

П. И. Закржевский

ОЦЕНКА ВОДНОГО РЕЖИМА ОСУШЕННЫХ БОЛОТ В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД

Опыт использования осушенных болот БССР свидетельствует, что водный режим в весенний период является фактором, определяющим возможность и характер использования торфяно-болотных почв под посевы сельскохозяйственных культур.

В настоящее время значительная часть болот и заболоченных земель, подлежащих осушению, находится в долинах и поймах крупных рек — водоприемников. Эти земли подвержены затоплениям в многоводные весны и после регулирования водоприемников. На землях, подвергшихся затоплению, озимые зерновые гибнут.

Неблагоприятный водный режим после схода полых вод отодвигает срок сева яровых культур. Запаздывание с посевом последних обуславливает снижение урожая до 0,5 ц/га на один день опоздания [1].

При проектировании осушения болотных массивов оценка водного режима в весенний период, как правило, сводится к расчету водоприемника и магистральных каналов на сток заданной обеспеченности и определению расстояния между осушительными дренами на один расчетный случай. Считается, что расчет на сток принятого норматива обеспеченности автоматически гарантирует соответствие водного режима осушенного болота весной за многолетие для всех типов водосборов и расположения мелиорируемых объектов.

Следует отметить, что указанного расчета явно недостаточно для полноценной характеристики водного режима наиболее важного периода в работе мелиоративной системы на болоте. Нужна более развернутая характеристика, включающая: величины продолжительности и вероятности затопления участков, расположенных на различном удалении от водоприемника; режим снижения уровней грунтовых вод на территории, бывшей в затоплении и подтоплении, с учетом сроков схода полых вод и типичной метеорологической обстановки весны.

Таким образом, оценка водного режима осушенных болот в весенний период включает две группы задач: 1) расчеты водного режима в годы с конкретным ходом гидрологических и метеорологических условий; 2) получение оценки водного режима территории за многолетие.

Рассмотрим некоторые подходы решения указанных задач.

Режим затопления осушенных земель зависит от пропускной способности водоприемника и магистральных каналов, величины стока и его распределения во времени. Определенное влияние на величину затопляемой площади оказывает плановое положение магистральных каналов.

При поперечной схеме расположения магистральных каналов затопление развивается так. Возрастание расходов и уровней в водоприемнике создает подпор воде, текущей по магистральным каналам. По мере развития этого подпора и возрастания стока магистральных каналов из последних переливается вода и затопляются нижележащие осушительные карты до подъема воды в водоприемнике выше бровки. Дальнейшее повышение уровней воды в водоприемнике влечет образование общего потока по пойме поперек магистральных каналов. Указанный ход развития затопления наблюдался нами в половодье 1969 г. на объекте «Глубонец» Пружанского района. Поэтому при поперечной схеме расположения магистральных каналов в весенние периоды, близкие по водности к пропускной способности водоприемника, следует выполнять поверочные расчеты по развитию подпорных явлений и возникающих при этом затоплений. Существенным является учет повышенных сопротивлений от ледовых явлений (точнее снежных заносов в магистральных каналах).

Продольная схема размещения магистральных каналов обуславливает несколько иной характер развития затопления. В этом случае при подъеме уровней воды в водоприемнике затопление прибрежной полосы начинается при уровнях понижений бровки берега водоприемника. Перелившаяся через бровку вода попадает в осушители, затем по коллекторам в магистральный канал, вызывая соответствующее повышение уровней воды, а при недостаточной пропускной способности затопление окружающей территории. Такой процесс вначале охватывает верхнюю часть, распространяясь последовательно на нижерасположенные участки реки. До тех пор, пока суммарная пропускная способность водоприемника и магистрального канала, в который сбрасывается из осушителей перелившаяся из реки вода, больше суммарного стока реки и собственного стока канала, существенного затопления не будет. При недостаточной их суммарной пропускной способности затопливается вся полоса между ними в соответствии с рельефом местности. По мере возрастания расходов воды и соответствующего повышения уровней возникает прилив в систему следующего параллельного канала. В момент протекания через расчетный створ наибольшего суммарного расхода системы водоприемник — магистральные каналы образуется максимальное затопление на данном участке. Поверхность воды при таком развитии затопления имеет поперечный уклон от реки. Поэтому площадь затопления, установленная по кривой расходов водоприемника и его поймы, будет определена с некоторым завышением.

Вычисление площади затопления в таком случае ведется по суммарным кривым зависимости расходов воды от ее уровня. При построении суммарных кривых расходов $Q_n = f(H)$ пропускная способность берется для горизонтов с одинаковыми высотными отметками; вначале строится $Q_1 = f(H)$ для водоприемника и первого магистрального канала, затем $Q_2 = f(H)$ с добавлением второго магистрального канала для тех же отметок уровня и т. д. Выполненные определения режима затопления осушенных земель объекта «Морочь» показали, что учет перераспределения максимального стока по системе водоприемник — магистральные каналы уменьшил горизонты отметок затопления на 10—12 см. При плоском рельефе болот последнее заметно сказывается на величине площади затопления в весенний период.

Иложенный подход позволяет учесть специфику затопления осушенных земель в весенний период и наметить границы возможного размещения озимых зерновых культур.

Целесообразность использования затопливаемых весной осушенных торфяно-болотных земель для посевов яровых зерновых зависит от потерь урожая из-за запаздывания с их посевом, обусловленного временем схода полых вод и длительностью последующего понижения уровня грунтовых вод (УГВ) до требуемых этими культурами глубин.

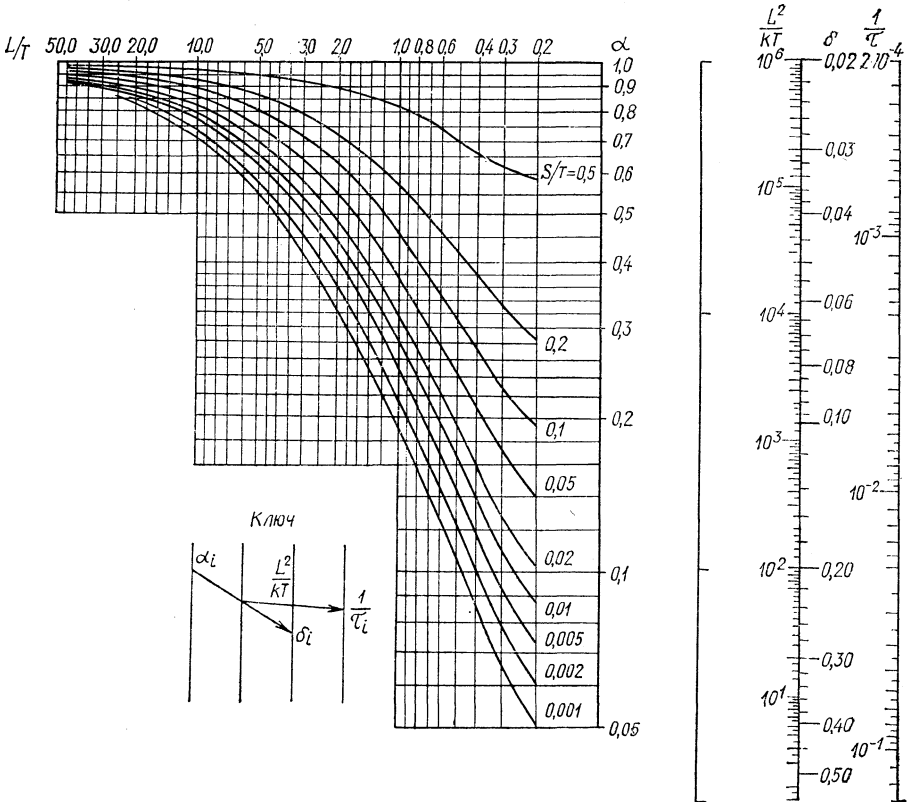


Рис. 1. Номограмма для определения параметра τ (времени стабилизации по С. Ф. Аверьянову).

Благоприятные условия водно-воздушного режима весной для сева яровых зерновых на осушенных торфяниках создаются при понижении уровня грунтовых вод до 50 см, картофеля и сахарной свеклы при уровне грунтовых вод на глубине 60—70 см.

Снижение уровней грунтовых вод на полях, бывших под затоплением, происходит под действием оттока в каналы и испарения; ход снижения замедляется подпорными явлениями и выпадающими осадками.

Весной при УГВ 50—60 см профиль влажности торфяной почвы близок к равновесному, капиллярная кайма в таком случае еще достигает поверхности, поэтому расход влаги на испарение восполняется капиллярным подтоком с соответствующим понижением уровней грунтовых вод. Выпавшие осадки по этим же причинам полностью уходят на повышение уровней грунтовых вод.

Режим снижения УГВ от действия осушительных каналов является неустановившимся в зависимости от режима спада воды в водоприемнике. Последний обуславливается транзитным стоком и, как правило, является сложной функцией времени. Однако последний можно аппроксимировать по участкам прямыми, т. е. линейным законом.

Поскольку при оценке снижения урожая яровых культур от запаздывания имеет значение каждый день, возникает необходимость в пасчете ежедневного режима воды на участках с неблагоприятным водным режимом. В таком случае для оценки осушительного действия каналов удобно пользоваться решениями, позволяющими определять скорость снижения уровней грунтовых вод. Зная скорость снижения для любого момента времени, не представит трудности определить снижение УГВ за сутки или другой расчетный отрезок времени.

Используя решение дифференциального уравнения Буссенеска

$$\frac{\partial h}{\partial t} = a^2 \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} \quad (1)$$

при граничных условиях

$$h(0, x) = H_0; h(t, 0) = h_0 \text{ и } \frac{\partial h(t, L)}{\partial x} = 0, \quad (2)$$

приведенное С. Ф. Аверьяновым [2], мы получили зависимость скорости снижения уровней грунтовых вод на середине межканавной полосы для двух случаев:

а) при мгновенном понижении уровня воды в канале; б) при линейном законе понижения уровней воды в канале.

Зависимость для скорости снижения УГВ на середине межканавной полосы при мгновенном опускании уровня, представленной в долях последнего, является функцией относительного времени $\beta = \frac{t}{\tau}$, выраженного через время стабилизации

$$\tau = \frac{\delta L^2}{kT\alpha},$$

где δ — коэффициент водоотдачи; L — расстояние до середины межканавной полосы; k — коэффициент фильтрации; T — средняя мощность водоносной толщи; α — коэффициент висячести.

Формула имеет вид

$$\Phi'(\beta) = -\pi \sum_i^{\infty} i (-1)^{\frac{i+1}{2}} e^{-\frac{\pi^2}{4} i^2 \beta}, \quad (3)$$

где i — числовая последовательность, $i=1, 3, 5, \dots$; e — основание натурального логарифма.

При линейном законе снижения воды в канале скорость изменения УГВ на середине межканавной полосы, выраженная в долях снижения уровня воды в канале к рассматриваемому моменту времени, является также функцией относительного времени $\beta = \frac{t}{\tau}$.

Расчетная формула имеет вид

$$\Theta' \beta = \frac{4}{\pi \beta} \sum_i^{\infty} \frac{(-1)^{\frac{i+1}{2}}}{i} e^{-\frac{\pi^2}{4} i^2 \beta} + \frac{16}{\pi^3 \beta^2} \sum_i^{\infty} \frac{(-1)^{\frac{i+1}{2}}}{i^3} e^{-\frac{\pi^2}{4} i^2 \beta}. \quad (4)$$

Значения относительных скоростей $\Phi'(\beta)$ и $\Theta'(\beta)$ подсчитаны и представлены на рис. 2. По значению скорости можно подсчитать величину опускания УГВ в течение расчетного интервала времени, используя теорему Лагранжа для приращения функции.

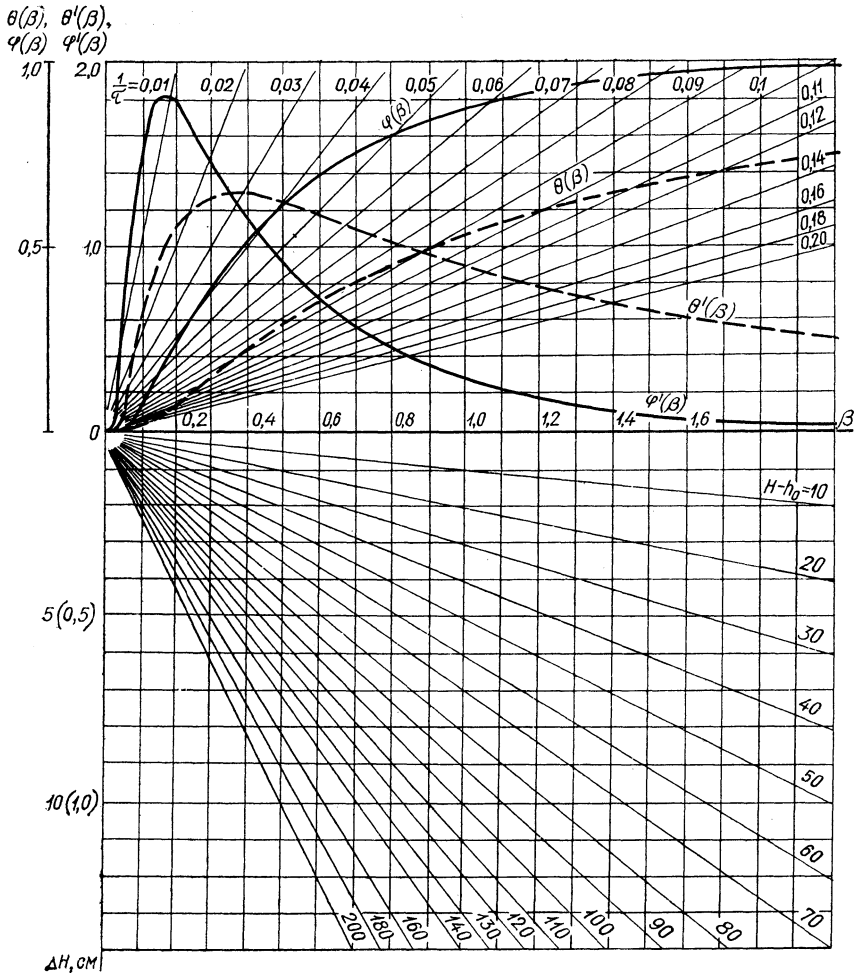


Рис. 2. Номограмма для определения величины снижения УГВ на середине межканавной полосы: по кривым $\phi(\beta)$ и $\phi'(\beta)$ — при мгновенном опускании уровней в канале; по кривым $\Theta(\beta)$ и $\Theta'(\beta)$ — при снижении уровней в канале по линейному закону.

Расчетная зависимость имеет такой вид:

$$\Delta H = \theta'(\beta + \Delta\beta)_{\text{ср}} \frac{\Delta t}{\tau} (H_0 - h_0), \quad (5)$$

где $\theta'(\beta + \Delta\beta)_{\text{ср}}$ — значение относительной скорости снижения УГВ (производной) в течение интервала $(\Delta\beta)$; β — относительное время от возникновения возмущения в канале до расчетного момента t ; $\Delta\beta = \frac{\Delta t}{\tau}$ — относительная длительность расчетного интервала времени Δt ; $H_0 - h_0$ — опускание уровня воды в канале (величина возмущения за время от $t=0$ до рассматриваемого момента t).

Выполнение расчета облегчают построенные нами номограммы (рис. 1, 2). Первая служит для определения времени стабилизации или

обратной величины $\frac{1}{\tau}$. Вторая дает возможность определять снижение УГВ для суточного интервала времени при известном времени возникновения возмущения в канале (если последнее неизвестно, но имеются данные о положении УГВ на начало расчетного интервала).

Отмеченное обстоятельство важно при выполнении расчетов по динамике УГВ весной, когда требуется учесть переменность величин испарения и осадков.

В указанном случае расчет режима УГВ ведется балансовым способом по последовательным интервалам времени; снижение под действием канала определяется по формуле (3), а от метеорологических условий по зависимости

$$\Delta H_2 = 0,1 \frac{u - o}{\delta}, \quad (6)$$

где $(u - o)$ — испарение за вычетом осадков в расчетные сутки; δ — водоотдача.

Общее снижение УГВ от работы каналов и метеоусловий равно их сумме

$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2. \quad (7)$$

Имея даты схода воды паводковых вод по выделенным зонам, а также используя методику расчета снижения УГВ, нетрудно установить даты опускания уровней до расчетной глубины и запаздывания с посевом сельскохозяйственных культур по отношению к оптимальным срокам. Это дает возможность оценить потери урожая, обусловленные неблагоприятными условиями водного режима, конкретной гидрометеорологической обстановкой весны.

Сток и гидрометеорологические условия весны подвержены значительной изменчивости, что обуславливает недостаточность оценки водного режима осушенных болот весной по одному или даже нескольким половодьям. Существенное влияние на величину недобора сельскохозяйственной продукции оказывает длительность и частота неблагоприятных условий. Поэтому применяемые при технико-экономических обоснованиях показатели оценки водного режима должны отражать повторяемость и длительность затопления разных зон осушенных болот, а также запаздывания сроков сева яровых культур. Этим требованиям при установлении характеристик затопления соответствует комплексный график, объединяющий зависимость площади (ширины) затопления от максимальных расходов и кривые обеспеченности площадей затопления заданной продолжительности (рис. 3). Такой график позволяет оценивать площади затопления и их вероятности для ряда вариантов регулирования русел. Последнее основано на известном положении, что пропускная способность поймы практически одинакова при разных степенях регулирования русла.

Учитывая, что между длительностью затопления и частичной гибелью озимых есть связь, предложенный график позволяет дать многолетнюю характеристику ущербов от размещения озимых по зонам вдоль водоприемника.

Пусть в n -польном севообороте a полей занято озимыми. Тогда вероятность посева озимых на любом поле севооборота составляет $\frac{a}{n} = y$ долю и равна удельному весу озимых зерновых в севообороте. Вероят-

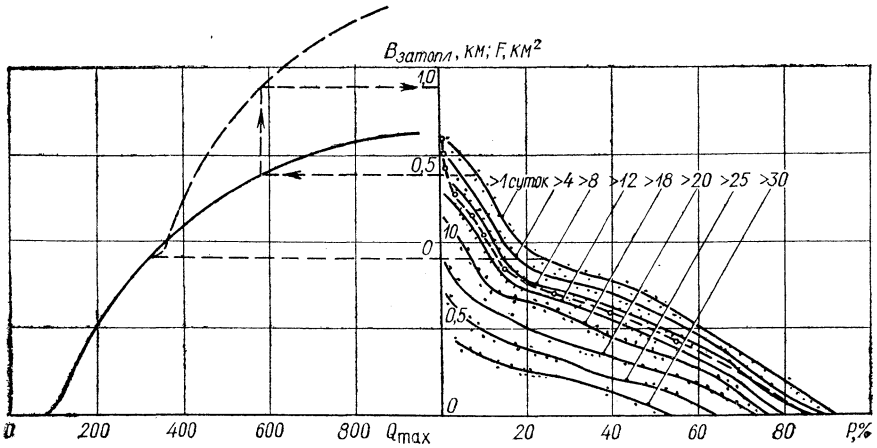


Рис. 3. Комплексный график связи вероятности и продолжительности затопления территории в полновье; штриховая линия — средние за многолетние потери урожая озимых от затопленных весной, %.

ность затопления каждой зоны зависит от ее места и может быть охарактеризована по связи $P_i(B_{cp}, Q_{max})$.

Вероятность того, что озимые посеяны на поле i и что оно будет затоплено, равна произведению их вероятностей

$$v_i = \frac{a}{n} P_i.$$

Если в данной зоне размещены все поля севооборота, то число полей, занятых озимыми ежегодно, равно a . Тогда вероятность затопления озимых в данной зоне равна сумме вероятностей затопления озимых на каждом поле:

$$v = \sum_1^a \frac{a}{n} P_i = P.$$

Таким образом, если в каждой зоне будет расположен севооборот, то вероятность затопления озимых равна вероятности затопления этих зон. Она складывается из частных, соответствующих интервалам длительности затопления от 1 до t суток.

Частные значения вероятности соответствуют интервалам между i и $i+1$ изолиниями, что обуславливает возможность определения потерь урожая разной повторяемости и средних за многолетие.

Средние за многолетие потери урожая озимых от затопления весной рассчитывают по формуле

$$\Delta Y = (\Delta P_1 k_1 + \Delta P_2 k_2 + \dots + \Delta P_i k_i) 100\%,$$

где ΔP_i — вероятность затопления рассматриваемой зоны длительностью i дней, равная интервалу между i и $i+1$ изолиниями на комплексном графике; k_i — потери урожая озимых при затоплении длительностью i дней.

Подсчитанные указанным способом и нанесенные на комплексный график потери характеризуют закономерность изменения последних по территории. Эта зависимость служит для выделения зон, где допустимо сеять озимые, и обоснования степени регулирования водоприемника. Например, согласно данным комплексного графика (рис. 3), на участках, удаленных в среднем на 1 км от русла реки, гибель озимых будет составлять 14% в среднем за многолетие.

Оценка степени гибели озимых в зависимости от длительности весеннего затопления принята по данным Новгородского опорного пункта СевНИИГиМ [3, 4]. В рассматриваемой зоне в 12% всех лет возникает необходимость сеять вместо озимых яровые культуры, т. е. зона для посева озимых малопригодна. В зоне, удаленной на 1,5 км от реки, средние за многолетие потери составят 2,5%, а с повторяемостью один раз в 30—40 лет — до 34%. Необходимость пересева здесь может возникнуть примерно один раз в 50 лет. Приведенные количественные показатели являются достаточно объективными и позволяют обосновать зону, до которой можно еще использовать в севообороте озимые зерновые.

Комплексный график (рис. 3) соответствует естественному руслу реки водоприемника. Однако его можно использовать для оценки возможных потерь урожая озимых и выделения границ зон, где и после регулирования водоприемника целесообразно сеять озимые. В указанном случае в левой части комплексного графика достраивается зависимость $Q_{\max} = f(B_{\text{ср}})$ от значения пропускной способности отрегулированного русла (в приведенном случае $Q_{\max} = 320 \text{ м}^3/\text{сек}$). Этому расходу Q_{\max} соответствует ширина затопляемой поймы после регулирования русла $B_{\text{ср}} = 0$. Учитывая новое положение начала отсчета и направление зависимости $Q = f(B_{\text{ср}})$, по графику определяем, что если до регулирования русла допустимая зона находилась на удалении 1,5 км ($Q = 580 \text{ м}^3/\text{сек}$), то после регулирования водоприемника она уже будет находиться в среднем на удалении 0,95 км от реки.

Аналогичный подход правомерен и для оценки потерь от запаздывания с посевом яровых культур. В этом случае на комплексном графике вместо длительности затопления будут иметь место изолинии величины запаздывания с посевом яровых культур. Это позволит оценить потери урожая и наметить оптимальные зоны размещения последних на осушаемой территории.

Таким образом, предлагаемый способ расчета и оценки водного режима в весенний период позволяет получить количественные характеристики, обуславливающие характер использования и размещения сельскохозяйственных культур по территории осушаемого массива.

Литература

1. С. И. Тризно. Основы агротехники и селекции зерновых культур на торфяно-болотных почвах БССР. Минск, 1962.
2. С. Ф. Аверьянов. Об осушении низинных болот. Научные записки МГМИ, вып. 19, 1956.
3. П. В. Денисов, М. Ф. Стихин. Озимая рожь и пшеница в нечерноземной полосе. Л., 1965.
4. А. И. Ивицкий. Исследование норм осушения болот. Труды БелНИИМиВХ, т. VIII. Минск, 1958.