

- 14.Тезикова, Т. В. Хроника организации национального парка Самарская Лука / Т. В. Тезикова // Социально-экологические проблемы Самарской Луки. – Куйбышев, 1990. – С. 177–180.
- 15.Тимофеев, В. Е. О восстановлении Жигулевского государственного заповедника / В. Е. Тимофеев // Бот. журн. – 1967. – Т. 52. – № 2. – С. 300.
- 16.Уранов, А. А. Возрастной спектр фитоценопопуляции как функция времени и энергетических волновых процессов / А. А. Уранов // Биол. науки. – 1975. – № 2. – С. 7–34.
- 17.Устинова, А. А. Охраняемые природные территории Самарской области: выделение, мониторинг, растительный покров / А. А. Устинова, В. И. Матвеев, Н. С. Ильина, В. В. Соловьева, А. Е. Митрошенкова, Г. Н. Родионова, Т. К. Шишова, В. Н. Ильина // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2011. – 13 (6). – С. 1523–1528.
18. Шенников, А. А. Введение в геоботанику / А. А. Шенников. – Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1964. – 447 с.
19. Ярошенко, П. Д. Геоботаника. Основные направления и методы / П. Д. Ярошенко. – М.-Л. : Изд-во АН СССР, 1961. – 474 с.
- 20.Ilyina, V. Indicator role of the ontogenetic structure of rare plant cenotic populations in the assessment of the ecological state of species under anthropogenic pressure (for example, *Rindera tetraspis* Pall.) / V. Ilyina, A. Mitroshenkova // E3S Web of Conf. – Volume 222, 2020. – International Scientific and Practical Conference “Development of the Agro-Industrial Complex in the Context of Robotization and Digitalization of Production in Russia and Abroad” (DA-IC 2020). – 5 p. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202022205003>.
- 21.Mitroshenkova, A. E. Refugium role of natural-territorial complexes of Samara Oblast (south-east of European Russia) in the conservation of petrophytic flora and vegetation / A. E. Mitroshenkova, V. N. Ilyina. Ninth International Symposium "Steppes of Northern Eurasia". IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 817 (2021). – 012070. – 8 p. doi:10.1088/1755-1315/817/1/012070.

УДК 626.84

ОСОБЕННОСТИ ВОДНОГО РЕЖИМА ПОЧВЫ ПРИ ОРОШЕНИИ СТОКАМИ ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

В. В. Копытовский

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», Горки,
Беларусь, axr@baa.by

Аннотация

В статье представлены результаты изучения водного режима почв при орошении стоками свиноводческого комплекса многолетних трав на дерново-подзолистых почвах. Установлено, что режим орошения многолетних трав зависит от тепловлагообеспеченности вегетативного периода при утилизации свиноводческих стоков по норме азота 280 кг/га и создание необходимого

водного режима в корнеобитаемом слое. Годовая норма вносилась дробно. Если увлажнительный эффект стоков не обеспечивал требуемый уровень влажности почвы в расчетном слое, то проводилось дополнительное увлажнение природной водой.

Ключевые слова: водопотребление, водный режим: свиноводческие стоки, влажность почвы: поглощающий дренаж.

SPECIFIC FEATURES OF THE WATER REGIME OF THE SOIL IRRIGATED WITH PIG WASTEWATER

V. V. Kopytovsky

Abstract

The article presents the results of the water regime of soils during irrigation of perennial grasses on sod-podzolic soils. It has been found out that the irrigation regime for perennial grasses depends on the heat and moisture supply of the vegetative period during the utilization of pig wastewater at a rate of 280 kg / ha and the creation of the necessary water regime in the root zone. The annual rate was applied fractionally. If the moistening effect of the wastewater did not provide the required amount of soil moisture in the calculated layer, then additional moistening with natural water was carried out.

Keywords: water consumption, water regime: pig-breeding runoff, soil moisture: absorbing drainage.

Введение. Рациональное использование природных ресурсов является одной из наиболее значимых проблем не только в Беларуси, но и во всем мире. Развитие промышленности, транспорта и применение высокоинтенсивных технологий в агропромышленном комплексе приводят к увеличению уровня загрязнения земельных и водных ресурсов. При этом одним из источников загрязнения являются сточные воды, несмотря на то, что их очистке и обезвреживанию уделяется большое внимание [1, 2].

Из всего многообразия категорий сточных вод наибольший практический интерес представляют животноводческие стоки, которые образуются на крупных животноводческих фермах и комплексах в результате применения гидравлических способов уборки помещений. Однако животноводческие стоки, являясь потенциальным загрязнителем водных объектов, содержат различные биогенные элементы, которые могут быть эффективно использованы в растениеводстве.

Для утилизации и обезвреживания животноводческих стоков применяют различные технологии. Одна из них – для удобрительного орошения сельскохозяйственных культур [3, 4, 5, 6, 7].

Для практической реализации данной технологии при комплексах построены специализированные мелиоративные системы, работающие по принципу полного водооборота. Как правило, такие системы включают сеть подземных трубопроводов и дождевальную технику для проведения поливов, различные по назначению гидротехнические сооружения, оградительную и дренажно-сбросную сеть для сбора загрязненного поверхностного и дренажного стоков, которые аккумулируют и используют повторно для орошения.

При анализе работы такой водооборотной системы, на первый взгляд, создается впечатление, что распространение загрязнений за пределы орошаемой территории исключается. Однако практический опыт показывает, что полной очистки и экологической безопасности даже на совершенных системах не обеспечивается. Поэтому работоспособность отдельных элементов водооборотной мелиоративной системы для удобрительного орошения требует углубленного изучения и совершенствования.

Материалы и методы. Экспериментальные исследования были проведены в течение 1999–2014 гг. на опытном участке в РСУП СГЦ «Заднепровский» Оршанского района Витебской области. В данном хозяйстве имеется свиноводческий комплекс, рассчитанный на выращивание и откорм 54 тыс. голов свиней в год. Полевой опыт был заложен в 8 вариантах (табл.1).

С целью получения достоверных данных исследования проведены в четырехкратной повторности. Размещение учетных делянок было систематическим.

Таблица 1 – Схема опыта по изучению работоспособности поглощающего дренажа и агро-мелиоративных мероприятий

№ № вариантов	Вид агро-мелиоративной обработки
1	Без орошения стоками и мелиоративных мероприятий (абсолютный контроль)
2	Орошение стоками без мелиоративных мероприятий (контроль)
3	Орошение стоками + поглощающий дренаж
4	Орошение стоками + поглощающий дренаж в сочетании с почвоуглублением на 30 см
5	Орошение стоками + поглощающий дренаж в сочетании с рыхлением на глубину 60 см.
6	Орошение стоками + поглощающий дренаж в сочетании с внесением соломы в почву в количестве 4 т/га.
7	Орошение стоками + поглощающий дренаж в сочетании с почвоуглублением и внесением соломы в почву в количестве 4 т/га.
8	Орошение стоками + поглощающий дренаж в сочетании с рыхлением на глубину 60 см и внесением соломы в почву в количестве 4 т/га.

Поглощающие дрены представляли собой траншеи глубиной 0,8 м. На дно траншей укладывался слой соломы или растительных остатков слоем 20 см. После этого траншеи засыпались вынутым грунтом. Расстояние между соседними поглощающими дренами принималось 10 метров.

Как отмечается в работе [3], при орошении стоками животноводческих комплексов возникает необходимость уточнения отдельных элементов режима орошения. Это объясняется увеличением водопотребления сельскохозяйственных культур и необходимостью оценки возможности утилизации навозных стоков в различные по влагообеспеченности годы.

В процессе проведения полевых опытов по режиму орошения нормы полива устанавливали по общепринятым методикам [3]. В таблице 2 приведены поливные нормы и сроки полива многолетних трав в годы исследований.

Таблица 2 – Нормы орошения и сроки поливов за период исследований

Годы	Количество осадков, мм	Сроки и нормы (мм) поливов	Нормы орошения, мм
1999	223	<u>26.04</u> , <u>21.05</u> , <u>17.06</u> , <u>14.07</u> , <u>07.08</u> , 25 25 25 24 21	120
2000	497	<u>04.05</u> , <u>14.06</u> , <u>19.08</u> , 20 20 19	59
2001	468	<u>06.05</u> , <u>16.06</u> , <u>25.08</u> , 20 20 23	63
2002	294	<u>24.04</u> , <u>23.05</u> , <u>21.06</u> , <u>19.07</u> , <u>07.08</u> , <u>21.08</u> , 24 24 20 20 25 20	133
2003	414	<u>07.05</u> , <u>16.06</u> , <u>25.07</u> , 20 25 25	70
2004	300	<u>03.05</u> , <u>14.06</u> , <u>23.07</u> , <u>08.09</u> , 20 23 25 27	95
2005	398	<u>29.04</u> , <u>07.07</u> , <u>31.08</u> , 25 25 25	75
2006	495	<u>08.05</u> , <u>12.06</u> , <u>22.08</u> , 20 20 20	60
2007	364	<u>03.05</u> , <u>16.06</u> , <u>30.08</u> , <u>09.09</u> , 18 15 20 17	70
2008	389	<u>05.05</u> , <u>12.06</u> , <u>28.07</u> , <u>28.08</u> , 20 18 18 19	75
2009	412	<u>28.04</u> , <u>18.06</u> , <u>04.07</u> , <u>26.08</u> , 23 25 17 25	90
2010	364	<u>26.04</u> , <u>04.06</u> , <u>20.06</u> , <u>05.07</u> , <u>22.07</u> , 25 20 25 25 20	115
2011	337	<u>28.04</u> , <u>20.05</u> , <u>19.06</u> , <u>19.07</u> , <u>08.08</u> , <u>25.08</u> , 22 19 25 20 19 25	130
2012	485	<u>29.04</u> , <u>15.06</u> , <u>19.08</u> , 20 15 25	60
2013	406	<u>25.04</u> , <u>11.06</u> , <u>01.09</u> , 25 20 25	70
2014	353	<u>22.04</u> , <u>25.05</u> , <u>03.06</u> , <u>25.06</u> , <u>18.07</u> , <u>10.08</u> , 25 20 25 20 20 25	135

Анализ таблицы 2 указывает на то, что в зависимости от тепловлагообеспеченности вегетационного периода при утилизации животноводческих стоков при норме азота 280 кг/га и создании оптимального водного режима в корнеобитаемом слое почвы в течение вегетации потребовалось проведение от трех до шести поливов нормами 15–27 мм. Оросительные нормы при этом составили 59–135 мм. В засушливые годы, кроме удобрительных и удобрительно-увлажнительных поливов, проводились поливы чистой водой.

В ходе проведения опытов водный режим почвы изменялся и в зависимости от проведенных поливов. Однако эти поливы, как правило, нормой, которая не превышала 27 мм, оказывали влияние на влагозапасы верхнего слоя почвы глубиной не более 60 см.

Наибольшие колебания влажности происходили в контрольном варианте. В вариантах с глубоким рыхлением в засушливые периоды влажность почвы была выше, чем в контрольном варианте (без рыхления и удобрительных поливов). Наиболее благоприятные условия влажности почвы для многолетних трав сложились в вариантах с глубоким рыхлением, агрономическими мероприятиями и особенно там, где вносилась в почву солома. Для подтверждения это-

го были проведены расчеты водного баланса для каждого из изучаемых вариантов. При выполнении этих расчетов была использована упрощенная методика, которая не учитывала подпитывания грунтовых вод, что соответствовало условиям проведения опытов при глубоком их залегании.

Результаты расчетов водного баланса почвы за годы исследований показали, что во всех изучаемых вариантах основным фактором изменчивости водного режима дерново-подзолистой почвы являются атмосферные осадки. В контроле без орошения удельный вес используемых полезных осадков в суммарном водопотреблении многолетних трав в среднем за 10 лет составил 78,4 %, а потребление влагозапасов из почвы – 21,6 %. В орошаемых животноводческими стоками вариантах доля используемых полезных осадков составляла 64,1–64,7 % от суммарного водопотребления многолетних трав. Поливы стоками свиноводческого комплекса в сочетании с чистой водой восполняли 19,2–19,4 % суммарного водопотребления, а на долю почвенных влагозапасов приходилось в среднем 16,1–16,5 %. Наибольшее использование запасов влаги из почвы отмечалось в вариантах с глубоким рыхлением. Недостаток влаги был значительным в засушливые годы в контрольном варианте и колебался от 50,0 мм в 2004 году до 206,7 мм в 2002 году. В орошаемых вариантах водный режим в основном поддерживался в оптимальных пределах. В годы с достаточным естественным увлажнением (2000, 2001, 2003, 2005, 2006, 2009, 2012 и 2013) на всех вариантах в целом за вегетационный период имел место избыток влаги, в том числе, и с орошением. Однако это не влияло на развитие многолетних трав, так как осадки выпадали неравномерно. Поливы в эти периоды носили удобрительный характер, и их нормы определялись из расчета внесения требуемого количества биогенных элементов.

Анализируя динамику водного баланса по годам исследований, следует отметить следующие особенности. Прежде всего, проведенные агрономелиоративные мероприятия способствовали оптимальному перераспределению влаги в почве и эффективному её использованию.

В засушливом 1999 году недостаток влаги колебался от 32,4 до 43,1 мм в орошаемых вариантах, а в первом (контрольном) варианте, где орошение не проводилось, он увеличился до 153,3 мм. Проведенные поливы при оросительной норме за вегетацию 120 мм на всех орошаемых вариантах значительно снизили напряженность водного режима. В зависимости от варианта обработки недостаток влаги колебался несущественно. На развитие трав этот недостаток влияния не оказал, так как он соотнесен к метровому слою почвы, в то время как основная масса корней растений сосредоточена в полуметровом слое и поливные разовые нормы были рассчитаны из условия увлажнения этого слоя. В целом в вариантах с удобрительно-увлажнительными поливами полученный дефицит влаги в вегетационный период составлял не более 8,5 % от расчетного водопотребления, а на контроле создавался он из-за отсутствия поливов. Следует отметить, что агрономелиоративные мероприятия и поглощающий дренаж способствовали большему использованию запасов влаги из расчетного слоя почвы.

Аналогичная картина в распределении водного баланса почвы наблюдалась

в 2000 году, достаточно влажном, в вегетационный период которого осадков выпало больше нормы и в метровом слое почвы по всем вариантам наблюдался избыток влаги. При этом величина избытка незначительно различалась в зависимости от способа агромелиоративной обработки. Хотя справедливости ради следует указать, что во втором варианте, на котором применялось орошение без агромелиораций, переувлажнение было несколько выше по сравнению с другими вариантами. Аналогичная ситуация отмечена и в 2001 году, который по условиям естественного увлажнения также был влажным, что способствовало некоторому переувлажнению верхнего слоя почвы.

Из всего периода наблюдений самыми засушливыми были 1999, 2002, 2004 и 2011 гг. Норма орошения в вегетационный период 2002 г. составила 133 мм. Однако в метровом слое наибольшие влагозапасы сохранялись при проведении агромелиоративных мероприятий на фоне поглощающего дренажа и составили 80,5–84,4 мм, в то время как в орошаемом варианте 2, но без агромелиорации было использовано влаги из почвы в количестве 78,5 мм.

Наибольший расход влаги из почвы отмечался в контроле и составлял 89,6 мм, недостаток был отмечен в контрольном варианте – 154,3 мм. В орошаемых вариантах с агромелиорацией этот недостаток был незначительным (26,5–32,4 мм). 2003 год был влажным, было проведено три удобрительных полива. Поливные нормы составили 20–25 мм. Проведенные поливы благоприятно сказались на многолетних травах.

Из запасов почвенной влаги за вегетационный период было использовано от 71,1 до 80,1 мм. Наибольшее количество используемой почвенной влаги (80,1 мм) отмечалось в первом контрольном варианте. В вариантах с поглощающим дренажом и агромелиоративными мероприятиями было использовано 72,8–77,8 мм влаги из почвы, а наименьшее количество – в орошаемом варианте 2 без поглощающего дренажа и агромелиоративных мероприятий (71,1 мм). При этом наибольшее использование почвенных влагозапасов отмечалось в варианте 8 с глубоким рыхлением и внесением соломы на фоне бессточного дренажа. Сравнительные данные по суммарному водопотреблению показали, что в контроле (вариант 1) недостаток влаги за период вегетации многолетних трав, по сравнению с расчетным водопотреблением, составил 87,8 мм. В орошаемых вариантах эти различия не превышали 5 % по сравнению с фактическим водопотреблением.

Иссушение метрового слоя почвы отмечено в 2004 году в контрольном варианте (136,1 мм), а поливы в вариантах с агромелиорацией поддерживали влагозапасы в оптимальных пределах. Здесь недостаток влаги по сравнению с расчетным водопотреблением не превышал 10 %.

В вегетационный период 2005 г., который отличался повышенной влажностью почвы, было проведено всего лишь 3 удобрительных полива оросительной нормой 75 мм. При этом из расчетного слоя почвы в контроле было использовано наибольшее количество влаги (82,6 мм), в то время как в вариантах с поглощающим дренажом используемые запасы влаги были меньше и составили 72,5–75,2 мм. Причем на варианте 8 с глубоким рыхлением и внесением соломы было наибольшее использование почвенных влагозапасов. В целом

суммарное водопотребление трав в контроле составило 423 мм, а в орошаемых вариантах – 487,9–490,6 мм. Наибольшее суммарное водопотребление трав (490,6 мм) было зафиксировано на фоне поглощающего дренажа с проведением глубокого рыхления и внесения соломы. Расчетное водопотребление 2005 г. изменялось не более чем на 10 % от фактического потребления влаги многолетними травами.

Для поддержания оптимальной влажности почвы в вегетационный период 2009 г. было проведено четыре удобрительно-увлажнительных полива оросительной нормой 90 мм. За этот период в контроле было использовано многолетними травами из почвы 87,2 мм влаги, а в орошенных вариантах - 81,4–86,5 мм. Агротелиоративные мероприятия несколько улучшали водный режим почвы и повышали продуктивные влагозапасы. В целом суммарное водопотребление трав в контроле (вариант 1) составляло 438,0 мм, а в орошаемых вариантах – 522,2–527,3 мм.

В относительно теплом и среднемноголетнем 2010 году за вегетационный период в контроле (вариант 1) было использовано 92,5 мм почвенной влаги, а в варианте 2 при удобрительно-увлажнительных поливах – несколько меньше (82,3 мм).

На фоне поглощающего дренажа в сочетании с агротелиоративными мероприятиями проведение удобрительно-увлажнительных поливов способствовало более эффективному использованию продуктивных влагозапасов. Наибольшие их значения (90,2 мм) получены в варианте 8 с бессточным дренажем и проведением глубокого рыхления в сочетании с внесением соломы. В целом суммарное водопотребление многолетних трав в контроле (вариант 1) составляло 402,8 мм и было меньше расчетного водопотребления на 112,2 мм. В орошаемых вариантах 2–8 суммарное водопотребление составляло 507,6–515,5 мм и практически не отличалось от расчетного значения. Более высокие показатели суммарного водопотребления трав были характерны для вариантов с бессточным дренажем в сочетании с агротелиоративными мероприятиями вследствие использования большего запаса почвенной влаги.

В среднемноголетнем 2014 году изменения почвенных влагозапасов оставались аналогичными с вегетационным периодом 2010 г. Однако в 2014 г. оросительная норма из всех изучаемых лет была наибольшей и составляла 135 мм. Суммарное водопотребление многолетних трав в орошаемых вариантах составляло 518,6–521,7 мм, а в контроле – 391,1 мм, что меньше расчетного водопотребления на 157,9 мм.

Таким образом, применение поглощающего дренажа в сочетании с агротелиоративными мероприятиями позволяло регулировать продуктивные запасы влаги в оптимальных пределах и более эффективно их использовать, особенно при проведении глубокого рыхления с внесением соломы. Принятая нами для расчетов суммарного водопотребления многолетних трав формула по сумме дефицитов влажности воздуха дает достаточно достоверные показатели в орошаемых вариантах. Расхождение рассчитанных значений превышало фактические данные, полученные в полевых условиях, не более чем на 10 %. Однако в зависимости от погодных условий года при расчете водопотребления много-

летних трав необходимо уточнить биоклиматический коэффициент.

На орошаемых землях в процессе поливов дождеванием нередко наблюдается поверхностный сток из-за несоответствия впитывающей способности почвы интенсивности дождя, что приводит к образованию поверхностного стока. Это обусловлено еще и тем, что при поливе животноводческими стоками, кроме растворённых химических веществ, в них содержатся взвешенные частицы, которые кольматировали почву и усиливали процессы возникновения поверхностного стока.

Заключение. По результатам наблюдений за водным режимом можно сделать следующие выводы:

1. Во всех изучаемых вариантах основным фактором изменчивости водного режима почвы являются атмосферные осадки, на долю которых приходилось в среднем за 7 лет исследований 66,3 % водопотребления. Проведенные в 1999–2005 гг. поливы стоками свиноводческого комплекса восполняли около 20,0 % водопотребления, а на долю почвенных влагозапасов почвы приходилось в среднем 16,7 %.

2. Применение поглощающего дренажа в сочетании с агромелиоративными мероприятиями обработки почвы оказывало благоприятное действие на гидрологический режим орошаемой территории. Так, площадь микропонижений, заполненных водой, в обработанных вариантах уменьшилась на 15,5–44,2 %, в т. ч. в вариантах бессточного дренажа в сочетании с рыхлением – на 35,8 %, с внесением соломы на – 41,5 %, с почвоуглублением и внесением соломы на – 43,6 %, с рыхлением и внесением соломы – на 44,2 %.

Список цитированных источников

1. Технология использования жидких органических удобрений на луговых угодьях, исключая загрязнение почв и природных вод и инкрустацию солей на напорных трубопроводах / П. Ф. Тиво, В. С. Брезгунов, Л. А. Саскевич и др. – Минск, 2005. – 64 с.
2. Состояние окружающей среды Республики Беларусь: Нац. докл. / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, НАН Беларуси, Белорусский научно-исследовательский центр «Экология». – Минск : ОДО «ЛОРАНЖ-2», 2000. – 96 с.
3. Желязко, В. И. Эколого-мелиоративные основы орошения земель стоками свиноводческих комплексов / В. И. Желязко. – Горки : 2003. – 168 с.
4. Овцов, Л. П. Плодородие дерново-подзолистых почв при длительном орошении животноводческими стоками / Л. П. Овцов, Михеев В. А. // Мелиорация и водное хозяйство. – 2002. – № 5. – С. 16–18.
5. Утилизация сточных вод и животноводческих стоков / В. И. Желязко, О. А. Захарова, Л. В. Кирейчева и др. – М. : Изд-во ООО «Эдель-М», 2001. – 183 с.
6. Грислис, С. В. Многолетние травы как экологическое звено при утилизации сточных вод / С. В. Грислис, В. П. Спасов. // Аграрная наука. – 1998. – № 2. – С. 15–18.
7. Саскевич, Л. А. Эффективно использовать бесподстилочный навоз / Л. А. Саскевич, П. Ф. Тиво // Агропанорама. – 2000. – № 5. – С. 27–30.