

УДК 631.671.1

**КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА РЕСУРСОВ ОСУШИТЕЛЬНО-УВЛАЖНИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ВОДНЫМ РЕЖИМОМ**

**А.П.Лихацевич**, доктор технических наук  
**Г.В.Латушкина**, кандидат технических наук  
**А.В.Вага**, аспирант  
РУП «Институт мелиорации»

**Ключевые слова:** мелиорация, осушительно-увлажнительные системы, водный режим, техническое состояние, управление водным режимом

**Введение**

Освоенный мелиоративный фонд Республики Беларусь включает 2,9 млн. гектаров сельскохозяйственных земель. На четверти этих земель построены осушительно-увлажнительные системы (ОУС), которые служат не только для осушения (отвода избыточной воды), но и для увлажнения почв в засушливые периоды вегетации.

По характеру воздействия на водный режим осушительно-увлажнительные системы подразделяются на системы с предупредительным (576,2 тыс. га) и увлажнительным (176,7 тыс. га) шлюзованием. На ОУС с предупредительным шлюзованием производится задержание стока в проводящей и регулирующей сети с помощью закрытия затворов подпорных сооружений при достижении весенних норм осушения (глубин залегания грунтовых вод, позволяющих качественно проводить механизированные полевые работы), а также открытие / закрытие затворов подпорных сооружений в вегетационный период в зависимости от складывающихся метеорологических условий и мелиоративного состояния осушенных земель. Осушительно-увлажнительные системы с увлажнительным шлюзованием осуществляют не только задержание стока с собственного водосбора, но и подачу воды из внешних водоисточников (водохранилищ, рек, прудов, транспортирующих каналов) на увлажнение с целью поддержания уровней грунтовых вод на полях в требуемых диапазонах в соответствии с принятой технологией увлажнения осушаемых земель.

Осушительно-увлажнительные системы в Беларуси построены, в основном, более 20 лет назад и как любые инженерные системы нуждаются в постоянной эксплуатации и периодической оценке их соответствия требованиям интенсивного сельскохозяйственного производства, поскольку в процессе сельскохозяйственного использования мелиорируемые земли и мелиоративные системы претерпевают существенные изменения.

Подавляющее большинство ОУС построены на бывших болотах. Осушенные торфяные почвы в процессе сельскохозяйственного использования трансформируются в

сторону ухудшения водно-физических свойств. К настоящему времени около четверти осушенных торфяников уже утратили исходные генетические признаки и превратились в новые почвенные образования – так называемые антропогенно-преобразованные органоминеральные почвы. Причем в процессе трансформации наблюдается неравномерная сработка торфяника, что затрудняет регулирование водного режима этих почв по участкам рельефа. Ухудшение состояния части осушенных торфяных почв связано с их интенсивным использованием под пропашные культуры там, где проектом предусмотрено луговое использование, в некоторых случаях, с низкой культурой луговодства (отсутствием сбалансированной системы удобрений, своевременного перезалужения и т. п.).

Помимо трансформации осушенных земель меняется техническое состояние элементов мелиоративных систем. В результате отсутствия надлежащей эксплуатации могут выходить из строя подпорные сооружения и, прежде всего, водоудерживающие щиты затворов и подъемные механизмы. В связи с высокой стоимостью энергетических ресурсов не осуществляется закачка воды в пруды для последующей подачи ее на гарантированное увлажнение. Все указанные факторы негативно влияют на потенциальные возможности и эффективность мелиоративных систем в части управления водным режимом почв. Поэтому возможности ОУС эффективно увлажнять сельскохозяйственные земли необходимо периодически проверять.

Известно, что на эффективность управления уровнями грунтовых вод с помощью подпочвенного увлажнения шлюзованием влияют два основных вида ресурсов: природные ресурсы (ресурс водоисточника, морфометрические характеристики объекта, гидрогеологические условия объекта, почвенный покров) и техногенные ресурсы (техническое состояние мелиоративной системы и ее элементов, направление и уровень интенсивности сельскохозяйственного производства на мелиорированных землях).

#### **Оценка ресурсов ОУС**

Источниками информации для комплексной оценки ресурсов мелиоративных осушительно-увлажнительных систем являются: проектные и изыскательские материалы; карты мелиоративных систем с горизонталями рельефа местности; материалы последней инвентаризации мелиоративных систем; имеющиеся в хозяйствах картосхемы почвенного и агрохимического обследований; материалы непосредственных визуальных обследований объектов; результаты совместной со специалистами ПМС экспертной оценки технического состояния особо значимых водорегулирующих сооружений; материалы полевых и лабораторных исследований по определению гидрологических и гидрогеологических показателей и морфометрических характеристик объекта; годовые отчеты землепользователей, годовые отчеты предприятий мелиоративных систем, другая доступная информация. Для обобщенной оценки ресурсов осушительно-увлажнительных систем разработана шкала показателей (см. таблицу). Данная шкала справедлива для осушительно-увлажнительных систем как с увлажнительным, так и с предупредительным шлюзованием.

Шкала обобщенного ресурса самотечных ОУС при управлении водным режимом

Обобщенный ресурс ОУС при управлении УГВ	Ресурс водоисточника	Ресурс рельефа	Гидрогеологические показатели	Ресурс гидротехнических сооружений (подпорных)	Достигнутая продуктивность мелиорированных земель, ц к. ед./балл пашни
Высокий	Увлажнительная способность водоисточника достаточна для увлажнительного шлюзования. Режим водоисточника соответствует режиму увлажнения на более 80% площади ОУС.	Позволяет увлажнять от УГВ более 80% площади ОУС.	Коэффициент фильтрации $K_f > 1,5$ м/сут. Неглубокое залегание водоупора	Исправны все.	Превышает 1,1
Средний	Увлажнительная способность водоисточника достаточна для увлажняемого массива, а режим водоисточника или выделенные лимиты соответствуют режиму увлажнения на 60-80% площади ОУС.	Позволяет увлажнять от УГВ 60-80% площади ОУС	$K_f = 1,0-1,5$ м/сут. Неглубокое залегание водоупора	Исправны не все. Исправные сооружения имеют зоны влияния на УГВ не менее, чем на 70% площади ОУС.	0,8-1,1
Низкий	Водоисточник обеспечивает увлажнение сельхозкультур на 40 – 60% площади ОУС.	Позволяет увлажнять от УГВ 40-60% площади ОУС.	$K_f = 0,5-1,0$ м/сут.	Исправны не все. Исправные сооружения имеют зоны влияния на УГВ не менее, чем на 50 % площади ОУС.	0,5-0,8
Очень низкий	Водоисточник обеспечивает увлажнение сельхозкультур на менее 40% площади ОУС.	Позволяет увлажнять от УГВ менее 40% площади ОУС	$K_f < 0,5$ м/сут.	Исправны не все. Исправные сооружения имеют зоны влияния на УГВ менее, чем на 50% площади ОУС.	Менее 0,5

Ресурсом водоисточника является его увлажнительная способность, которая определяется как доля площади ОУС, для которой режим увлажнения гарантируется режимом водоисточника или выделяемыми лимитами.

$$R_{\text{в}} = \frac{F_{\text{г}}}{F_{\text{ОУС}}} 100 \%, \quad (1)$$

где  $R_{\text{в}}$  – ресурс водоисточника, %;  $F_{\text{г}}$  – площадь гарантированного увлажнения, га;  $F_{\text{ОУС}}$  – общая площадь ОУС, га.

$$F_{\text{г}} = \frac{\alpha V}{M_{\text{бр}}} \quad (2)$$

где  $V$  – объем стока реки за вегетацию (май-сентябрь) или полезный объем водохранилища, м<sup>3</sup>;  $\alpha$  – коэффициент возможного использования стока реки (полезного объема водохранилища);  $M_{\text{бр}}$  – норма забора воды для увлажнения за вегетацию (апрель – сентябрь), м<sup>3</sup>/га.

Общий расход воды, забираемый из реки, не должен превышать 70% ее расхода с учетом расположенных выше по реке водопотребителей.

В случае, если в качестве водоисточника служит водохранилище или озеро, то полезная емкость, которую можно использовать на увлажнение сельскохозяйственных угодий и другие нужды, определяется как

$$V_{\text{пл}} = V_{\text{п}} - V_{\text{мо}} - V_{\text{рез}} - V_{\text{пот}}, \quad (3)$$

где  $V_{\text{пл}}$  – полезная емкость водохранилища, м<sup>3</sup>;  $V_{\text{п}}$  – полная емкость водохранилища, м<sup>3</sup>;  $V_{\text{мо}}$  – мертвый объем водохранилища, м<sup>3</sup>;  $V_{\text{рез}}$  – резервный объем для других водопотребителей, м<sup>3</sup>;  $V_{\text{пот}}$  – сумма потерь воды из водохранилища на фильтрацию и испарение, м<sup>3</sup>.

Колебание горизонта воды в водохранилище в течение его срока эксплуатации допускается от нормального подпорного уровня (НПУ) до уровня мертвого объема.

Объемы забора воды из реки (водохранилища) для увлажнения сельскохозяйственных угодий устанавливаются водоземельными балансами. Основная роль в выдаче лимитов забора воды принадлежит управлениям использования и охраны водных ресурсов.

Если водоисточник имеет полезный объем воды (или выделяется лимит) меньший, чем требуется для увлажнения, то расчетным путем устанавливаются степень соответствия режима увлажнения и режима водоисточника. Кроме того, требуется объективная оценка технической возможности подачи воды из водоисточника на увлажняемую площадь.

Для определения ресурса рельефа осушительно-увлажнительная система делится на участки регулирования, подкомандные подпорным сооружениям. Ресурс рельефа ОУС определяется как доля суммарной площади с эффективным увлажнением по условиям рельефа всех участков регулирования от общей площади системы:

$$R_p = \frac{\sum_{i=1}^n F_{эф.i}}{F_{OVC}} 100 \%, \quad (4)$$

где  $R_p$  – ресурс рельефа, %;  $F_{эф.i}$  – площадь с эффективным увлажнением  $i$ -го участка регулирования, га;  $n$  – количество участков регулирования.

Площадь с эффективным увлажнением определяется следующим образом. Рассчитывается максимальная отметка поверхности участка регулирования ( $\nabla\P_{max}$ ), до которой увлажнительное шлюзование будет эффективным

$$\nabla\P_{max} = \nabla B3 - \Delta h_{д.к.} + h_{max}, \quad (5)$$

где  $\nabla B3$  – отметка верха затвора головного (командного) для данного участка регулирования подпорного сооружения в закрытом положении, м;  $\Delta h_{д.к.}$  – превышение отметки уровня воды в канале над депрессионной кривой (прогиб кривой депрессии) при функционировании ОУС в режиме увлажнения (прогиб кривой депрессии можно принять приближенно равным в среднеразложившемся торфянике 0,1-0,3 м, в песчаных грунтах – 0,1-0,2 м, в суглинистых – 0,1-0,3 и в тяжелосуглинистых грунтах – 0,2-0,5 м);  $h_{max}$  – максимально допустимая (без существенных потерь урожая) глубина понижения грунтовых вод для возделываемых культур.

$$h_{max} = h_{эф.к.п.} + h_{к.с.}, \quad (6)$$

где  $h_{эф.к.п.}$  – эффективная высота капиллярного поднятия влаги от УГВ. Колеблется в широких пределах, в зависимости от типа почвогрунтов. Для большинства связных почв она составляет 0,5-0,8 м;  $h_{к.с.}$  – мощность корнеобитаемого слоя, м.

На каждом участке регулирования на топографической карте мелиоративной системы проводят горизонталы с отметками  $\nabla\P_{max}$ , затем с помощью планиметрирования находят площади с отметками ниже  $\nabla\P_{max}$ . Площади с эффективным увлажнительным шлюзованием суммируются для всех участков регулирования. Таким образом находят числитель формулы (4), а далее и ресурс рельефа.

Применение подпочвенного увлажнения на осушительно-увлажнительных системах серьезно ограничивают низкая водопроницаемость почвы и глубокое залегание водупора, которые определяют гидрогеологические ограничения применимости шлюзования.

Условием эффективного шлюзования является близкое к поверхности стояние уровней грунтовых вод. Этому требованию, как правило, отвечают мелиорированные земли с торфяными почвами и многие объекты с минеральными почвами, характеризующиеся грунтовым и грунтово-напорным типом водного питания. Данные гидрогеологические условия в обязательном порядке учитываются при проектировании осушительно-увлажнительных систем. Согласно ТКП 45-3.04-8-2005 (02250) «Мелиоративные системы и сооружения. Нормы проектирования» подпочвенное увлажнение возможно в грунтах с коэффициентом фильтрации не менее 0,5 м/сут. Данный показатель в процессе

эксплуатации может изменяться и его необходимо периодически определять полевым или лабораторным способом, уточняя гидрогеологический ресурс ОУС.

Ресурс регулирующих подпорных гидротехнических сооружений устанавливается для всей осушительно-увлажнительной системы. В качестве ресурса подпорных сооружений выступает доля суммарной площади эффективного влияния исправных командных подпорных сооружений от суммарной площади с эффективным увлажнением всех участков регулирования

$$R_{n.c.} = \frac{\sum_i^n F_{yp.i}}{\sum_i^n F_{эф.i}} 100 \%, \quad (7)$$

где  $R_{n.c.}$  – ресурс подпорных сооружений, %;  $F_{yp.i}$  – суммарная площадь эффективного влияния исправных командных подпорных сооружений участка регулирования, га;  $n$  – количество участков регулирования.

Уровень интенсивности сельхозпроизводства на мелиорированных землях определяется достигнутой продуктивностью земель на 1 балло-гектар. Рассчитывается как средневзвешенная по площади продуктивность (ц к. ед./балло-га) для всей ОУС.

Определив все показатели ресурсов, устанавливают обобщенный ресурс ОУС по лимитирующему показателю, характеризующему для данного объекта наиболее неблагоприятно складывающиеся условия при управлении водным режимом.

Технологии управления уровнями грунтовых вод на конкретных ОУС базируются на стандартных действиях – открытии или закрытии затворов водоподпорных сооружений, подаче воды из вне на системах с гарантированным увлажнением в зависимости от складывающихся метеоусловий и мелиоративного состояния осушаемых земель. Различие между технологиями состоит в объеме привлекаемой информации, уровне ее организации и обработки для принятия решения об управлении.

Выбор технологического уровня управления водным режимом осуществляется с учетом обобщенного ресурса осушительно-увлажнительной системы. Например, осушительно-увлажнительные системы с очень низким ресурсом целесообразно эксплуатировать как осушительные. Для осушительно-увлажнительных систем с низким ресурсом рекомендуется технология управления водным режимом с упрощенным алгоритмом принятия решений по сезонному маневрированию затворами подпорных сооружений на базе экспертной оценки водного режима. Уровень воды в канале (УВК) у головного подпорного сооружения для данного участка регулирования определяется визуально. Предполагается, что отметки УВК и УГВ при установившемся режиме совпадают. При приня-

тии решения о маневрировании затворами целесообразно учесть прогноз гидрометеоцентра о предстоящих осадках. Эффективность управления водным режимом при использовании этого уровня зависит от опыта и интуиции специалистов, принимающих решения о закрытии или открытии затворов.

Для ОУС со средним и высоким ресурсом применим технологический уровень управления водным режимом с использованием инструментальных измерений параметров водного режима (уровней воды в каналах, уровней грунтовых вод на участках регулирования, метеопараметров); обобщением информации по характеру рельефа и типу увлажняемых почв, структуре использования мелиорированных земель. Инструментальный контроль и соответствующая обработка оперативной информации предопределяет оперативность и точность регулирования водного режима в соответствии с принятой технологией и, соответственно, его эффективность.

В качестве примера приводим оценку ресурсов осушительно-увлажнительной системы «Кривинка», входящей в состав мелиоративной системы Витебской опытной мелиоративной станции в Сенненском районе Витебской области. Осушительно-увлажнительная система «Кривинка» площадью 146 га представлена закрытым дренажем, проводящими каналами и отрегулированной рекой Кривинка. Гарантированным источником воды на увлажнение сельскохозяйственных земель служат озеро Богдановское и озеро Сенненское, которые по протоке соединены между собой. Общая полезная емкость озер составляет 4,8 млн. м<sup>3</sup> воды.

Для регулирования водного режима в пределах 146 га на проводящей сети имеются два шлюза и восемь трубчатых регуляторов. Сооружения в работоспособном состоянии. Каналы объекта находятся в хорошем и удовлетворительном состоянии. На системе осуществляется двустороннее регулирование водного режима.

Для выбора технологического уровня управления водным режимом объект последовательно оценен по представленным в таблице показателям:

1. Рассчитаны удельные объемы подачи воды (м<sup>3</sup>/га) для средnezасушливого года (75% обеспеченности осадками) и определены объемы воды (брутто), необходимые для увлажнения площади ОУС и прилегающей территории. Установлено, что выделяемые лимиты и режимы забора воды из озера Богдановское на увлажнение соответствуют режиму увлажнения не менее чем на 60-80%.

2. По условиям рельефа объекта, на 70% площади ОУС увлажнительное шлюзование эффективно. Установлено по результатам нивелировки поверхности объекта.

3. Гидрогеологические показатели: на объекте неглубокое залегание водоупора; коэффициент фильтрации почвогрунтов находится в диапазоне 0,6-1,0 м/сут. При таких коэффициентах фильтрации на объекте возможно не оперативное, а только экстенсивное увлажнение.

4. Исправные водоподпорные сооружения имеют зону влияния на УГВ не менее чем на 70% площади ОУС.

5. Достигнутая продуктивность мелиорированных земель соответствует 0,5-0,8 ц.к.ед./балл пашни.

Проанализировав приведенные выше показатели ресурсов ОУС «Кривинка», получим показатель обобщенного ресурса - «низкий» по двум лимитирующим показателям – коэффициент фильтрации и достигнутая продуктивность земель.

Для данной системы рекомендуется использовать упрощенный алгоритм принятия решений по сезонному маневрированию затворами водоподпорных сооружений при управлении водным режимом.

**Заключение**

Алгоритм оценки ресурсов осушительно-увлажнительных систем разработан для применения при эксплуатации ОУС.

Оценка ресурсов с определением каждого показателя в соответствии со шкалой (таблица) выполняется проектной организацией при проектировании строительства или реконструкции для ОУС с гарантированным увлажнительным шлюзованием. Данные изысканий являются основой для формирования исходной базы данных системы поддержки принятия решений при управлении водным режимом почв.

Текущая оценка ресурсов путем экспертной оценки опытными специалистами выполняется эксплуатирующей организацией для ОУС предупредительного шлюзования при применении упрощенного алгоритма управления водным режимом почв.

**Summary**

***Likhatsevich A., Latushkina G., Vaga A. Integrated assessment of resources of drainage and dampening systems at water duty management***

Technologies of water duty management at drainage and dampening systems (DMS) are based on standard operations: opening or closing of backwater structure gates and water supply from outside systems with guaranteed dampening. Deviations include technological level of management decision - making. Choice of technological level shall be carried out considering DMS resources. Assessment method of resources of reclamation drainage and dampening systems is offered for water duty management, as well as recommendations on choice of management of a technological level.

*Поступила 18 июня 2010 г.*