

сти  $V = 0,53$  м/с. С увеличением высоты скег этот эффект пропадает из-за увеличения сопротивления на смоченной поверхности скег.

3. По способу распределения воздуха в днищевой части следует отдать предпочтение трубчатой конструкции, т. к. в этом случае подачи воздуха осуществляется в двух направлениях: в сторону днища и по направлению потока, а в блочно-пакетной схеме направление подачи воздуха только одно-перпендикулярно набегающему потоку, что создает добавочное гидравлическое сопротивление.

4. Увеличение подъемной силы проявляется при различных конструкциях корпуса и разных скоростях потока. Наибольший эффект от действия подъемной силы наблюдается при малых скоростях и скеговой конструкции, при этом способ подачи воздуха существенно не влиял на величину подъемной силы.

5. Оптимальное давление подачи воздуха в днищевую часть 3D-модели судна составило  $P = 0,02-0,04$  МПа. Дальнейшее увеличение давления не влияло на рост подъемной силы, а лишь приводило к росту силы гидравлического сопротивления движению.

УДК 626: 8: 624.131.6

### **Мониторинг водного режима сельскохозяйственных земель, примыкающих к осушительным системам**

Курчевский С. М.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

*Изложено влияние мелиоративных систем на режим грунтовых вод смежных территорий. Дана оценка суммарного эффекта осушения на продуктивность прилегающих земель с учетом зон положительного, отрицательного и нейтрального его проявления.*

Под влиянием осушения и сельскохозяйственного использования болот изменяются гидрогеологические условия на прилегающей к ним территории: увеличиваются уклоны потоков грунтовых вод, разгружающихся в пределах осушаемых болот, понижаются их уровни, изменяются элементы баланса (инфильтрация, испарение, отток, взаимосвязь с нижележащими водоносными горизонтами). Оценка этих изменений представляет не только научный, но и практический интерес, поскольку за ними следуют смена биоценозов, снижение продуктивности сельхозугодий, а также падение дебитов водозаборных скважины родников.

Эти процессы изучались многими исследователями. По данным Ш. И. Брусилковского, А. Г. Булавко и К. Ф. Янковского, В. В. Дрозда, Б. С. Маслова и других, зона заметного влияния осушительных систем на уровни грунтовых вод (УГВ) прилегающих территорий, сложенных толщей песчаных и песчано-суглинистых отложений, составляет 0,5–3 км, понижение уровней в ее пределах колеблется от 8–20 см до 60–130 см.

Изменение УГВ проявляется многообразно и зависит от ряда факторов. Главными из них являются: существовавший до осушения болота режим УГВ на прилегающих землях, на болоте после осушения, количество инфильтрующихся осадков, достигающих УГВ, и др. На высоко расположенных по отношению к болоту землях с УГВ более 2 м от поверхности влияния осушения на водообеспеченность растительного покрова не отмечено.

Исследования режима УГВ на территориях, примыкающих к осушаемым болотам, дают основание утверждать, что влияние осушения во времени завершается конечным, вполне определенным состоянием. В большинстве случаев стабилизация УГВ на сопредельных территориях происходит в сравнительно короткое время и редко превышает четыре года [1]. Время стабилизации зависит от сугубо гидрогеологических условий сопредельных территорий и понижения УГВ. При проектировании осушительных систем и разработке природоохранных мероприятий с достаточной степенью точности продолжительность неустановившегося режима грунтовых вод на сопредельной территории можно оценить по следующей зависимости [1]:

$$T = \mu \Delta h^2 / 2\pi k m a i \quad (1)$$

где  $T$  – время стабилизации УГВ, сут;  $\Delta h$  – понижение УГВ на границе осушительной системы или по трассе нагорно-ловчего канала, м;  $k$  – среднее значение коэффициента фильтрации грунтов в зоне влияния мелиоративной системы, м/сут;  $m$  – средняя мощность грунтового потока, м;  $\mu$  – водоотдача грунтов, доля ед.;  $i$  – среднее значение уклона грунтовых вод при естественном режиме;  $a$  – коэффициент «висячести», учитывающий несовершенство канала по степени вскрытия водоносного горизонта, значение которого определяется по формуле С. Ф. Аверьянова [2].

Значением  $a$  в формуле (1) можно пренебречь, когда грунтовый поток имеет большую протяженность, а мощность водоносного горизонта составляет 20 м и более.

До истечения времени  $T$  в любой из точек зоны влияния осушения режим грунтовых вод не может рассматриваться как «стационарный». Продолжительность периода  $T$ , в течение которого на расстоянии  $x$  от осушительной системы наблюдается «неустановившийся режим» грунтовых вод, можно рассчитать по формуле:

$$T-t(x) = \mu (\Delta h^2 - x^2/i^2)/2\pi k m a i, \quad (2)$$

где  $t(x)$  – время запаздывания («добегание») волны влияния мелиоративной системы на УГВ сопредельной территории на удалении  $x$  от границы.

Оценка продолжительности периода формирования зоны влияния осушительной системы  $T$  по зависимости (1) хорошо согласуется с натурными данными, полученными при проведении экспериментальных работ в бассейне р. Припяти [1].

Утверждение, что кривая депрессии от границы болота в сторону прилегающих земель описывается экспоненциальной зависимостью [3], не учитывает характерные особенности кривой. Дело в том, что на некотором удалении от болота она имеет прогиб с точкой минимума на многолетней кривой депрессии.

В прогнозных расчетах положения кривой депрессии на прилегающих к осушенным массивам землям, не имеющих нагорно ловчих каналов, исходят из того, что УГВ на болоте известен и является величиной постоянной [4]. Однако на самом деле такого фиксированного уровня не существует, более того, налицо его значительные колебания в течение года в зависимости от водопотребления сельскохозяйственных культур и метеорологических условий. Не учет этих колебаний, а также инфильтрации осадков на прилегающих землях приводит к значительному расхождению в раз мерах зоны влияния мелиорации на смежные территории.

Необходимо отметить, что в дальнейшем, по мере эксплуатации мелиоративных систем, положение УГВ на сопредельных территориях определяется с учетом осадки (сработки) торфяной залежи.

Основной водной артерией изучаемого объекта «Средняя Морочь» является р. Морочь. Долина реки слабо выражена в рельефе, за исключением верхнего течения, где она суживается и прослеживается более четко. Склоны долины пологие, в северной части средней крутизны, местами крутые; ширина поймы колеблется от 0,3 до 1 км. Региональным водупором являются глинистые отложения московско-днепровской морены, залегаюшей на глубине около 60 м. Водоносный горизонт составляют мелкозернистые пески с коэффициентом фильтрации  $K = 3,5$  м/сут, коэффициент водоотдачи  $\mu = 0,2$ .

Весенний подъем УГВ вызван повышением температуры воздуха до положительных значений в конце февраля – начале марта, что приводит к интенсивному таянию снега, а также большим количествам осадков в марте. Внутригодовая динамика УГВ четко прослеживается по трем характерным периодам: зимний спад, весенний подъем (максимум) и летний спад (минимум).

Сезонные и годовые амплитуды колебания УГВ зависят прежде всего от мощности зоны аэрации и в меньшей степени – от геоморфологической при-

надлежности участка. Зимний спад происходит с января по февраль включительно, прерываемый локальными повышениями с очень незначительными амплитудами (до 0,3 м). Продолжительность зимнего спада – 25–50 сут.

Начало весеннего подъема уровней приходится на конец февраля – начало марта, максимум – с 30 марта по 10 апреля. Следующий за весенним подъемом летний спад начинается во второй половине апреля и продолжается до конца периода. Амплитуда летнего спада меняется от 0,36 м до 1,53 м.

Было установлено, что положение уровней в пределах болота изменялось в летний период (май–сентябрь) в пределах 0...40 см до осушения и 50–160 см после. Максимальная глубина залегания грунтовых вод наблюдалась в конце и в середине лета, минимальная – в начале вегетационного периода. Снижение УГВ составило в среднем 21 см. Эти данные хорошо согласуются с данными других авторов, полученными в условиях Украинского Полесья и при исследованиях на Мещерской низменности.

Ежегодные колебания УГВ на осушаемом болоте происходят значительно быстрее, чем на прилегающих землях, в результате действия мелиоративной сети. Кривая депрессии, отражающая годовой цикл колебания УГВ, в таком случае приобретает сложное очертание – с точкой перегиба на некотором удалении от болота. В наших исследованиях это расстояние составило 148 м, что обусловлено также и тем, что инфильтрация влаги до УГВ на болоте и прилегающих землях неадекватна из-за различия в слагаемых почв, строении зонаэрации, в растительности и из-за других условий.

Как показали наши исследования на форму кривой депрессии большое влияние оказывает скорость подъема воды в канале, реке. При малых скоростях грунтовые воды могут фильтроваться в канал, реку и питать их, при этом кривая депрессии повышается. При большой скорости подъема уровня появляется обратный уклон кривой депрессии, то есть река или ловчий канал питают грунтовые воды. Однако существует промежуточная скорость подъема уровня (критическая), при которой канал или река не питают грунтовые воды, в то же время грунтовые воды не поступают в реку или канал.

При наступлении второго пика в сторону прилегающих земель будет идти инфильтрация, при этом вся кривая депрессии переместится вверх. По формулам, приведенным в [4, 5], можно построить кривую подпора в сторону прилегающей территории, имея данные о времени стояния уровня воды на некоторой отметке. С понижением уровня в канале в него начинает поступать фильтрационная вода, при этом образуется бугор растекания. Поскольку наименьшим положением считается состояние кривой депрессии перед началом второго подъема, то в последующее время она не может опуститься ниже.

При достаточно частом повторении промежуточных подъемов УГВ растекание бугров будет способствовать некоторому постоянному превышению

положения кривой депрессии над наиминизшим уровнем. Из этого следует, что кривая депрессии у канала будет иметь затухающие бугры растекания (в виде некоторой волнистой линии), которые создают подпор фильтрующей-ся в канал воде. Однако установить очертание кривой депрессии в пределах определенного расстояния не представляется возможным из-за многообразия гидрографов уровней для одного и того же канала в разные годы. В связи с этим более надежным методом определения положения многолетней кривой депрессии 5, как показали наши исследования, будет среднее значение нижнего предельного положения 6 и верхнего 4 (рис. 1).

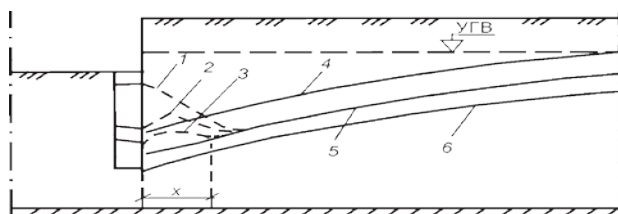


Рис. 1. Влияние уровней воды в канале на формирование депрессионной кривой грунтовых вод:  
1, 2, 3 – максимальный и промежуточные пики; 4, 6 – верхнее и нижнее предельные положения кривой депрессии; 5 – многолетняя кривая депрессии уровней грунтовых вод

Для оценки суммарного эффекта влияния мелиорации на прилегающие территории необходимы сведения о пространственном распределении зон влияния. Такие материалы получены в результате натуральных наблюдений за УГВ за периоды до и после осушения на мелиорированном и естественном водосборах. Представляется целесообразным увязывать фактические значения понижения УГВ на смежных площадях с исходными для того, чтобы определить границы зон положительного, отрицательного и нейтрального влияния сниженного УГВ на продуктивность угодий.

### **Заключение.**

1. Исследования показали, что до проведения мелиоративных работ 7,4–9,8 % прилегающих к болотам территорий были переувлажнены. За счет краевого эффекта осушения их водный режим изменился в благоприятную сторону без дополнительных материальных затрат. В результате осушительных работ увеличились площади земель с уровнями грунтовых вод от 1,1 до 2 м, в разряд которых перешли и ранее переувлажненные участки. По имеющимся литературным данным, в зависимости от физико-географических условий зоны положительного и отрицательного влияния мелиорации могут достигать соответственно 26,1 и 22,3 % прилегающей территории. Однако во всех случаях наибольший удельный вес падает на земли, не изменяющие

своего водного режима. К ним относятся участки, где УГВ до осушения находилась на глубине более 2 м от поверхности.

2. В практике сельскохозяйственного производства важным является определение реакции возделываемых культур на изменение водного режима. Лизиметрические исследования, полевые опыты, производственные посевы показали, что суммарный эффект влияния осушения на прилегающие земли с учетом зон положительного, отрицательного и нейтрального его проявления скорее положительный. Во влажные годы в целом по прилегающим территориям, подверженным влиянию мелиорации, урожай полевых культур заметно выше, чем на суходольных землях. Таким образом, осушение болот в зоне Белорусского Полесья не приводит к суммарному отрицательному эффекту.

### **Литература**

1. Бовтрамович, Ф. Б. Продолжительность понижения уровня грунтовых вод осушительной системой на прилегающей территории / Ф. Б. Бовтрамович. – НТИ Мелиорация и водное хозяйство. Вып. 5. – Минск, 1986. – С. 23 – 25.

2. Аверьянов, С. Ф. Фильтрация из каналов и ее влияние на режим грунтовых вод / С. Ф. Аверьянов. – М.: Колос, 1982. – 237 с.

3. Методические рекомендации по определению размеров зоны влияния мелиоративных систем на уровень грунтовых вод прилегающих земель / Под ред. А. Г. Булавко и др. – Минск: ЦНИИКИВР, 1977. – 30 с.

4. Кривецкая, Т. Д. Методы оценки изменения режима грунтовых вод на прилегающих к осушительным системам территориях (в условиях Белорусского Полесья) / Т. Д. Кривецкая // Гидрогеология и инженерная геология Белоруссии. – Минск, 1975. – С. 61 – 73.

5. Минаев, И. В. К методу расчета кривых депрессии на прилегающих к осушенным болотам землях / И. В. Минаев, К. К. Жибуртович // Мелиорация переувлажненных земель. Вып. XXX. – Минск: Ураджай, 1982. – С. 60–69.

УДК 627.816

### **Роль малой ГЭС в составе комплексной электростанции небольшой мощности**

Артёмчик А. А., Гатилло С. П.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь