

**РЕГУЛИРОВАНИЕ ВОДНО-СОЛЕВОГО БАЛАНСА НА
ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ**

REGULATION OF THE WATER-SALT BALANCE ON IRRIGATED LANDS



УДК 627.83

DOI:10.24411/2588-0209-2020-10195

Сафронова Татьяна Ивановна

доктор техн. наук, профессор, кафедра «Высшей математики», Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар

Степанов Виктор Иванович

канд. пед. наук, профессор, ректор, заведующий кафедры общих гуманитарных и социально-экономических дисциплин, Негосударственное частное образовательное учреждение высшего образования "Алтайский экономико-юридический институт"

Романенко Никита Сергеевич

магистрант 2-го курса, Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар

Safronova Tatyana Ivanovna

doctor tech. Sciences, Professor, Department of Higher Mathematics, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin

Stepanov Victor Ivanovich

Cand. ped. Sciences, Professor, Rector, Head of the Department of General Humanitarian and Socio-Economic Disciplines, Non-State Private Educational Institution of Higher Education "Altai Institute of Economics and Law"

Romanenko Nikita Sergeevich

2nd year master's student, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar

Аннотация. В статье авторы рассматривают особенности режима грунтовых вод в районах орошения. Часть оросительной воды питает растения, часть испаряется и часть питает грунтовые воды. При этом происходит подъем грунтовых вод, увеличивается их испарение и в зоне аэрации накапливаются соли. Ирригационное питание грунтовых вод изменяется в широких пределах в зависимости от климатических условий, оросительной нормы и режима орошения, а также от строения зоны аэрации. Результирующее ирригационное питание определяется разницей между инфильтрацией поливных вод и их расходом на эвапотранспирацию. Значительные поступления ирригационного питания происходят при рассоляющих промывках, осуществляемых затоплением земель с большими нормами. Существенное влияние на ирригационное питание орошаемых территорий оказывают фильтрационные потери из магистральных каналов. Перечисленные процессы изменяют режим грунтовых вод не только на орошаемых, но и на неорошаемых площадях, расположенных в пределах массивов орошения. Авторы подчеркивают, что при мелиоративных исследованиях условий рассоления орошаемых земель следует обращать особое внимание на обоснование гидродинамической обстановки, учитывая временную и площадную изменчивость скоростей просачивания.

Summary

In the article, the authors consider the peculiarities of the groundwater regime in irrigation areas. Part of the irrigation water feeds the plants, part evaporates and part feeds the ground water. At the same time, ground water rises, their evaporation increases, and salts accumulate in the aeration zone. Irrigation supply of ground water varies widely depending on climatic conditions, irrigation norms and irrigation

regime, as well as on the structure of the aeration zone. The resulting irrigation supply is determined by the difference between the infiltration of irrigation water and its expenditure on evapotranspiration. Significant inputs of irrigation nutrition occur during brine washings carried out by flooding of land with large nomes. Filtration losses from main channels have a significant impact on irrigation nutrition of irrigated territories. These processes change the groundwater regime not only in irrigated areas, but also in non-irrigated areas located within irrigation arrays. The authors emphasize that in reclamation studies of the conditions of salinization of irrigated lands, special attention should be paid to the justification of the hydrodynamic situation, taking into account the time and area variability of seepage rates.

Ключевые слова: концентрация токсичных солей, промывная норма, режим промывки.

Keywords: concentration of toxic salts, flushing rate, flushing mode.

Введение. Мелиоративный дренаж служит для обеспечения оптимального режима грунтовых вод, которому соответствуют благоприятные для сельскохозяйственных целей водный, солевой и тепловой режимы почвы. Наиболее простым и принятом для практических целей критерием оптимального дренирования орошаемых территорий является поддержание в вегетационный сезон залегания грунтовых вод не ближе критической глубины, при которой в соответствующих мелиоративных условиях обеспечивается благоприятный солевой режим и, в частности, не возникает опасность вторичного засоления почвы.

Материалы и методы. При мелиоративных прогнозах промывного рассоления земель ставится задача определения промывной нормы, необходимой для снижения концентрации токсичных солей (ионов) в пределах почвенного (корнеобитаемого) слоя до оптимальных величин, не превышающих допустимых пределов. Для оценочных расчетов промывной нормы в мелиоративной практике используются эмпирические формулы, основанные на обобщении натурных материалов. Получила распространение формула В.Р. Волобуева

$$N_{np} = Alg \frac{c_0}{c},$$

где N_{np} – промывная норма, выраженная в метрах слоя воды; c_0 и c – исходное и допустимое содержание токсичных солей; A – эмпирический показатель солеотдачи, зависящий от характера засоленности и почвенногрунтовых условий.

Но эмпирические формулы справедливы для определенных условий промывки и не раскрывают существо протекающих при рассолении процессов. Для более тщательного учета таких процессов рассматриваются расчеты рассоления земель, основанные на использовании миграционных моделей солепереноса. Для обоснования условий промывки (режима и промывной нормы), при которых достигается требуемое рассоление почвенных слоев, расчеты проводятся при задании различных условий промывки. После чего подбором устанавливается оптимальный вариант режима промывки и промывной нормы, исходя из того, чтобы в пределах расчетного почвенного слоя устанавливалась допустимая концентрация токсичных солей.

Важным предварительным этапом расчетов является обоснование исходного распределения солей в промываемых породах, которое складывается из закономерной и не закономерной частей. Исходя из природных условий и учитывая расчетную модель солепереноса, рекомендуется выделить регионального и локального уровней неоднородности распределения солей.

Региональная неоднородность определяется выявленными закономерностями геологического строения территории, позволяющими провести районирование территории с выделением участков локальной неоднородности, имеющих одинаковые геоморфологические и литологические условия. В пределах каждого из участков локальной неоднородности распределение солей носит не закономерный (стохастический) характер.

Для изучения локальной неоднородности необходимо иметь представление о законе распределения и масштабе изменчивости солесодержания. По существующим данным принимается нормальный закон распределения солесодержания с характерными значениями коэффициента вариации $W_c = 30-60\%$. И задавая некоторую величину погрешности определения солесодержания, можно рассчитать необходимое количество проб по формулам математической статистики. Эта величина в сильной степени зависит от заданной надежности расчетов, которая должна устанавливаться на основе представлений о требуемой точности прогноза солевого режима и влияния на эту точность изменчивости солесодержания.

Поскольку солеперенос при промывках происходит главным образом конвективным путем, то при обосновании расчетной модели солепереноса особого внимания заслуживает обоснование гидродинамических факторов, обуславливающих закономерную

изменчивость скоростей просачивания во времени и в пространстве. При работе горизонтального дренажа необходимо учитывать закономерную изменчивость скоростей просачивания, обуславливаемую различными условиями оттока воды с промываемого поля в дрены, поскольку скорости просачивания вблизи дрен и на удалении от них могут различаться в несколько раз, сопровождаясь незакономерной изменчивостью, которая по данным натурных исследований имеет логнормальный характер с коэффициентом вариации 30 – 40 %.

Во время вегетационных поливов процессы солепереноса осложняются тем, что периоды поливов, создающие нисходящие токи воды, чередуются с межполивными периодами, когда за счет испарения возникают восходящие потоки воды у поверхности земли. В этом случае скорости просачивания значительно изменяются по глубине и во времени. До настоящего времени не разработано достаточно надежной и практической методики расчетов влагопереносов в таких условиях. Для ориентировочного обоснования поливной нормы рекомендуется исходить из предположения, что реставрация засоления не будет происходить, если средняя интенсивность нисходящих потоков воды несколько превысит восходящие токи. Весьма существенно влияние таких агро-мелиоративных факторов, как принятый порог токсичности и, особенно, расчетная мощность рассоляемого слоя.

При картировании главным параметром, который должен быть отражен, является проницаемость пород под уровнем заложения горизонтальных дрен. При этом выделяются три типа условий по проницаемости (коэффициенту фильтрации $k_{\text{п}}$) покровных отложений: неблагоприятное (тяжелые суглинки и глины, $k_{\text{п}} < 0,1$ м/сут), промежуточные (легкие и средние суглинки $k_{\text{п}} = 0,1 - 0,5$ м/сут), благоприятные (супеси и пески $k_{\text{п}} > 0,5$ м/сут). Неблагоприятные условия практически исключают эффективную работу горизонтального дренажа, в промежуточных условиях требуются расчетные обоснования различных форм дренажа, а в благоприятных условиях горизонтальный дренаж предпочтителен.

Развитие работ по организации мелиоративных систем требует разработки особых требований к проведению на них гидрогеологических работ, основной частью которых должен быть мониторинг подземных вод. Методика мониторинга должна исходить из

выполнения им задач получения информации, необходимой для обоснования прогноза с выходом на решение проблем управления развития мелиоративной системы.

Гидравлический расчет закрытой оросительной сети проведен для орошаемого участка в агрофирме «Победа» Каневского района Краснодарского края. По схеме оросительной сети, представленной на рисунке 1, определим диаметры трубопроводов на отдельных участках и потери напора на расчетной трассе [1].

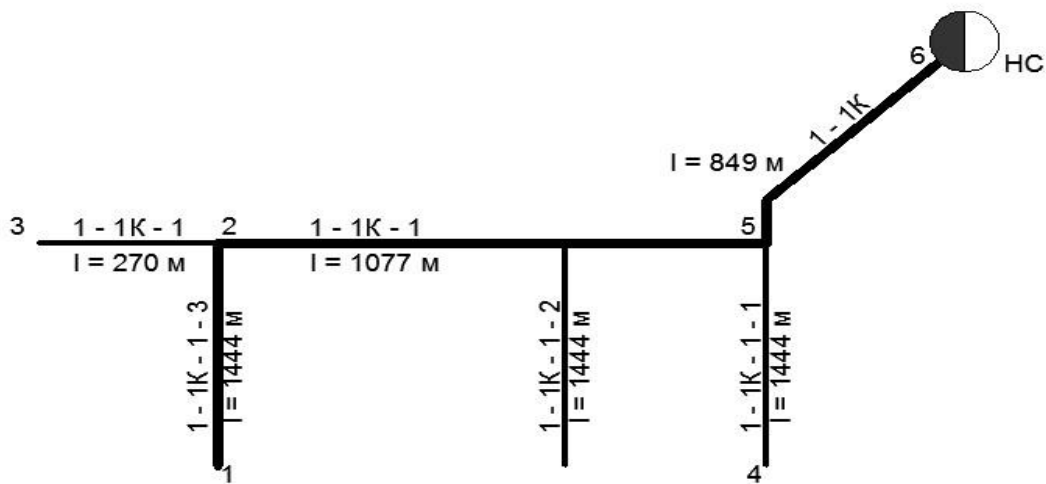


Рисунок 1 – Схема оросительной сети

Диаметр трубопроводов подбираем учитывая расчетные расходы и оптимальные скорости движения воды в трубопроводах. По расчетному диаметру подбираем стандартный. Определяем фактическую скорость движения воды в трубопроводе, потери напора по длине на отдельных участках трубопровода, местные потери, которые составляют 10% от потерь по длине. Полные потери напора по длине состоят из потерь по длине плюс местные потери.

Далее производим гидравлический расчет трассы.

Дренажная сеть должна поглощать то количество воды, которое поступает в дрены из почвы (внутренний сток). Величина внутреннего стока, зависит от многих факторов – климатических, почвенных, гидрологических и других.

Формула Костякова А.Н. для модуля дренажного стока [2] учитывает основные факторы, влияющие на дренажный сток

$$q = \frac{P \cdot \eta \cdot \alpha}{t \cdot \beta \cdot 864}, \text{ л/сек} \quad (1)$$

где P – сумма осадков, мм; η – коэффициент поглощения воды почвой, принимаем равным 0,5; α – дренажный коэффициент просачивания. по справочной литературе принимаем 97%; β – поправочный коэффициент, по справочной литературе выбираем зависящим от скорости просачивания воды в данной почве при данной степени осушения, принимаем равным 1; t – число дней с осадками в виде дождя за расчетный период стока, суток.

$$q = \frac{104 \cdot 0,5 \cdot 97}{7,9 \cdot 1 \cdot 864} = 0,739 \text{ л/сек}$$

Далее произведем гидравлический расчет для одной дрены по следующему алгоритму[4]:

- 1 Принимаем диаметр трубы и уклон дренажной линии с учетом расчетного расхода дрены.
- 2 Определяем скорость течения воды в дрене при полном ее заполнении.
- 3 Определяем водопрпускную способность дренажной линии. 4 Выбираем диаметр дрены, обеспечивая условие

$$\omega_{\text{обсл.}} \geq \omega,$$

где $\omega_{\text{обсл.}}$ - площадь, которую может обслужить дрена при данном ее диаметре без переполнения, ω - площадь, которую должна обслужить дрена.

Принимаем диаметр дрены 25 см.

Параметры осушительного канала устанавливаем конструктивно, учитывая, что глубина воды в канале была больше уровня воды в реке Сухие Челбасы. Устанавливаем размеры каналов соответствующими технике, принятой для выполнения земляных работ.

5. Определяем скорость движения воды в канале, сравнивая ее с максимально и минимально допустимыми не размывающими и не заиляющими скоростями. При этом должно выполняться условие:

$$V_3 \leq V \leq V_p \text{ или } 0,3 \text{ м/с} \leq V \leq 1,0 \text{ м/с}$$

Расчеты подтверждают выполнение условия: $0,3 \text{ м/с} \leq 0,98 \text{ м/с} \leq 1,0 \text{ м/с}$.

Результаты и обсуждение. Далее определяем положения горизонта воды и дна канала по длине. Устанавливаем устойчивую форму поперечных сечений каналов.

Глубину заложения дрены в истоке определяли по формуле [3]:

$$t_{\text{исток}} = H_0 + z + h + d_n, \text{ м} \quad (2)$$

где H_0 – норма осушения, т.е. глубина, на которой должен находиться горизонт грунтовых вод от поверхности почвы, принимаем $H_0 = 0,6 \text{ м}$; z – резервный слой, обеспечивающий временный безопасный подъем грунтовых вод, принимаем $z = 0,2 \text{ м}$; h – характеризует

собой падение депрессионной кривой грунтовых вод на участке от середины междренья до створа дрены, принимаем $h = 0,6$ м; d_H – наружный диаметр дрены, равен $d_H = d_B + 0,02$, м.

Глубину заложения дрены в устье определяли по формуле [3,4]:

$$t_{\text{устье}} = t_{\text{исток}} + (i_{\text{др}} - i_{\text{мест}}) \cdot l_{\text{кол}}, \text{ м} \quad (3)$$

где $l_{\text{кол}}$ – длина дрены, м; $i_{\text{др}}$ – уклон дрены, принимаем равным уклону местности, т.е. $i_{\text{др}} = i_{\text{мест}}$; $i_{\text{мест}}$ – уклон местности по трассе дрены.

Выполнив расчеты по формулам (2) и (3), получаем

$$t_{\text{исток}} = t_{\text{устье}} = 0,6 + 0,2 + 0,6 + 0,22 \approx 1,7$$

Результаты расчетов по вычислению глубин в трапецеидальном канале заносим в таблицу 1. Для расчета расходов используем формулу

$$Q = \omega \cdot C \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

Таблица 1 – Результаты расчетов глубин и расходов воды в канале осушительной сети

H, м	b, м	m	ω , м ²	i	χ , м	R, м	n	C, м ^{0,5} /с	Q, м ³ /с
0,10	0,4	1	0,05	0,007	0,68	0,07	0,03	21,56	0,024
0,20			0,12		0,97	0,12		23,55	0,083
0,21			0,13		0,99	0,13		23,69	0,091
0,22			0,14		1,02	0,13		23,83	0,099
0,25			0,16		1,11	0,15		24,21	0,126
0,30			0,21		1,25	0,17		24,77	0,178

Для определения H удобно использовать графоаналитический способ. По данным таблицы 1 строится график $Q = f(h)$. По оси абсцисс графика откладывается значение $Q_{\text{расч}}$ для каждого канала, восстанавливается перпендикуляр. Пересечение кривой и перпендикуляра дает значение искомой глубины, т.е. $H_1 = 0,10$ м, $H_2 = 0,27$ м.

Заключение. Основные задачи мелиоративного мониторинга – оценка эффективности работы дренажа, изучение фильтрационных потерь из каналов и анализ влияния гидромелиораций на окружающую среду. Выделение типовых условий следует проводить в форме картирования мелиоративно-гидрогеологических условий, при котором отражаются не только типовые гидрогеологические условия, но и инженерномелиоративные элементы – водохранилище, магистральные и

межхозяйственные каналы, распределительная сеть, условия орошения и характеристики дренажных систем.

Список использованной литературы

1. Сафронова Т.И. Анализ оценки земельных ресурсов в сельском хозяйстве / Т.И. Сафронова, И.А. Приходько, Л.Н. Кондратенко - **Фундаментальные исследования**.2019. № 5. С. 110-114.
2. Сафронова Т.И. Информационная модель управления качеством состояния рисовой оросительной системы / Т.И.Сафронова, И.А. Приходько - Труды Куб ГАУ, 2007, № 6, с. 11 – 15
3. Сафронова Т.И. Мониторинг почвенно-мелиоративного состояния земель дельты реки Кубань / Т.И. Сафронова, И.А. Приходько, Политематический сетевой электронный журнал Куб ГАУ, 2006, № 17, с.12 – 21
- 4.Kumar, S. Developing soil matric potential based irrigation strategies of direct seeded rice for improving yield and water productivity / S. Kumar, B. Narjary, K. H.S. Kumar, Jat, S.K. Kamra, R.K. Yadav // *Agricultural Water Management*. 2019. Volume 215, Pages 8-15.

Spisok ispol'zovannoi literatury

1. Safronova T.I. Analiz otsenki zemel'nykh resursov v sel'skom khozyaistve / T.I. Safronova, I.A. Prikhod'ko, L.N. Kondratenko - *Fundamental'nye issledovaniya*.2019. № 5. S. 110-114.
2. Safronova T.I. Informatsionnaya model' upravleniya kachestvom sostoyaniya risovoi orositel'noi sistemy / T.I.Safronova, I.A. Prikhod'ko - *Trudy Kub GAU*, 2007, № 6, s. 11 – 15
3. Safronova T.I. Monitoring pochvenno-meliorativnogo sostoyaniya zemel' del'ty reki Kuban' / T.I. Safronova, I.A. Prikhod'ko, *Politematicheskii setevoi ehlektronnyi zhurnal Kub GAU*, 2006, № 17, s.12 – 21
- 4.Kumar, S. Developing soil matric potential based irrigation strategies of direct seeded rice for improving yield and water productivity / S. Kumar, B. Narjary, K. H.S. Kumar, Jat, S.K. Kamra, R.K. Yadav // *Agricultural Water Management*. 2019. Volume 215, Pages 8-15.