

Существенное влияние оказывает продолжительность озвучивания. С течением времени, и в частности через 240 мин, оно уменьшается по сравнению с другими факторами. Из всех изучаемых факторов интенсивность озвучивания в чистом виде вносит меньший вклад в кристаллизацию. Коэффициенты при этом факторе в 4–6 раз больше доверительных интервалов, следовательно, этот фактор также оказывает влияние на ход процесса кристаллизации — чем больше интенсивность озвучивания, тем меньше остаточная концентрация сульфата кальция.

На рис. 1–3 приведены кривые кристаллизации сульфата кальция из пересыщенных растворов в зависимости от температуры, исходной концентрации сульфата кальция, интенсивности и длительности озвучивания. Раствор, не обработанный ультразвуком (рис. 1), при самых благоприятных условиях (температура 60 °С и начальная концентрация 4500 и 5500 мг/л CaSO_4) к стабильному состоянию подходит через 240 мин отстаивания. Использование ультразвука интенсивностью 31 Вт/см² при 1 мин озвучивания позволяет достигнуть такого же результата через 60–120 мин (рис. 2), а при длительности озвучивания 19 мин пересыщение полностью снимается во время озвучивания. Такой же эффект получается при температуре 40 °С для исходной концентрации сульфата кальция 5500 мг/л. Раствор с концентрацией сульфата кальция 3500 мг/л к стабильному состоянию при 60 °С приходит через 120 мин после обработки. Таким образом, ультразвуковая обработка при температуре 40–60 °С оборотных промывных вод в десятки раз увеличивает скорость кристаллизации сульфата кальция из растворов, что позволяет стабилизировать их и предотвратить гипсовые отложения в трубопроводах.

Рассмотренный способ стабилизации оборотной воды не требует изменения существующих технологических схем их обработки. Для его осуществления достаточно в камере реакции разместить ультразвуковые вибраторы и соединить их с генератором ультразвука.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б у д е к а Ю.Ф., М о й ч е н к о В.А. Удаление сульфата кальция из оборотной воды при обработке ее ультразвуком // Использование и охрана водных ресурсов / ЦНИИКИВР, 1976. — С. 182–188.
2. Н а л и м о в В.В., Ч е р н о в а М.А. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. — М., 1965. — 143 с.
3. Э л ь - п е р В.Л., Б р у к - Л е в и н с о н Т.А., Р я б и к о в Г.Т. Опыт применения математического планирования эксперимента в исследованиях по очистке воды. — Минск, 1971. — 14 с.
4. Т и х о м и р о в В.Б. Планирование и анализ эксперимента. — М., 1974. — 321 с.

УДК 631.67:633.2/3]:631.445.2 (476)

В.И.ВИХРОВ (БСХА)

ПРОГНОЗ ВЕСЕННИХ ВЛАГОЗАПАСОВ СУГЛИНИСТЫХ ПОЧВ ПОД ОРОШАЕМЫМИ МНОГОЛЕТНИМИ ТРАВАМИ В БЕЛОРУССИИ

В основу проектного и эксплуатационного режимов орошения сельскохозяйственных культур положен расчет динамики влагозапасов почвы. Обоснованность этих расчетов во многом зависит от точности

определения весенних (начальных) влагозапасов W_H . В эксплуатационном режиме орошения данная проблема может решаться путем измерения фактических W_H , что практически не всегда возможно. В проектном режиме орошения этот вопрос остается нерешенным.

При проектировании режима орошения на минеральных почвах БССР используется биоклиматический метод [1]. Реализация последнего на ЭВМ заключается в ретроспективном расчете его параметров за длительный ряд предшествующих лет (не менее 30). При этом используются многолетние метеоданные, накопленные в БелУГКС. Систематические данные о W_H для большинства метеостанций БССР за указанный период отсутствуют. В связи с этим W_H принимается постоянной в каждый из расчетных лет периода, равной наименьшей влагоемкости (НВ). Это является лишь ориентировочной оценкой, что снижает точность расчета оросительных норм и межполивных интервалов. Данные опытов по орошению на суглинистых почвах Белоруссии показывают, что фактическая величина W_H к началу мая может находиться в пределах 85–130 % от НВ, в большинстве случаев превышая последнюю.

Нами проведено исследование возможности косвенного расчета и прогноза W_H под орошаемыми многолетними травами. Следует отметить, что методика прогноза запасов продуктивной влаги в почве к началу полевых работ разработана в Гидрометцентре СССР для зоны недостаточного увлажнения и неорошаемых условий ЕТС [2] и Западной Сибири [3]. В качестве прогнозных зависимостей здесь служат линейные уравнения регрессии, в которых изменение влагозапасов за холодный период (ΔW) связано с суммой осадков за это время (P) и недостатком насыщения почвы влагой до НВ предыдущей осенью (h). Опытные данные показывают, что в условиях орошения суглинистых почв Белоруссии значение h незначительно. В связи с этим в качестве определяющих факторов для W_H нами рассматривались осадки за сентябрь–апрель, а также значения среднесуточных температур и дефицитов влажности воздуха апреля, определяющие сроки и дружность наступления весны, интенсивность стока и испарения влагозапасов.

В исследованиях использовались исходные данные двух видов: 1) фактические весенние влагозапасы суглинистых почв под орошаемыми многолетними травами, полученные в полевых опытах на территории Горецкого района Могилевской области (Д.В.Межевич, В.И.Белясов, В.И.Вихров); 2) данные о W_H в суглинистых почвах под многолетними травами, выписанные в БелУГКС за отдельные годы по некоторым метеостанциям северо-восточной зоны (Лепель, Витебск, Шарковщина, Полоцк, Горки, Минск, Могилев, Чечерск). При этом с целью объединения этих данных с W_H в условиях орошения выбирались лишь годы, которым предшествовал достаточно увлажненный вегетационный период.

Таким образом было получено 48 значений W_H для слоя почвы 0...50 см с датами их определения в пределах 28.04...01.05. Влагозапасы выражались в процентах от наименьшей влагоемкости данной почвы ($\beta_H, \% \text{ НВ}$).

Исследования показали, что осадки в различные месяцы вегетационного периода по-разному влияют на β_H . С учетом этого наиболее простой и

Переменные	Коэффициент корреляции r	Переменные	Коэффициент корреляции r
$x_1 - \beta_H$	0,64	$x_7 - \beta_H$	0,01
$x_2 - \beta_H$	0,71	$x_8 - \beta_H$	-0,01
$x_3 - \beta_H$	0,46	$x_9 - \beta_H$	-0,46
$x_4 - \beta_H$	0,34	$x_{10} - \beta_H$	-0,12
$x_5 - \beta_H$	0,76	$x_5, x_9 - \beta_H$	0,76
$x_6 - \beta_H$	0,71	$x_6, x_{10} - \beta_H$	0,70

приемлемой величиной приведенных осадков оказалась следующая:

$$P_{\text{пр}} = 0,5P_{\text{IX...III}} + P_{\text{IV}}, \quad (1)$$

где $P_{\text{IX...III}}$ — сумма осадков за сентябрь...март, мм; P_{IV} — осадки за апрель, мм.

Кроме того, с целью получения заблаговременного расчета (например, для планирования начала поливных работ) вводилась величина, аналогичная (1), но рассчитываемая на 20 апреля ($P_{\text{пр}}^{20.\text{IV}}$). Итак, для обоснования необходимых предикторов исследовалась связь со следующими факторами: x_1 — осадки за сентябрь...март ($P_{\text{IX...III}}$, мм); x_2 — осадки за сентябрь...апрель ($P_{\text{IX...IV}}$, мм); x_3 — осадки за апрель (P_{IV} , мм); x_4 — осадки за 1...20 апреля ($P_{20.\text{IV}}$, мм); x_5 — приведенные осадки ($P_{\text{пр}} = 0,5P_{\text{IX...III}} + P_{\text{IV}}$, мм); x_6 — приведенные осадки на 20. IV ($P_{\text{пр}}^{20.\text{IV}} = 0,5P_{\text{IX...III}} + P_{20.\text{IV}}$, мм); x_7 — сумма среднесуточных температур воздуха за апрель (t_{IV} , °C); x_8 — то же за 1...20. IV ($t_{20.\text{IV}}$, °C); x_9 — сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха за апрель (d_{IV} , МБ); x_{10} — то же за 1...20. IV ($d_{20.\text{IV}}$, МБ). Коэффициенты корреляции β_H с указанными факторами и некоторыми их комплексами приведены в табл. 1.

Минимальные существенные значения r для 5%- и 1 %-го уровней значимости в данном случае равны соответственно 0,29 и 0,37. Из табл. 1 видно, что наиболее достоверная связь β_H наблюдается с величинами $P_{\text{пр}}$, $P_{\text{IX...IV}}$ и $P_{\text{пр}}^{20.\text{IV}}$ ($r = 0,76$; $0,71$ и $0,71$). С остальными факторами связь значительно хуже или вовсе не существенна. Не произошло увеличения тесноты связи и в двухфакторных зависимостях по сравнению с x_5 и x_6 .

Исходя из этого, за основу была принята зависимость $\beta_H = f(P_{\text{пр}})$, которая оказалась нелинейной. Наиболее полно эта связь аппроксимировалась квадратичной функцией (рис. 1), и на ЭВМ получена следующая зависимость:

$$\beta_H = 11,3 + 76,85P_1 - 13,09P_1^2, \quad (2)$$

где $P_1 = 0,01P_{\text{пр}}$.

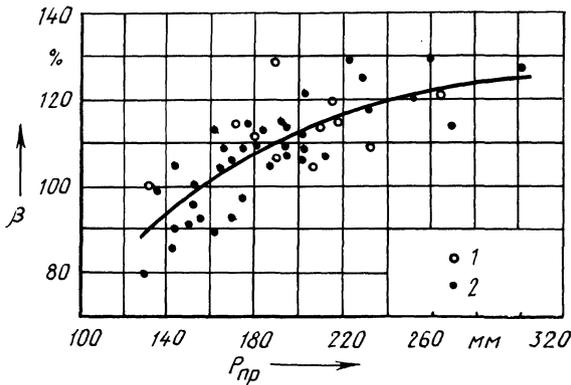


Рис. 1. Зависимость весенних влагозапасов суглинистых почв под орошаемыми многолетними травами от приведенной суммы осадков холодного периода:
1 — результаты опытов по орошению; 2 — данные БелУГКС

Корреляционное отношение $\eta = 0,78$, F и T — критерии выше допустимых на 5 %-м уровне значимости. Пределы применения формулы: $1,3 < P_1 < 3,1$; $79 < \beta_H < 131$.

Криволинейность зависимости (2) объясняется тем, что при больших значениях $P_{пр}$ величина β_H приближается к своему предельному значению — полной влагоемкости, что уменьшает угол наклона кривой.

При расчетах режима орошения удобно использовать полезные влагозапасы W_H^n , т.е. отсчитываемые от нижней границы оптимального увлажнения. В этом случае их начальная величина с учетом β_H определится по формуле

$$W_H^n = \frac{m(\beta_H - \beta_{\min})}{100 - \beta_{\min}}, \quad (3)$$

где m — поливная норма, мм; β_{\min} — нижний предел оптимального увлажнения, % НВ.

Для многолетних трав $\beta_{\min} = 70-80$ %. Очевидно, что при $\beta_H = 100$ % $W_H^n = m$.

Аналогично формуле (2) получена зависимость $\beta_H = f(P_{пр}^{20.IV})$, имеющая вид:

$$\beta_H = 60,5 + 32,32 P_2 - 2,44 P_2^2, \quad (4)$$

где $P_2 = 0,01 P_{пр}^{20.IV}$; $\eta = 0,71$.

Таким образом, величина весенних влагозапасов суглинистых почв под орошаемыми травами характеризуется многолетней изменчивостью (в пределах 85–130 % НВ), что необходимо учитывать в расчетах режимов орошения. Из многочисленных факторов, определяющих эту изменчивость, основным являются осадки предшествующего холодного периода, выраженные в формуле (1). Использование зависимости (2) позволяет уточнить проектные оросительные нормы многолетних трав, в основном в сторону их уменьшения.

При этом в ряде случаев различие может достигать поливной нормы. Формула (4) позволяет оценить влагозапасы на начало мая заблаговременно за 10 дней и планировать работы по подготовке к орошению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г о л ч е н к о М.Г., С т е л ь м а х Е.А. Методические рекомендации по определению расчетной обеспеченности орошения в Белоруссии. — Горки, 1978. — 60 с. 2. Руководство по составлению агрометеорологических прогнозов. — Л., 1962. — 268 с. 3. Б о г д а н о в а Т.Ф. Уточнение прогноза запасов влаги в почве к началу вегетационного периода для Западной Сибири // Тр. Гидрометцентра СССР. — 1978. — Вып. 193. — С. 120—123.

УДК 631.6

В.И.КУМАЧЕВ, канд. техн. наук (БСХА)

УСТОЙЧИВОСТЬ НЕЛИНЕЙНОЙ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНОЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОДНОГО РЕЖИМА ПОЧВЫ

Опыт применения нелинейных законов регулирования в различных отраслях техники автоматического управления показывает их эффективность. Вместе с тем проектирование устойчивых режимов работы таких систем является более сложным. Изменение параметров управляемого объекта может привести к качественно новым процессам, в том числе и к изменению устойчивости системы.

Известны работы [1, 2], в которых рассматриваются некоторые вопросы устойчивости гидромелиоративных систем двустороннего регулирования.

Однако в современных условиях совершенствования гидромелиоративных систем этого явно недостаточно.

Для исследования устойчивости необходимо описание динамики объекта управления. Последний описывается уравнением Буссинеска, которое представляет собой дифуравнение в частных производных. Известно [3, с. 128; 4, с. 310; 5; 6, с. 414], что объекты автоматического регулирования с распределенными параметрами, в том числе тепловые объекты, аппроксимируются обыкновенными дифференциальными уравнениями.

Такая аппроксимация основывается на том [7, с. 200], что в распределенном объекте значение переменной необходимо не по всей распределенной координате, а в большинстве случаев для начала и конца координаты, по которой распределен параметр.

Для описания объекта управления с распределенными параметрами дифференциальным уравнением необходимо исключить колебательные составляющие [8, с. 346]. Мелиоративный объект подчиняется этому условию, т.к. последний является идентичным тепловому, и представляет собой фильтр низких частот. Указанная аппроксимация возможна обыкновенными дифференциальными уравнениями 1-го и 4-го порядков с введением и без введения запаздывания [8, с. 346—351, 417].

Для аппроксимации объекта с распределенными параметрами обыкновенным дифуравнением 2-го порядка необходимо выполнение условия [8, с. 350]