

УДК 631.613: 551.495

**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЕТНОЙ ОТМЕТКИ ПОВЕРХНОСТИ
УЧАСТКА РЕГУЛИРОВАНИЯ УГВ НА ОСУШИТЕЛЬНО-УВЛАЖНИТЕЛЬНЫХ
СИСТЕМАХ С НЕВЫРОВНЕННЫМ РЕЛЬЕФОМ**

А.П. Русецкий, кандидат технических наук

Институт мелиорации и луговодства НАН Беларуси

В.С. Филипенко, кандидат экономических наук

Филиал Белорусского государственного экономического университета, г. Пинск

Ключевые слова: *уровень грунтовых вод, регулирование УГВ, потери урожая, расчетная отметка поверхности*

Введение

Эффективность производства сельскохозяйственной продукции в климатических, гидрогеологических, почвенных, топографических и экономических условиях Беларуси неразрывно связана с созданием благоприятного водного режима на значительной площади. Этим объясняется строительство мелиоративных систем на площади более 30% от всех угодий, используемых в сельском хозяйстве. В то же время мелиоративные системы, в связи с колебаниями в широком диапазоне по годам метеорологических условий, не могут автоматически поддерживать требуемый для растений водный режим почвы. Для его регулирования при появлении неблагоприятных условий созданы осушительно-увлажнительные мелиоративные системы, способные искусственно регулировать водный режим почвы через изменение уровней воды в проводящей и регулирующей сети. Оценка фактического положения уровней воды в каналах относительно поверхности с невыровненным рельефом, и принятие решений об изменениях его в благоприятную сторону имеет важное значение в процессе создания оптимального водно-воздушного режима для роста и развития растений.

На осушительно-увлажнительных системах для регулирования уровней воды в каналах предусматриваются подпорные сооружения, каждое из которых предназначено для регулирования водного режима на своем участке. Участки регулирования, подкомандные подпорным сооружениям, характеризуются невыровненностью рельефа с перепадом отметок поверхности почвы в преобладающих условиях Белорусского Полесья, превышающих 1,0 м. Со временем невыровненность рельефа, несмотря на проводимую планировку, ухудшается в связи с уплотнением и минерализацией торфяников. Диапазон оптимальных уровней грунтовых вод (УГВ) зависит от типа почв и необходимого капиллярного подпитывания корнеобитаемого слоя. Для торфяных и песчаных почв, например, при требуемом подпитывании 2,5 мм/сут. оптимальный диапазон УГВ находится в пределах 0,3-0,4 м, что значительно меньше во многих случаях перепада отметок поверхности почвы. Поэтому при невыровненном рельефе может наблюдаться на повышенных элементах

рельефа дефицит влаги, а на пониженных – ее избыток. Количественное выражение как дефицита, так и избытка влаги в корнеобитаемом слое на различных элементах рельефа будет зависеть от положения УГВ. Если в условиях регулирования УГВ поддерживать оптимальным относительно самого высокого элемента рельефа, то на пониженных элементах будет наблюдаться переувлажнение, и из-за этого произойдет потеря продукции. При регулировании УГВ по пониженным элементам потери продукции произойдут на повышенных элементах рельефа из-за дефицита влаги. По рекомендациям [1] предлагается уровень воды в регулирующей сети подбирать опытным путем из условий, чтобы УГВ не поднимался выше минимального допустимого значения (от поверхности) на 20 % площади поля для многолетних трав и на 5% – для зерновых, а на повышенных элементах рельефа и между осушителями не опускался ниже максимально допустимого значения на 5% площади для многолетних трав и 20% – для зерновых. Выполнение этих рекомендаций в производственных условиях весьма сложно и не нашло применения в практике.

Методика

В данной работе предлагается методика определения такой отметки поверхности почвы участка регулирования, относительно которой поддержание УГВ в оптимальных пределах приведет к минимальной сумме потерь продукции на повышенных и пониженных элементах рельефа. Эту отметку назовем расчетной отметкой поверхности участка регулирования, а условие минимизации потерь валового объема урожая выразится уравнением:

$$\Delta V_{\min} = \sum_{i=1}^n v_i = \min, \quad (1)$$

где ΔV_{\min} – минимальные потери валового объема урожая;

v_i – потери продукции на i -й элементарной площадке;

n – число элементарных площадок на участке регулирования, отличающихся высотным положением.

Урожай и его потери по фактору водного режима будут определяться динамикой влажности корнеобитаемого слоя почвы за вегетационный период. Имеющиеся теоретические и экспериментальные разработки [1-4] в принципе позволяют для торфяных почв выполнять такие расчеты, хотя и представляют немалые трудности.

Более простым является способ расчета потерь урожайности по отклонению уровней грунтовых вод от оптимальных пределов [5]. Этот способ может применяться для торфяных и минеральных почв и учитывает условия переувлажнения и переосушения корнеобитаемого слоя. В соответствии с ним потери урожая (ц/га) определяются уравнениями:

$$\Delta y_i = a_i \cdot f(x_i), \quad (2)$$

$$f(x_i) = e^{b_i x_i}, \quad (3)$$

где a_i, b_i – эмпирические коэффициенты, зависящие от почвы, сельскохозяйственной культуры и водных условий (переувлажнения или переосушения);

e – основание натурального логарифма;

x_i – отклонение уровней грунтовых вод от границы оптимальных уровней, м.

Уравнения (2), (3) рекомендуется применять в пределах $0,1 \leq x_i \leq 0,45$ м. Для $x_i > 0,45$ м потери можно принять не зависящими от положения уровней грунтовых вод и равными тем, которые будут при $x_i = 0,45$ м. При $x_i = 0$ потери урожая будут равны нулю и, используя линейную интерполяцию для интервала $0 < x_i < 0,1$ м, вместо уравнения (3) получено [6]:

$$f(x_i) = e^{0,1b_i} \cdot \frac{x_i}{0,1}, \text{ ц/га.} \quad (4)$$

Удельные потери урожая Δc_i на одном гектаре i -ой площадки, приходящиеся на единицу урожая, который можно получить при оптимальном уровненом режиме, фактических балльности почвы и степени удовлетворения удобрениями, определяются уравнением:

$$\Delta c_i = \frac{\Delta y_i}{y_{oi}} = \frac{a_i \cdot f(x_i)}{y_{oi}} = \alpha_i f(x_i), \quad (5)$$

где y_{oi} – урожай при оптимальном водном режиме, ц/га;

$a_i = a_i/y_{oi}$ – эмпирический коэффициент.

Потери продукции ΔV_1 на всем участке регулирования, состоящем из « n » элементарных площадок, занятых под одну культуру (ц. к.ед.), будут определяться уравнением:

$$\Delta V_1 = \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot f(x_i) \cdot y_{oi} \cdot F_i \cdot K_e, \quad (6)$$

где F_i – площадь i -й элементарной площадки, га;

K_e – коэффициент перевода урожайности в кормовые единицы.

Значения коэффициентов α_i , b_i и K_e для различных сельскохозяйственных культур приведены в табл.1.

Таблица 1. Коэффициенты a_i , b_i и K_e

Сельскохозяйственная культура	Для переувлажнения				Для переосушения				K_e , к.ед.
	почвы торфяные		почвы минеральные		почвы торфяные		почвы минеральные		
	α_i	b_i	α_i	b_i	α_i	b_i	α_i	b_i	
Пшеница	0,167	3,52	0,167	3,86	0,035	6,69	0,055	4,88	1,28
Рожь озимая	0,144	3,52	0,143	3,86	0,030	6,69	0,047	4,88	1,15
Ячмень	0,148	3,52	0,147	3,86	0,031	6,69	0,048	4,88	1,15
Овес	0,148	3,52	0,143	3,86	0,031	6,69	0,047	4,88	1,00
Многолетние травы (сено)	0,029	6,10	0,062	3,57	0,015	7,85	0,041	5,53	0,48
Однолетние травы (сено)	0,034	6,10	0,075	3,57	0,018	7,85	0,049	5,53	0,20
Улучшенные сенокосы (сено)	0,029	6,10	0,062	3,57	0,015	7,85	0,041	5,53	0,20
Культурные пастбища (зел. масса)	0,136	6,10	0,075	3,57	0,018	7,85	0,049	5,53	0,05
Кукуруза на силос (зел. масса)	0,115	6,10	0,062	3,57	0,015	7,85	0,041	5,53	0,05
Силосные (зел. масса)	0,136	6,10	0,075	3,57	0,018	7,85	0,049	5,53	0,05
Картофель	0,019	7,72	0,069	5,76	0,017	5,45	0,018	3,62	0,30
Свекла сахарная	0,033	5,64	0,134	4,06	0,014	4,88	0,017	3,62	0,14
Кормовые корнеплоды	0,045	5,64	0,162	4,06	0,017	4,88	0,020	3,62	0,13
Свекла столовая	0,040	5,64	0,134	4,06	0,017	4,88	0,017	3,62	0,14

При размещении на поле n культур потери продукции выражаются уравнением:

$$dV = y_{01} K_{e1} \sum_{i=1}^{N_1} b_{i1} f(x_{i1}) F_{i1} + y_{02} K_{e2} \sum_{i=1}^{N_2} b_{i2} f(x_{i2}) F_{i2} + \dots + y_{0n} K_{en} \sum_{i=1}^{N_n} b_{in} f(x_{in}) F_{in}, \quad (7)$$

где N_1, N_2, \dots, N_n – число элементарных площадок на участках под каждой культурой;

n – число размещенных культур (участков) на поле;

$y_{01}, y_{02}, \dots, y_{0n}$ – урожайность 1, 2, ... n -й культуры при оптимальных водных условиях.

Валовой объем продукции, который можно получить со всего поля с различными культурами при оптимальном водном режиме, определяется формулой:

$$V = y_{01} F_1 K_{e1} + y_{02} F_2 K_{e2} + \dots + y_{0n} F_n K_{en}, \quad (8)$$

где V – валовой объем продукции со всего поля;

F_1, F_2, \dots, F_n – площади, занятые под культуры.

Относительные потери продукции со всего поля, выраженные в доле от той, которую можно получить при условии создания на всей территории оптимального положения уровней грунтовых вод, определяются уравнением:

$$\varphi = 1/V \left[-y_{01} K_{e1} \sum_{i=1}^{N_1} b_{i1} f(x_{i1}) F_{i1} + y_{02} K_{e2} \sum_{i=1}^{N_2} b_{i2} f(x_{i2}) F_{i2} + y_{0n} K_{en} \sum_{i=1}^{N_n} b_{in} f(x_{in}) F_{in} \right]. \quad (9)$$

Для расчетов потерь продукции по уравнениям (7) и (9) необходимо иметь в качестве исходной информации отклонения уровней грунтовых вод x_i на элементарных площадках F_i от границ оптимальных глубин (рис. 1). Эти отклонения вычисляются по формулам:

для переосушения ($Z_i > Z_{max}$):

$$x_i = Z_i - Z_{max}; \quad (10)$$

для переувлажнения ($Z_i < Z_{min}$):

$$x_i = Z_{min} - Z_i, \quad (11)$$

где Z_i – отметка поверхности почвы i -й элементарной площадки;

Z_{max} – отметка поверхности почвы, соответствующая нижней границе диапазона оптимальных положений уровней грунтовых вод;



Рис. 1. Схема к определению расчетной отметки поверхности почвы

Z_{\min} – отметка поверхности почвы, соответствующая верхней границе диапазона оптимальных положений уровней грунтовых вод.

При размещении на одном поле нескольких культур следует выбрать одну из них, для которой вести регулирование уровней грунтовых вод в соответствии с развитием ее корневой системы. Для других культур будут создаваться дополнительные отклонения уровней грунтовых вод от оптимальных, вызванные этим регулированием. Кроме этого, следует принять и алгоритм регулирования уровней грунтовых вод. По оценке авторов, удовлетворительным является алгоритм, по которому УГВ будут поддерживаться на глубине, соответствующей минимально допустимой, определяемой состоянием развития корневой системы. Исходя из этих условий, минимальная Z_{\min} и максимальная Z_{\max} отметки поверхности, в пределах которых на территории будет создаваться оптимальный водный режим, определяются формулами:

$$Z_{\min} = Z_p + (h'_{\text{кс}} - h^{\circ}_{\text{кс}}), \quad (12)$$

$$Z_{\max} = Z_p + 0,5h_{\text{кп}} + (h'_{\text{кс}} - h^{\circ}_{\text{кс}}), \quad (13)$$

где Z_p – расчетная отметка поверхности поля;

$h'_{\text{кс}}$ – средняя мощность корнеобитаемого слоя почвы культуры, для которой определяется потеря продуктивности, м;

$h^{\circ}_{\text{кс}}$ – средняя мощность корнеобитаемого слоя культуры регулирования, м;

$h_{\text{кп}}$ – высота активного капиллярного поднятия, м.

Средние мощности корнеобитаемого слоя сельскохозяйственных культур для использования в формулах (12) и (13) приведены в табл. 2. Высота активного капиллярного поднятия определяется в зависимости от коэффициента фильтрации почвогрунтов [7].

Таблица 2. Средняя мощность корнеобитаемого слоя

Сельскохозяйственная культура	Почва	Средняя мощность, $h'_{\text{кс}}$, м
Зерновые	Торфяная	0,68
	Минеральная	0,78
Картофель	Торфяная	0,55
	Минеральная	0,65
Многолетние травы	Торфяная	0,30
	Минеральная	0,40
Кукуруза, подсолнечник	Торфяная	0,52
	Минеральная	0,69
Свекла сахарная и кормовая, капуста	Торфяная	0,51
	Минеральная	0,64

Приведенная методика позволяет, последовательно задаваясь расчетными отметками поверхности поля, определять потери продукции и в итоге выбрать тот вариант регулирования, при котором потери будут минимальными.

Используя эти разработки для рельефа с диапазоном превышения средневзвешенных по площади отметок от 0,05 до 1,83 м над минимальными, нами выполнены определения расчетных отметок поверхности почвы. При этом рассмотрены варианты использования территории отдельно под многолетние травы, зерновые и картофель. На рис. 2 приведены результаты определения превышения расчетных отметок

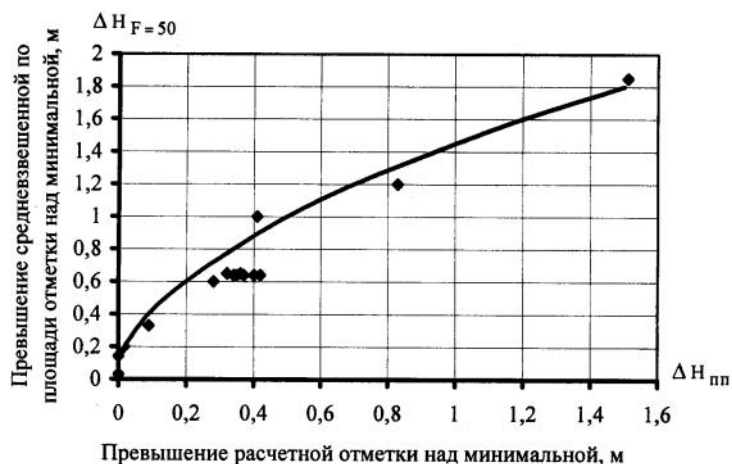


Рис. 2. Зависимость превышения расчетной отметки от превышения средневзвешенной отметки участка над минимальной

поверхности почвы (ΔH_{rp}) над минимальными в зависимости от превышения средневзвешенных отметок участков ($\Delta H_{F=50}$) также над минимальными отметками почвы. За средневзвешенные отметки участков принимались те, выше которых (а также ниже) располагалось 50% площади. Расположение расчетных точек (см. рис. 2) у некоторой кривой для рассмотренных культур показывает, что приближенно расчетная отметка поверхности почвы может приниматься в зависимости только от превышения $\Delta H_{F=50}$ над минимальной отметкой почвы участка регулирования, независимо от использования.

По результатам расчетов (см. рис. 2) составлена табл. 3, позволяющая без больших вычислений определять расчетную отметку участков регулирования.

Таблица 3. Превышение расчетной отметки поверхности почвы участка регулирования над минимальной отметкой

Превышение средневзвешенной отметки ($\Delta H_{F=50}$) над минимальной, м	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Превышение расчётной отметки (ΔH_{rp}) поверхности почвы над минимальной, м	0,03	0,05	0,08	0,14	0,20	0,27	0,34

Расчетная отметка поверхности H_{rp} , м, почвы участка регулирования определяется по формуле:

$$H_{rp} = H_{min} + \Delta H_{rp}, \text{ м,}$$

где H_{min} – минимальная отметка поверхности, м;

ΔH_{rp} – превышение расчетной отметки поверхности почвы над минимальной, определяемой по табл.3, м.

Превышение средней отметки над минимальной ($\Delta H_{F=50}$) определяется по топографической съемке участка регулирования.

Выводы

1. На мелиорированных землях с невыровненным рельефом перепады отметок поверхности почвы участков регулирования во многих случаях превышают диапазон оптимальных УГВ, что является причиной дефицита влаги на повышенных и избытка на пониженных элементах рельефа, вызывающих недобор сельскохозяйственной продукции.

2. Для снижения недобора продукции регулирование уровней грунтовых вод следует производить относительно расчётной отметки поверхности участка, при которой сумма потерь на повышенных и пониженных элементах рельефа минимальна.

3. Методика позволяет определять расчётные отметки поверхности почвы на основе учета потерь продукции на повышенных и пониженных элементах рельефа из-за неоптимальности положения УГВ.

4. В зависимости от превышения средневзвешенной по площади отметки над минимальной полученный приближенный способ позволяет определять расчётные отметки поверхности участка регулирования.

Литература

1. Рекомендации по оперативному регулированию уровней грунтовых вод / Г.И. Афанасик, В.Н. Пятницкий, В.М. Гончарик, А.С. Судас. – БелНИИМВХ. – 1984. – 8 с.
2. Временные методические указания по учёту влияния водного режима мелиорированных торфяников на урожай сельскохозяйственных культур / П.И. Закржевский, В.Ф. Шебеко: БелНИИМВХ. – Мн., 1976 – 20 с.
3. Мелиорация земель и регулирование водного режима почв / В. Белковский, П. Дворжак, С. Завадский и др. – Мн: Ураджай, 1981. – 368 с.
4. Шебеко В.Ф. Режимные водобалансовые расчёты при мелиорации земель / В.Ф. Шебеко: РУП «Институт мелиорации и луговодства НАН Беларуси». – Мн. 2004 – 20 с.
5. Методика экономического обоснования увлажнительных мероприятий сельскохозяйственных культур на мелиорируемых землях / Е.К. Нестеренко, В.С. Филиппенко и др. – Мн.: БелНИИМВХ, 1992. – 36 с.
6. Русецкий А.П. Оценка продуктивности мелиорированных земель / А.П. Русецкий, В.И. Бохонко, В.С. Филиппенко// Веснік Беларускага дзяржаўнага эканамічнага ўніверсітэта. – Мн. – 2001. – №2. – С. 27-32.
7. Указания. Регулирование водно-воздушного режима почв на осушительно-увлажнительных системах при выращивании сельскохозяйственных культур по интенсивным технологиям: РД 33 БССР 2-87. Минмелиоводхоз БССР. – Мн. – 1987. – 76 с.

Summary

Rusetsky A., Filipenko V. SURFACE OF GROUND SETTLEMENT MARK DEFINITION TECHNIQUE FOR SUBSOIL WATERS REGULATION SITE LEVELS ON DRYING-AND-MOISTENING SYSTEMS WITH A COMPLEX RELIEF

The problem of subsoil waters levels position optimization at drying-and-moistening meliorative

systems water regime regulation sites is considered for not leveled relief. The technique for the surface of ground settlement mark definition with respect to which subsoil waters levels maintenance in optimum limits reduces to a minimum an agricultural crops production shortage on the raised and lowered elements of a relief is developed. Character of a relief is taken into considered by means of the mark of a surface average weighted by the area deviation of the site from minimal. The simple approximated way of a settlement mark determining for a surface of ground is presented. Numerical experiment has shown, that surface of ground settlement mark depends on the character of a relief, does not depend on cultures grown up and can be accepted approximately identical for various cultures.

Поступила 28 июня 2006 г.