

5. Betriebsprobleme auf Kläranlagen durch Blähschlamm, Schwimmschlamm, Schaum; Prof. Dr.-Ing. Dr. phil. Sabine Kunst, Dr.-Ing. Helmer, Dr. –Ing. Silke Knoop; Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2000. – 175 p.

6. Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, George Tchobanoglous, Franklin L. Burton, H. David Stensel, McGraw Hill Higher Education; Medcalf & Eddy ink.; 4th edition, 2002. – 1819 p.

7. Jeppsson, U. Modelling aspects of wastewater treatment processes [Текст]: Ph.D. thesis / Department of Industrial Electrical Engineering and Automation, Lund Institute of Technology, U. Jeppsson. – Sweden, 1996. – 428 p.

УДК 626.86

ПАРАМЕТРЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОДНО-ВОЗДУШНОГО РЕЖИМА ПОЧВ И РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНИКИ И РЕЖИМА ОСУШЕНИЯ И ПОДПОЧВЕННОГО УВЛАЖНЕНИЯ

Паллу Л.Н., Черенков А.В., Рокочинский А.Н.

Национальный университет водного хозяйства и природопользования,
г. Ровно, Украина, pryhodko_natalia@ukr.net

This paper describes the data control water-air regime of soil and providing payment bits and pieces of technology and subsoil moisture regime on drained lands.

Введение

Направленность и степень влияния на естественный водный режим при мелиорации чрезмерно увлажненных земель должны отвечать решению главной задачи – созданию за счет реализации гидромелиоративных мероприятий благоприятного режима увлажнения активного корнеобитаемого слоя почвы с соблюдением экологических требований. Для получения наибольшей отдачи от мелиорованных земель на всех стадиях проектирования и эксплуатации систем необходимо как можно больше учитывать местные условия. Поэтому для каждой зоны должны быть разработаны рекомендации по регулированию водного режима разных типов почв с учетом конкретных климатических, гидрологических, гидрогеологических и других условий.

В данной работе представлены технологии регулирования водного режима почв на осушительно-увлажнительных системах при их осушении предупредительном шлюзовании и подпочвенном увлажнении.

В целом, систематический гончарный дренаж на переувлажненных почвах хорошо справляется со своей главной задачей – снижением уровня грунтовых вод (УГВ) и отводом избыточной влаги из корнеобитаемого слоя в предпосевной период.

В условиях работы дренажа только в режиме осушения в средние по влажности и засушливые периоды вегетации происходит снижение УГВ на системе до 1,4...1,6 м. При этом большую часть вегетационного периода грунтовые воды залегают на глубине, превышающей границу нормы осушения, что значительно ухудшает условия водного питания растений и снижает их урожайность.

Увлажнение путем обычного шлюзования позволяет за счет продолжительного подпора поддерживать УГВ на участках дренажа в пределах нормы осушения 0,8...1,2 м за счет зарегулирования подаваемой воды на внутрисочвенное увлажнение и атмосферных осадков путем перекрытия дренажных коллекторов в устьевой части. Однако при этом лишь немного выравнивается водный режим грунтов в зоне аэрации, а в засушливые периоды не обеспечивается необходимый уровень влажности верхнего наиболее активного слоя почвы 0...40 см.

Подпочвенное увлажнение предназначено для применения в устойчивых почвогрунтах на инженерных осушительно-увлажнительных системах как в режиме ручного управления, так и с применением средств гидроавтоматики для автоматического поддержания необходимого режима УГВ на системе. Оно представляет собой периодический подъем и снижение УГВ в пределах активного слоя почвы. Подъем УГВ осуществляется к границе слоя 20...40 см от поверхности земли в начальные фазы развития до 70...90 см в конце вегетации сельскохозяйственных культур. При проведении подпочвенного увлажнения учитываются разнообразные требования культур к водно-воздушному режиму почв на разных фенологических стадиях их развития.

Применение подпочвенного увлажнения оказывает содействие проникновению кислорода в грунт и, вместе с созданием благоприятного для растений водно-воздушного режима, позволяет рационально использовать оросительную воду. Технические характеристики:

1. Глубина залегания УГВ изменяется в пределах от 0,9..1,1 до 0,6..0,4 м.
2. Поливная норма за цикл – 400...800 м³/га.
3. Число циклов увлажнения за период вегетации – 2...6.
4. Оросительная норма нетто – 1500...2000 м³/га, брутто – 1800...2400 м³/га.

Применение подпочвенного увлажнения на осушаемых землях помогает созданию наиболее благоприятного для культурных растений водно-воздушного режима. При регулировании влажности осушаемых земель такой режим дает возможность независимо от погодных условий в большинстве случаев поддерживать оптимальную влагообеспеченность в верхнем активном слое на протяжении 130...140 суток или 84...90 % продолжительности периода вегетации. За счет этого обеспечивается прибавка урожая сельскохозяйственных культур кормовых севооборотов на 20...50%.

При проведении подпочвенного увлажнения необходимо учитывать разнообразные требования выращиваемых сельскохозяйственных растений к водно-воздушному режиму грунта на разных фенологических стадиях их развития в зависимости от изменений глубины стояния УГВ в период вегетации. Согласно [1, 2, 4] развитие корневой системы растений на осушаемых землях с учетом динамики УГВ характеризуется данными табл. 1.

Приведенные в табл. 1 данные показывают предельные значения подъема УГВ под разными сельскохозяйственными культурами при подпочвенном увлажнении. В межполивные периоды путем предупредительного шлюзования на участках дренажа УГВ должны поддерживаться в пределах нормы осушения для каждой культуры – от 0,7...0,8 м на начало периода вегетации до 0,9...1,1 м в конце.

Для расчета элементов техники полива, кроме требований сельскохозяйственных культур, необходимо знать основные параметры осушительно-увлажнительной сети и изменения метеорологических факторов.

Таблица 1 – Развитие корневой системы растений в зависимости от глубины стояния УГВ в период вегетации

Культуры	УГВ, см	Глубина проникновения корней в почву, см											
		май			июнь			июль			август		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Травы	70	45	50	55	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	>70	50	60	65	70	70	70	70	70	70	70	70	70
Озимые зерновые	60...80	20	30	40	50	60	70	70	70	70	-	-	-
	60...120	20	35	50	65	80	90	90	90	90	-	-	-
Пропашные	60...90	10	15	20	30	35	45	60	60	60	60	60	60
	60...120	10	15	20	30	40	50	60	70	70	70	70	70

Примечание: здесь УГВ: первая цифра – уровень на начало вегетации; вторая – на конец вегетации.

В общем случае изменения УГВ при проведении подпочвенного увлажнения описывается уравнением:

$$\Delta h = V_0 \left[1 - \frac{1 - e^{\gamma(t-1)}}{\gamma} \right] \pm R_0 \left[1 - \frac{1 - e^{\psi(t-1)}}{\psi} \right], \quad (1)$$

где V_0 – начальная скорость подъема УГВ или понижение УГВ (в зависимости от расчетной фазы цикла увлажнения), м/сут, определяется по формулам:

$$V^n = a \frac{(\phi h - h_0)^{1,5}}{L^n}, \quad \text{м/сут}, \quad (2)$$

$$V_0 = a_2 \frac{h' - h_3}{L^n}, \quad \text{м/сут}. \quad (3)$$

R_0 – начальное изменение УГВ в результате испарения с поверхности, определяется по уравнению

$$R_0 = \frac{e}{(H_0 - h_0)^m}, \quad \text{м/сут}, \quad (4)$$

t – продолжительность от начала соответствующей фазы, сут; γ та ψ – эмпирические коэффициенты, которые зависят от параметров дренажа и свойств грунта (табл. 2 и 3); e – основание натурального логарифма; a_1 , a_2 , n , m – эмпирические коэффициенты, которые зависят от свойств грунта (табл. 2, 3).

Таблица 2 – Значение коэффициентов α_1, α_2, n и m

Почвогрунты	Подъем УГВ			Снижение УГВ		
	α_1	n	m	α_2	n	m
пески	1,86	0,50	0,92	1,12	0,50	0,92
супески	1,58	0,62	1,25	1,04	0,58	1,25
суглинки легкие	1,37	0,75	1,80	0,90	0,70	1,80

Таблица 3 – Значение коэффициентов γ и ψ

Почвогрунты	Удаление от дрены, L, м							
	1		5		10		15	
	γ	ψ	γ	ψ	γ	ψ	γ	ψ
- подъем УГВ								
пески	-1,02	0,46	-0,62	0,19	-0,41	0,13	-0,32	0,11
супески	-0,80	0,38	-0,27	0,18	-0,16	0,12	-0,13	0,10
суглинки легкие	-0,63	0,34	-0,23	0,17	-0,15	0,12	-0,13	0,08
- снижение УГВ								
пески	-0,89	-0,53	-0,51	-0,17	-0,35	-0,16	-0,29	-0,14
супески	-0,76	-0,59	-0,46	-0,30	-0,24	-0,17	-0,22	-0,14
суглинки легкие	-0,64	-0,64	-0,30	-0,34	-0,16	-0,22	-0,13	-0,19

ϕ – коэффициент, который учитывает потери напора на дрене. При диаметре дрен $d=50$ мм – $\phi = 0,70$; $d=75$ мм – $\phi = 0,76$ и $d=100$ мм – $\phi = 0,82$; h – напор воды в дренах, м; h_0 – начальное положение УГВ относительно дна дрены, м; в случае, если УГВ ниже дна дрены, h_0 принимает отрицательное значение; L – половина междреннего расстояния, м; ϵ – эмпирический коэффициент, который зависит от метеорологических факторов, вида сельскохозяйственной культуры и фазы ее развития. Для приближённых расчётов принимается $\epsilon=0,014...0,016$; H_d – глубина закладки дрен, м; h' – превышение УГВ над дном дрены, м; h_c – высота нависания УГВ над дренаем, которая обусловлена несовершенством конструкции дрены, согласно [4], определяется по формуле

$$h_c = 0.068h' \cdot \Phi_i^{0,38}, \quad (5)$$

где Φ_i – сопротивление на входе воды в дрене, определяется по формуле

$$\Phi_i = (\alpha + \beta h'^{-1.5}) 2\pi \cdot K_\phi, \quad (6)$$

где α и β – эмпирические коэффициенты, которые зависят от диаметра дрены и конструкции фильтра. При круговом обёртывании дрены стеклохолстом толщиной 1 мм, $\beta=0,27$. При диаметре дрен 50, 75 и 100 мм, коэффициент соответственно равняется: 2,0; 1,2 и 0,9; K_ϕ – коэффициент фильтрации почвы, м/сут.

Решая уравнение (1) относительно времени, с некоторым приближением получим:

- для фазы подъема УГВ

$$t_n = 1 - \frac{1}{\gamma} \ln\left(\frac{1}{1 - \gamma + \gamma \frac{\Delta h_n + 0.18}{V_0^i}}\right); \quad (7)$$

- для фазы снижения УГВ

$$t_s = 1 - \frac{1}{\gamma} \ln\left(\frac{1}{1 - \gamma + \gamma \frac{\Delta h_s - 0.14}{V_0^s}}\right), \quad (8)$$

где Δh_n и Δh_s – заданная высота подъема и снижения УГВ, м.

Расчеты по приведенным уравнениям подтверждают данные натуральных наблюдений о том, что для подъема УГВ из глубины 1,0...1,1 м до 0,4...0,6 м от поверхности земли напор в дренах (при глубине их закладки 1,0...1,2 м) должен составлять 0,9...1,0 м.

Возможность создания необходимого напора зависит от схемы подачи воды на увлажнение. При наличии гарантированного источника увлажнения и распределения воды через увлажнительные каналы в истоки дренажных коллекторов напор над устьем коллектора (H_r) должен составлять 0,3...0,5 м.

Для осуществления подпочвенного увлажнения, в случае подачи воды в устье коллектора (против уклона), необходимо создать напор $H'_r=1,8...2,0$ м.

При подпочвенном увлажнении поливная норма или количество воды, необходимое для подъема УГВ с начальной глубины h_n до необходимой h_k и восполнения климатического дефицита, может быть определена как

$$m = \Delta W + (E - P), \text{ м}^3/\text{га}, \quad (9)$$

где ΔW – изменение влагозапасов расчетного слоя почвы за счет подъема УГВ, $\text{м}^3/\text{га}$; E и P – соответственно суммарное водопотребление и эффективные атмосферные осадки за рассматриваемый период, $\text{м}^3/\text{га}$.

Для осушаемых почв легкого и среднего гранулометрического состава на фоне дренажа и глубокого рыхления изменение запасов влаги расчетного слоя 0...100 см от изменения положения УГВ при их подъеме выражается зависимостью

$$\Delta W = 10000\mu(h_n - h_k)^{0.90}, \text{ м}^3/\text{га}, \quad (10)$$

где μ – коэффициент влагонасыщения грунта в зоне изменения УГВ (для песков $\mu=0,14...0,10$, для средних супесков-суглинков – 0,10...0,08); h_n и h_k – соответственно начальное и конечное значения положения УГВ в фазу их подъема, м.

При подпочвенном увлажнении после подъема УГВ и пополнения дефицита влаги корнеобитаемого слоя почвы может осуществляться сброс избыточной поливной воды и происходит снижение УГВ на участках дренажа к исходному положению. При этом, гравитационная вода, которая освободилась, переходит в дренажный сток. Количество сбрасываемой воды Q зависит от величины изменения положения УГВ и для рассматриваемых условий может быть определено по зависимости

$$Q = 10000\delta(h'_k - h'_i)^{1.25}, \text{ м}^3/\text{га}, \quad (11)$$

где δ – коэффициент водоотдачи почвы в зоне изменения УГВ (для песков – легких супесков $\delta=0,08...0,05$, для средних супесков-суглинков – 0,05...0,03); h'_i , h'_k – соответственно начальное и конечное значения положения УГВ при сбросе, м.

При подпочвенном увлажнении подаваемая вода расходуется не только на подъем УГВ, но и должна пополнить климатический дефицит влаги ($E-P$), который при отсутствии осадков выражается величиной суммарного водопотребления за время проведения увлажнения

$$E_t + 10E_c \cdot t_n, \text{ м}^3/\text{га}, \quad (12)$$

где E_c – среднесуточное водопотребление за рассматриваемый период времени, мм/сут (может быть принято 3...5 мм/сут в зависимости от фазы развития культуры); t_n – продолжительность подъема УГВ при увлажнении, сут.

Общее количество воды (нетто) при подпочвенном увлажнении за период вегетации определяется как сумма

$$V_H = \sum_i^n m_i, \text{ м}^3/\text{га}, \quad (13)$$

где n – число циклов регулирования УГВ за период вегетации; m_i – затраты воды на подпочвенное увлажнение за один цикл регулирования, $\text{м}^3/\text{га}$.

Количество воды для увлажнения (брутто) определяется как совокупность затрат воды (нетто) с учетом потери воды на фильтрацию и испарение в проводящей сети каналов и оттока воды за границы увлажняемого массива.

Общие потери воды при подпочвенном увлажнении могут составлять 20...40 % затрат воды на увлажнение за период вегетации в зависимости от конструкции системы, гидрогеологических условий и проницаемости грунтов. Путем предупредительного шлюзования УГВ на системе можно поддерживать на глубине 1,0...1,2 м на протяжении всего периода вегетации. Тогда производственные потери воды, подаваемой на пополнение запасов грунтовых вод, будут незначительными.

Заключение

Особая актуальность данной разработки обусловлена тем, что, во-первых, главной задачей гидромелиораций является комплексное регулирование условий развития выращиваемых культур и водно-воздушного режима почв. Во-вторых, урожай культур при этом выступает как один из важнейших критериев их эффективности и целесообразности и дает общую оценку эффективности разных технологий водорегулирования, используемых при этом.

Список литературы

1. Афанасик, Г.И. Комплексное регулирование условий жизни растений на торфяных почвах / Г.И. Афанасик [и др.] – Минск: Ураджай, 1980.
2. Волковский, П.А. Регулирование водного режима осушаемых земель / П.А. Волковский, А.П. Тельцов – М.: Россельхозиздат, 1979. – 192 с.
3. Кубышкин, В.П. Метод определения расстояний между дренами в почвах легкого механического состава / В.П. Кубышкин, А.В. Черенков // Экспресс-информация. – Сер. 2. – Вып. 7. – М., 1983. – С. 11–20.
4. Лабренцис, В.М. Системы двустороннего действия на основе закрытого дренажа // Гидротехника и мелиорация. – 1978. – № 12(342). – С. 55–64.

УДК 50.43/45.711.4

АНАЛИЗ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ДНЕПР

Пеньковская А.М., Попова Е.Н., Громадская Е.И.

Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», г. Минск, Республика Беларусь, skivr@mail.ru

The article describes the General characteristics of the information of water use in the river Dnepr basin , which is necessary for detecting problems of water use and protection when drawing up the schemes of complex use of water resources

Введение

После утверждения Постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 1286 от 09.10.2007 г. Положения о порядке разработки, утверждения и реализации схем комплексного использования и охраны вод РУП «ЦНИИКИВР» было поручено составление данных Схем по основным бассейнам рек Белару-