в период всходов и уборки зерна нута – 2,66–1,97 мм/мин и 1597–1185 м<sup>3</sup>/га соответственно.

2 В условиях нехватки пресной воды в мире для потребностей человека важным является ее экономное использование. При возделывании нута условия для экономного использования воды создавались при отвальной обработке почвы на глубину 28–30 см при уровне коэффициента суммарного водопотребления 1791 м<sup>3</sup>/т.

### **Список использованных источников**

1 Бондар, Г. В. Зернобобовые культуры / Г. В. Бондар, Г. Т. Лавриненко. – М.: Колос, 1977. – 253 с.

2 Вирощуємо нут в Криму [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ghl-td.yandex.net/yandbtm?lang=uk&fmode=inject&tld=ua&text=Потреба%20України%20в%2>

Онуги&url=http%3A%2F%2Farchive.nbuv.gov.ua%2Fportal%2FChem\_Biol%2FPukh%2F2013\_1%2F251-253.pdf&noconv=1&110n=ru&mime=pdf&sign=4758ad052896b65e6701e436691452bf&keyno, 2014.

3 Зінченко, О. І. Рослинництво: підручник / О. І. Зінченко, В. Н. Салатенко, М. А. Білоножко. – Київ: Аграрна освіта, 2001. – 591 с.

4 Вплив удобрення, передпосівної інокуляції та різних норм висіву на продуктивність нуту [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://sworld.com.ua/index.php/ru/agriculture-311/agriculture-animal-husbandry-and-forestry-311/7832-vpliv-fertilizer-peredposvno-nokulyats-ta-rznh-standards-for-visvu-produktivnst-nutu>, 2014.

5 Качинский, Н. А. Физика почв / Н. А. Качинский. – М.: Высшая школа, 1975. – 319 с.

6 Зернобобові культури в інтенсивному землеробстві / под ред. А. М. Розвадовського. – Київ: Урожай, 1990. – 176 с.

7 Корнилов, А. А. Биологические особенности и урожайность зернобобовых культур в южной степи / А. А. Корнилов, В. С. Костина // Однолетние бобовые культуры на корм. – М.: Колос, 1971. – С. 55–59.

8 Ушкаренко, В. О. Зрошуване землеробство / В. О. Ушкаренко. – Київ: Урожай, 1994. – 328 с.

*Научное издание*

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

Сборник научных трудов

Выпуск 56

Часть 2

Подписано в печать 10.11.2014. Формат 60×84 1/16.  
Усл. печ. л. 7,44. Тираж 500 экз. Заказ № 30.

ФГБНУ «РосНИИПМ»  
346421, г. Новочеркасск, пр. Баклановский, 190

Отпечатано с готового оригинал-макета  
ИП Белоусов А. Ю.  
346421, г. Новочеркасск, пр. Баклановский, 190 «Е»