

Байшекеев А.

**ПРОГНОЗ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ВОДЫ В РИСОВЫХ ЧЕКАХ ПРИ
ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДРЕНАЖНО-СБРОСНЫХ ВОД**

A. Baishekeev

**FORECAST SALINITY IN RICE PADDIES IN THE USE OF WASTE
WATER AND DRAINAGE**

УДК:621.02/624

Предлагаемая методика расчета прогноза минерализации воды рисовых чеков и модернизация классических зависимостей А.Н. Костикова позволяет получить более точное описание совокупностей опытных значений актуальной $V_{\text{ант}}$ и средней $Y_{\text{внт}}$, скоростей впитывания.

The offered method of forecasting rice fields mineralisation level and the modernization of classic dependency of A.N. Kostikov allows to obtain more accurate results of the current set of experimental values V_{ant} and average Y_{vnt} absorption rate.

Технология полива риса с использованием минерализованных дренажных вод изучалась при различном сочетании оросительной и дренажной воды, с учетом чувствительности растения риса в различные фазы вегетации к засолению. Результаты исследований показали, что в периоды прорастания и всходы риса поливы необходимо производить оросительной водой с минерализацией не более 1,5 г/л, затем смешанной оросительной и дренажной водой с минерализацией до 2,5 г/л. Полив риса по данной технологии позволяет использовать до 40...45% дренажного стока, что составляет 20...25% от оросительной нормы, без снижения урожайности и заметного ухудшения мелиоративного состояния земель.

Минерализация воды в рисовых чеках в поливной период изменяется в значительных пределах от 1,026 до 3,832 г/л, зависит от режима орошения риса и технологии полива. Тип засоления воды в рисовых чеках - сульфатно-хлоридно-натриевый. Присутствие высоких концентраций хлоридов натрия до 20,17 мг-экв/л делают воду токсичной для растений риса. Для снижения токсичности солей в воде рисовых чеков необходимо производить смену воды, имеющийся слой воды сбросить и затопить свежей водой из оросительной сети.

Интенсивность накопления солей в воде рисовом чеке и необходимость смены воды можно определить из балансовых уравнений, описывающих динамику изменения объема воды и интенсивности соленакопления в воде за время dt .

Уравнение, описывающее изменение объема воды в чеке имеет вид:

Уравнение, описывающее изменение объема воды в чеке имеет вид:

$$V = V_0 + \int_0^t (V_n - V_c - V_{um} - V_\phi + V_{sp}) dt \quad (1)$$

соленакпления

$$V \cdot C_v = V_0 C_0 + \int_0^t (V_n \cdot C_n - V_c \cdot C_v - V_\phi \cdot C_v + V_{sp} \cdot C_{sp}) dt \quad (2)$$

где: V – объем воды в чеке в момент времени t , $m^3/га$;

V_0 – начальный объем воды в чеке, $m^3/га$;

V_n, V_{sp} – среднесуточные объемы воды, поступающие в чеке за время $t_1, t_2, t_3 \dots t_n$ через водовыпуск и от почвенных растворов грунтовых воды, $m^3/га$;

V_c, V_{um}, V_ϕ – среднесуточные объемы воды, расходуемые из чека за время $t_1, t_2, t_3 \dots t_n$ соответственно на сброс, испарение и транспирацию, инфильтрацию, $m^3/га$;

C_0, C_n, C_{sp}, C_v – соответственно исходная минерализация воды в чеке, минерализация поливной, грунтовой воды и воды в рисовом чеке в момент времени t , г/л.

Объем воды, поступающий в чек от почвенного раствора и грунтовых вод определяется по уравнению:

$$V_{sp} = \frac{K \left(\frac{\Delta h}{n} + h_1 - h_2 \right)}{10^{-4} \cdot \gamma} \quad (3)$$

где K – коэффициент фильтрации покровных отложений, м/сут;

Δh – террасность рисовых чеков, м;

n – порозность покровных отложений, в долях от единицы;

h_1, h_2 – слой воды в чеках с положительной и отрицательной террасностью, м;

γ – расстояние между центрами чеков с террасностью Δh , м.

В дифференцированной форме уравнение (1) запишется в виде:

$$\frac{dV}{dt} = V_n - V_c - V_{nt} - V_\phi + V_{sp} \quad (4)$$

уравнение (2)

$$\frac{d(V C_v)}{dt} = V_n C_n - V_c C_v - V_\phi C_v + V_{sp} C_{sp} \quad (5)$$

Подставляя уравнение (4) в уравнение (5), получим интенсивность изменения минерализации воды в рисовом чеке

$$V \frac{dC_v}{dt} = C_v (V_n - V_{nt} + V_{sp}) = V_n C_n + V_{sp} C_{sp} \quad (6)$$

Уравнение (6) позволяет определить минерализацию воды в рисовом чеке на любой момент времени t и необходимость смены воды при достижении ее критических значений (7)

$$C_v = \frac{\theta}{\alpha} + (C_0 - \frac{\theta}{\alpha}) e^{-\alpha t} \quad (7)$$

где θ – накопление солей в воде рисового чека за время $t_1, t_2, t_3 \dots t_n$;

$$\theta = \frac{1}{V} \sum_{i=1}^n (V_n C_n + V_{sp} C_{sp})$$

- изменение объема подачи воды в чеке за время $t_1, t_2, t_3 \dots t_n$

$$\alpha = \frac{1}{V} \sum_{i=1}^n (V_n + V_{sp} - V_{nt})$$

Из уравнения 7 следует, что с увеличением водоподачи (V_n) минерализация воды в чеке уменьшается и, наоборот, с уменьшением подачи воды через водовыпуск V_n и увеличением питания от грунтовых вод V_{sp} минерализация воды в чеке возрастает. Концентрация солей в воде чека может изменяться от величины

$$\frac{\alpha}{\theta} = \frac{\sum_{i=1}^n (V_n C_n + V_{sp} C_{sp})}{\sum_{i=1}^n (V_n + V_{sp} - V_{nt})} \text{ при } V_n \longrightarrow 0 \text{ и } V_{\phi} + V_c \longrightarrow 0$$

до C_n при $V_{tr} \longrightarrow 0$ и $V_{\phi} + V_c \longrightarrow V_n$

Зависимость изменения минерализации воды в рисовых чеках от минерализации поливной воды и соотношения V_{ϕ} и V_{tr} для засоленных суглинистых почв показана на рис 1.

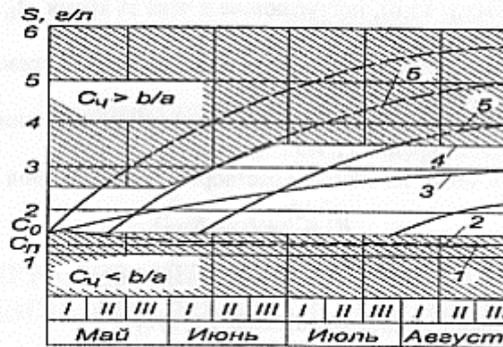


Рис 1. Динамика минерализации воды рисовых чеков в оросительный период
 где: 1 — минерализация поливной воды; 2, 3, 5 — минерализация воды в чеке соответственно при $Q_{\phi} + Q_c = Q_r$ и $C_q < b/a$, при $Q_{\phi} > 0$ и $C_q < b/a$, при $Q_{tr} \geq 0$ и $C_q > b/a$; 4 - предельно допустимая минерализация воды в чеке.

Из приведенных данных следует, что, чем выше фильтрация воды из рисовых чеков и ниже минерализация грунтовых вод, тем более минерализованной может быть вода почвенного раствора засоленных земель. С уменьшением инфильтрации и увеличением напорности грунтовых вод минерализация воды рисовых чеков повышается и для ее снижения необходимо производить смену воды в рисовых чеках.

Для снижения минерализации воды в рисовых чеках и предотвращения потерь урожая риса, необходимо воду из этих чеков периодически сбрасывать и заполнять свежей водой. Но такие сбросы воды не должны носить стихийный характер, так как чрезмерно частые сбросы вызывают увеличение забора воды из источника орошения, переполнение коллекторно-сбросной сети и загрязнение окружающей среды. Эту процедуру следует осуществлять в том случае, когда минерализация воды в чеках превысит предельно допустимую величину, кривая 4, рисунок 1.

Кроме формулы 7 имеются формулы А.Н. Костякова отражающие связь скорости впитывания с продолжительностью стояния слоя воды на поверхности почвы. Средняя скорость впитывания при этом определяется через высоту слоя воды, впитавшегося в почву за определённый период времени Δt то есть $V_{впит} = h_w / \Delta t$ (м/ч, м/с) (8). Среди разработчиков таких зависимостей следует упомянуть С.Ф. Аверьянова, А.И. Голованова, Н.Т. Лактаева, С.М. Кривовяза, Н.Р. Созыкина, А.Н. Ляпина, В.Ф. Кулинченко [2-4]. Предложенные ими формулы для ряда случаев позволяют получить более точные аппроксимации значений $V_{впит}$ и $V_{впит}$ как функций времени (рис. 2).

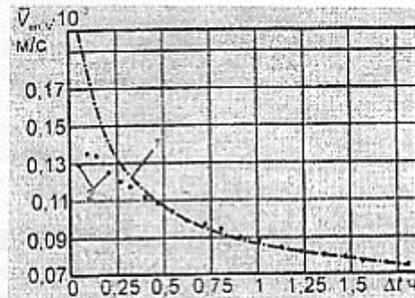


Рис. 2. Сопоставление опытных данных с расчётными по формуле А.Н. Костякова: 1- графическая интерпретация расчётных значений $V_{впит} = f(\Delta t)$ при $a = 0,295$ и $V_{впит} = 0,000062$ м/с; 2 - опытные значения $V_{впит}$.

Учитывая, что поливная норма m также может быть выражена через слой воды h_w , равномерно распределённый по площади, указанное соотношение позволяет определить: среднюю скорость впитывания поливной нормы $V_{вп.т} = m / \Delta t$ (9) часть впитавшейся за время t .

Практика применение формул А.Н. Костякова показала как их приемлемость для аппроксимации совокупностей опытных значений $V_{вп.т}$ в одних случаях (рис. 3), так и недопустимость погрешностей в той или иной части спектра функции $V_{вп.т} = f(t)$. Понятно, что зависимости (1) и (2) применимы в определенном диапазоне аргумента t , как и то, что их недостатки потребовали разработки других известных предложений.

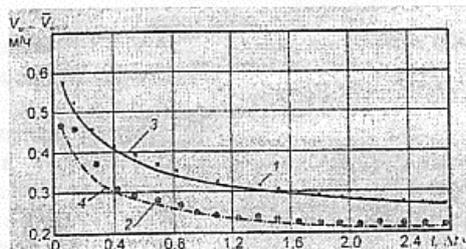


Рис. 3. Опытные и расчётные значения средних $V_{ср.Δt}$ и актуальных $V_{ср.т}$ скоростей впитывания воды в почву: 1,2- опытные (среднённые по трём замерам) значения $V_{ср.Δt}$ и $V_{ср.т}$, 3, 4 - соответственно расчётные кривые зависимости $V_{ср.Δt} = f(\Delta t)$ и $V_{ср.т} = f(t)$ по А.Н. Костякову.

Как уже отмечалось, при аппроксимации чаще всего используется формула А.Н. Костякова. Для получения её точной цифровой интерпретации проводят обработку опытных данных. В соответствии с известными методиками значения функций $V_{вп.т}$ и $V_{ср.Δt}$ и соответствующих им аргументов представляют в виде графиков в логарифмической сетке. По этим графикам находят значения определяющих зависимости (8) и (9) параметров α и $V_{ср.Δt=1ч}$.

Обработка значительного числа опытных данных позволила предложить более простую методику установления этих параметров, исключаящую технологию логарифмирования. В соответствии с этой методикой опытные значения $V_{ср.т}$ и $V_{ср.Δt}$ представляем в виде аппроксимированных графических зависимостей $V_{ср.т} = f_1(t) = V_{ср.Δt} = f_2(\Delta t)$.

Используя графические отображения этих функций, определяем значения $V_{ср.Δt=1ч}$ и $V_{ср.т=1ч}$ затем, используя выражение.

$V_{ср.Δt=1ч}$ и $V_{ср.т=1ч} (1-\alpha)^3$ находим показатель степени (α). Дальнейшее определение параметров функций $V_{ср.т} = f_1(t)$ и $V_{ср.Δt} = f_2(\Delta t)$ проводится с использованием зависимостей (8) и (9). В случае больших расхождений данных опыта с расчётными значениями $V_{ср.т}$ и $V_{ср.Δt}$ полученными по зависимостям (8) и (9), применяем более приемлемые зависимости других авторов. В частности, рекомендуем использовать преобразованные нами формулы А.Н. Костякова:

$V_{ср.т} / V_{ср.тусл} = (t/t_{усл})^{-\alpha}$ и $V_{ср.Δt} / V_{ср.Δтусл} = 1/(1-\alpha) (\Delta t/\Delta t_{усл})$, где $V_{ср.тусл}$ - актуальная скорость впитывания в момент времени $t_{усл}$; $t_{усл}$ - средняя скорость впитывания за $\Delta t_{усл}$; $t_{усл}$ условная единица времени, принимаемая при данных.

Литература:

1. Рау А.Г. «Водораспределение на рисовых системах» Агропромиздат. М. 1987 г.
2. Кохтяков А. № Орновы мелиорации. - М.: Сельхозгиз, 1960. - 662 с.
3. Штоколов Д.А. Улучшенные поливы по бороздам: Дис. канд. техн. наук. - Новочеркасск, 1957. - 228 с.
4. Аверьянов С.Ф. Филь трация из каналов и её влияние на режим грунтовых вод.-М.: АНСССР, 1956.
5. Кривовяз С.М. Впитывание воды в почву при орошении / Труды ТИИ- ИМСХ. - 1962.-№ 18

Рецензент: д.т.н., профессор Алысбаев Э.Т.