

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное научное учреждение
«РОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МЕЛИОРАЦИИ»
(ФГНУ «РосНИИПМ»)**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИКИ
ОРОШЕНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ
ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ**

**Сборник научных трудов
по материалам международного научно-практического семинара
«Опыт и перспективы использования поливной техники
на орошаемых землях»
15-16 декабря 2005 года**

Новочеркасск 2005

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Щедрин В.Н. (ответственный редактор), Балакай Г.Т.,
Бочкарев В.Я., Андреева Т.П. (секретарь)

Сборник подготовлен ФГНУ «РосНИИПМ» по материалам международного научно-практического семинара «Опыт и перспективы использования поливной техники на орошаемых землях», а также по результатам выполнения научно-исследовательских работ в 2005 году. В сборнике представлены сообщения по техническим, технологическим и экономическим проблемам совершенствования технологий и техники полива, с учетом новых требований ВТО и тенденций развития орошаемого земледелия в новых условиях землепользования, включая перспективные технологии орошения.

© ФГНУ «РосНИИПМ»

Рецензенты:

Ольгаренко В.И. – заведующий кафедрой эксплуатации ГМС НГМА, засл. деятель науки РФ, чл.-кор. РАСХН, д-р техн. наук, профессор;
Бородычев В.В. – руководитель ВКО ВНИИГиМ, д-р с.-х. наук

Совершенствование технологий и техники орошения в современных условиях землепользования: Сборник научных трудов ФГНУ «РосНИИПМ» /Под ред. В.Н.Щедрина – Новочеркасск, 2005. – 281 с.

ISBN 5-93542-009-0

УДК 631

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| Щедрин В.Н., Миронов В.И., Литвинова Н.В., Лещенко А.В., Миронов А.В. Экономико-математическая модель процесса строи- тельства внутрихозяйственных дренажных коллекторов на орошае- мых землях | 7 |
| Бочкарев В.Я. Информационное обеспечение процессов водопользо- вания на оросительных системах | 18 |
| Снипич Ю.Ф. Некоторые основы построения модели рынка поливной техники | 25 |
| Косиченко Ю.М., Иовчу Ю.В. Гидравлическая эффективность и эксплуатационная надежность каналов и лотков по данным эксплуатации | 32 |
| Васильев С.М., Корепанова Е.С. Концепция экологической оценки воздействия регулярного орошения на агроландшафт | 41 |
| Жук С.Л., Слабунов В.В. Влияние искусственного дождя на почву..... | 45 |
| Жук С.Л., Слабунов В.В. Применение полимеров в конструкциях дождевальной техники | 49 |
| Бредихин Н.П., Бурдун А.А. Механизация орошаемого земледелия в современных условиях | 54 |
| Шепелев А.Е., Нестеров И.Н., Сухарев Д.В. Возможности использо- вания дождевального агрегата «BAUER» на территории РФ | 61 |
| Лайко Д.В. Анализ неисправностей широкозахватной дождевальной техники «Фрегат» в Ростовской области..... | 66 |
| Лайко Д.В. Анализ ресурсов основных узлов и деталей дождеваль- ной машины «Фрегат» | 70 |
| Гурин К.Г. Определение гидравлической эффективности (на примере Азовского магистрального канала) | 73 |
| Ханмагомедов С.А., Щедрин В.Ю. Анализ современного состояния и перспективы развития дождевальной техники | 79 |

| | |
|--|-----|
| Брежнев В.И. Способы очистки оросительной воды от гидротрофных растений на водозаборах насосных станций и в оросительных каналах | 83 |
| Васильев С.М. Оптимизация интервала проведения ремонтных и восстановительных работ на каналах Багаевско-Садковской ОС | 92 |
| Кожанов А.Л., Штанько А.С. Особенности оценки надежности оросительных систем | 99 |
| Сенчуков Г.А., Кожанов А.Л. К вопросам нормативно-методического и технического обеспечения контроля состояния гидротехнических сооружений оросительных систем | 103 |
| Капустян А.С., Юченко Л.В. Закрытый дренаж на орошаемых землях и факторы, снижающие его эффективность | 107 |
| Капустян А.С., Юченко Л.В. Состояние контроля качества вод на мелиоративных системах отрасли | 114 |
| Капустян А.С., Васильченко В.А. Особенности формирования составляющих баланса грунтовых вод орошаемой территории Нижнего Дона | 118 |
| Капустян А.С., Васильченко В.А. Элементы баланса грунтовых вод неполивных территорий | 123 |
| Капустян А.С., Юченко Л.В. Эксплуатация дренажа на оросительных системах и пути ее улучшения | 130 |
| Миронов В.И., Литвинова Н.В., Лещенко А.В., Миронов А.В. Особенности и технико-экономические показатели технологии строительства внутрихозяйственных дренажных коллекторов на орошаемых землях | 136 |
| Миронов В.И., Литвинова Н.В., Лещенко А.В., Миронов А.В., Гербст А.В. Опыт применения и технологические параметры глубокого закрытого дренажа при мелиорации земель в орошаемой зоне | 143 |

| | |
|--|-----|
| Лозовой В.Н., Васильченко А.П. Влияние конструктивных параметров гидравлического рыхлителя на качество регенерации двухслойного фильтра | 151 |
| Лозовой В.Н., Васильченко А.П. Влияние технологических параметров гидравлического рыхлителя на характер гидравлической сортировки фильтрующей загрузки фильтров | 155 |
| Лозовой В.Н., Васильченко А.П. Существующие методы и средства восстановления водопроницаемости загрузки медленных фильтров.... | 159 |
| Лозовой В.Н., Васильченко А.П. Исследование эффекта регенерации фильтрующей загрузки в зависимости от скорости истечения струи, диаметра насадка и скорости его перемещения..... | 166 |
| Ивахненко А.Е., Клишин В.Т., Варичев М.А. Совершенствование способа определения расхода воды на открытом водотоке с призматическим руслом по методу «уклон-площадь»..... | 172 |
| Васильев С.М., Корепанова Е.С. Набор сельскохозяйственных культур в севообороте при периодическом орошении | 176 |
| Челахов В.Ц. Проницаемость тонкостенных противofiltrационных экранов на открытой оросительной сети..... | 181 |
| Васильев С.М. Особенности формирования ирригационной эрозии на водосборах Нижнего Дона..... | 185 |
| Погоров Т.А. Элементы теории резания шнекового режущего аппарата..... | 194 |
| Ольгаренко И.В. Определение испаряемости по гидрометеопараметрам..... | 198 |
| Васильев С.М., Белоусова А.В. Оценка техногенного загрязнения урбанизированных ландшафтов на примере г. Аксай..... | 203 |
| Белоусова А.В. Имобилизация тяжелых металлов в почвах урболандшафтов..... | 216 |

| | |
|--|-----|
| Андреев Г.И., Беляев Н.Н., Оноприенко Д.М. Моделирование процесса гербициации при обработке растений в условиях орошения | 222 |
| Сенчуков Г.А., Кравченко Д.Б. Мелиорирующая роль дренажа на рисовых системах долины реки Западный Маныч..... | 227 |
| Дьяков В.П. Устойчивость связных грунтов размыву и факторы, ее определяющие..... | 233 |
| Джабраилова Н.И. Инновационная деятельность в отечественном агробизнесе: проблемы развития | 239 |
| Дьяков В.П. Прогноз и предупреждение ирригационной эрозии почв при поверхностных способах полива..... | 245 |
| Кисаров О.П., Эминова М.Ю. Экономико-математические модели оптимального планирования производства в сельскохозяйственных фирмах..... | 252 |
| Юркова Р.Е., Новиков А.А. Характер токсичного действия тяжелых металлов на почву | 256 |
| Антоненко Е.М., Юркова Р.Е., Гутриц Л.С. Актуальность оценки агрохимического состояния почв и тепличных грунтов..... | 263 |
| Юркова Р.Е. Влияние органо-минеральных компостов на содержание тяжелых металлов в почвах..... | 267 |
| Егорова О.В. Суммарное водопотребление люцерно-мятликового агроценоза в годы различной влагообеспеченности..... | 272 |
| Егорова О.В. Корневая система люцерно-мятликового агроценоза при различных режимах орошения..... | 277 |

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА СТРОИТЕЛЬСТВА ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННЫХ ДРЕНАЖНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ

В.Н. Щедрин, В.И. Миронов, Н.В. Литвинова
ФГНУ «РосНИИПМ»,
А.В. Лещенко, А.В. Миронов
ФГОУ ВПО «НГМА»

При формировании составов комплексов специализированных основных (ведущих) и вспомогательных машин, обеспечивающих строительство коллекторно-дренажной сети на орошаемых землях и подтопленных территориях, когда производство работ осуществляем одним либо двумя комбинированными способами, например, отдельным полумеханизированным и комплексно-механизированным узкотраншейным, то здесь важно первоначально осуществить отыскание и формирование оптимального состава и варианта технологического использования комплексов машин.

Известно, что современные экономико-математические методы опираются на математическое программирование, математическую статистику, теорию вероятностей и позволяют выполнить оптимизацию использования различных машин в комплексах за счет системного подхода, установления связей и закономерностей в технологическом процессе между дренажно-коллектороукладочными машинами с заданными технико-экономическими параметрами и показателями, сведенными в единую систему и представленными в математической форме [1-3].

Создание и внедрение новых специальных дренажноколлектороукладочных машин требует уточнения состава и разработки рациональной модели их применения во взаимодействии в производственных условиях, рисунок 1.



Рис. 1. Блок-схема алгоритма моделирования работы коллекторукладочных машин

Для того, чтобы сформировать модель состава комплекса машин с наибольшей выработкой при раздельном способе до 30-35 м/смену и при комплексно-механизированном способе до 300-600 м/смену, обеспечиваемой при узкотраншейном способе, рассмотрим состав основных и вспомогательных видов производства работ на закрытой коллекторно-дренажной сети (ЗКДС), а также необходимые для их выполнения технические и трудовые ресурсы.

При строительстве внутрихозяйственных дренажных коллекторов всегда выполняют целый ряд взаимосвязанных между собой технологических операций, дополняющих друг друга (таблица 1). Для обеспечения формирования оптимального состава комплексов машин используют экономико-математическую модель. С ее помощью мы сможем подбирать оптимальный состав каждого комплекса, обеспечивая получение минимальных экономических затрат.

Таблица 1

Состав коллекторно-дренажных видов работ по способам строительства на сети (ЗКДС)

| Способ строительства | | | |
|---|--------------------|---|--------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Полумеханизированный | Индекс работ | Комплексно-механизированный | Индекс работ |
| 1. Разбивка трассы | $P_0; P_0$ | 1. Разбивка трассы | $P_0; P_0$ |
| 2. Срезка растительного грунта по полосе | $M_1; P_1$ | 2. Срезка растительного грунта по полосе | $M_1; P_1$ |
| 3. Разбивка минер. грунта в выемке-траншее драглайном | $M_{2,3}; P_{2,3}$ | 3. Разбивка минер. грунта в выемке-траншее драглайном | $M_{2,3}; P_{2,3}$ |
| 4. Отодвигание грунта от выемки | $M_4; P_4$ | 4. Обратная засыпка траншеи минер.грунтом | $M_{4,5}; P_{4,5}$ |
| 5. Очистка ковша драглайна от грунта вручную | P_5 | 5. Уплотнение минер. грунта по глубине и длине | $M_{6,7}; P_{6,7}$ |
| 6. Вырезка «полки» вручную | P_6 | 6. Рекультивация растит. грунта бульдозером | $M_8; P_8$ |
| 7. Обратная засыпка (присыпка) труб минер.грунтом вручную | P_7 | 7. Выравнивание поверхности трассы бульдозером | $M_9; P_9$ |
| 8. То же, бульдозером минерального грунта | $M_8; P_8$ | 8. Укладка труб у колодцев | P_{10} |
| 9. То же, бульдозером растительного грунта | $M_9; P_9$ | 9. Обертка стыков материалом | P_{11} |

Продолжение таблицы 1

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|-----------------------------------|---|-----------------------------------|
| 10. Выравнивание поверхности трассы бульдозером | M ₁₀ ; P ₁₀ | 10. Обертка соединений проволокой | P ₁₂ |
| 11. Укладка труб коллектора | P _{11,12} | 11. Перевозка материалов, труб, их разгрузка и раскладка | M ₁₃ ; P ₁₃ |
| 12. устройство основания под трубы | P _{15,19} | Примечание: P – ручные работы; M- механизированные виды работ; M, P – механизированные с ручной доработкой | |
| 13. То же, у колодцев | P _{23,24} | | |
| 14. Обертка стыков материалом | P ₂₁ | | |
| 15. Обертка соединений проволокой | P ₂₂ | | |
| 16. Перевозка материалов, труб, их разгрузка и раскладка | M ₂₅ ; P ₂₅ | | |

В наиболее общем виде минимальные затраты могут быть описаны следующим выражением

$$Z_{\Pi} = C_{\kappa} + E_{\text{н}} \cdot K_{\kappa}^y$$

или

$$Z_{\Pi} = C_{\kappa} + E_{\text{н}} \sum_{i=1}^n \frac{\Pi_{0j} \cdot Z_i}{Z_{\Gamma j} \cdot \Pi_{\text{кр}}} = \left(C_{\kappa} + E_{\text{н}} \sum_{i=1}^n K_{\kappa}^y \cdot K_{\text{в}} \right) \rightarrow \min, \quad (1)$$

где Z_{Π} – удельные приведенные затраты;

C_{κ} , K_{κ}^y – себестоимость строительства и удельные капитальные затраты на устройство коллекторов, соответственно;

$E_{\text{н}}$ – нормативный коэффициент эффективности капвложений ($E_{\text{н}}=0,12-0,15$);

Π_{0j} – балансовая стоимость i -й машины в комплексе, принимаемой по j -му варианту;

Z_i , $Z_{\Gamma j}$ – фактическое и нормативное (расчетное) число смен работы i -ой машины в году;

$\Pi_{\text{кр}}$ – годовая выработка коллектороукладочной машины;

$K_{\text{в}}$ – коэффициент использования машин по времени.

Здесь мы поясним, что удельные капитальные вложения (K_{κ}^y) на устройство коллекторов определяем по формуле:

$$K_k^y = \sum_{i=1}^n \frac{\Pi_{ккм}}{\Pi_{ксм}} \cdot Z,$$

где $\sum_{i=1}^n \Pi_{ккм}$ – стоимость коллектороукладочных машин, входящих в состав комплекса;

$\Pi_{к см}$ – сменная производительность комплекса машин;

Z – число смен работы коллектороукладочных машин в году;

n – число типов машин в комплексе;

i – вариант машины в комплексе;

j – вариант состава комплекса машин.

Отсюда видим, что основополагающим являются: виды работ, технические и трудовые ресурсы. Виды работ, выполняемые в технологическом процессе, уже приведены по способам в таблице 1. Конкретизируя сказанное выше, сформируем составы технологических комплексов машин, представляющие технические и трудовые ресурсы одновременно, таблица 2.

Таблица 2

Технические и трудовые ресурсы по способам строительства коллекторов (ЗКДС)

| Полумеханизированный способ | Обслуж. персонал | Комплексно-механизированный способ | Обслуж. персонал |
|--|---|--|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Бульдозер ДЗ-110А | Машинист 1-6 раз. | Бульдозер ДЗ-110А | Машинист 1-6 раз. |
| Драглайн Э-652Б | Машинист 1-6 раз., пом. маш. 1-5 раз. | Коллектороукладчик на УДМ-350М | Машинист 1-6 раз., пом. маш. 1- 5 раз. |
| Трубоукладчик ТГ-61 | Машинист 1-6 раз. | Погрузчик ПФ-0,75 (ПКУ- 0,8 или перегружатель ПФП-13 (ПП-4,0)) | Машинист 1-5 раз. |
| Экскаватор ЭО-3322А | Машинист 1-6 раз. | Экскаватор ЭО-3322А | Машинист 1-6 раз. |
| Автокран КС-3575 | 1-5 раз. | Автокран КС-3575 | 1-5 раз. |
| Погрузчик ТО-7 | 1-5 раз. | Погрузчик ТО-7 | 1-5 раз. |
| Автосамосвал ЗИЛ- ММЗ- 555 (КАМАЗ-5511) | 2-6 раз. | Автосамосвал ЗИЛ- ММЗ- 555 (КАМАЗ-5511) | 2-6 раз. |

Продолжение таблицы 2

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------|------------|--------------------------------|------------|
| Такелажник | 2-3 раз. | Засыпатель-уплотнитель ЗУГД | 1-5 раз. |
| Разнорабочие | 2-3 раз. | | |
| Мастер-геодезист | 1-6 раз | Мастер-геодезист | 1-6 раз. |
| Итого: | 14-15 чел. | | 10-11 чел. |

При составлении модели технологического процесса строительства закрытых внутрихозяйственных коллекторов нам необходимо конкретизировать: стоимость работы машино-смены каждой машины, определить стоимости (себестоимость и приведенную стоимость, приведенные затраты с использованием серийных и экспериментальных машин в отдельных процессах и посредством математической модели осуществить их взаимодействие в едином технологическом процессе, а также построить блок-схему алгоритма их работы.

Стоимость работ, выполняемых машинами, складывается из постоянных, единовременных и эксплуатационных расходов. Стоимость машино-смены каждой из коллектороукладочных машин определяем по формуле:

$$A_{см.i} = \frac{П_{гi}}{T_{гi}} + \frac{E_{0i}}{T_{ni}} + Э_p, \quad (2)$$

где $A_{см.i}$ – стоимость машино-смены i -й коллектороукладочной машины;

$П_{гi}$ – постоянные годовые расходы, включающие оплату стоимости i -й машины, ее капитальный ремонт и содержание базы механизации;

E_{0i} – единовременные расходы, включающие транспортировку i -й машины на объект, монтаж и демонтаж ее рабочего оборудования;

$Э_p$ – эксплуатационные расходы, включающие заработную плату машинистов, расходы на текущий ремонт, горюче-смазочные и обтирочные материалы, на замену быстроизнашивающихся деталей (троса, инструмента и т.д.);

$T_{гi}$, T_{ni} – число рабочих смен i -й машины в году и работы их на конкретной строительной площадке, соответственно (на объекте).

Из формулы (2) видим, что чем больше каждая машина имеет рабочих смен в году, тем меньше будет стоимость ее машино-смены. При сокращении сроков строительства эксплуатационные расходы также будут уменьшаться, особенно при более эффективном использовании самих машин. Отсюда вполне очевидным становится то, что при увеличении производительности всех машин, особенно ведущей, и снижении стоимости каждой машино-смены, себестоимость строительства коллекторов (ЗКДС) уменьшается. Это видно из формулы определения себестоимости устройства ЗКДС j -ым комплексом машин, которую приводим ниже:

$$C_{Kj} = \frac{K_{нэ} \sum_{i=1}^n A_{см.i} \cdot N_{Mi} + K_{н.з.} \sum_{i=1}^m Z_p}{\Pi_{к.см.}}, \quad (3)$$

где $K_{н.э.}$, $K_{н.з.}$ – коэффициенты накладных расходов на затраты по эксплуатации машин и на заработную плату рабочих, соответственно;

N_{Mi} – число машин i -го типа в комплексе;

Z_p – заработная плата рабочих за одну смену;

$\Pi_{к.см.}$ – производительность коллектороукладчика сменная;

n – число типов машин в комплексе;

m – число рабочих отряда коллектороукладочного комплекса, работающих в одну смену.

При оптимизации комплексов, путем оценки их работы и сравнения технико-экономических показателей, можно пользоваться приведенной себестоимостью устройства ЗКДС, определяемой по формуле:

$$C_{Ki}^n = \frac{\sum_{i=1}^n A_{г.i} + E_n \sum_{i=1}^n K_k^y}{\Pi_{к.г}} + \left(\sum_{i=1}^n \frac{E_{oi}}{T_{ni}} + \sum_{i=1}^n \mathcal{E}_p + \sum_{i=1}^m Z_p \right) \frac{1}{\Pi_{к.см.}} \rightarrow \min \quad (4)$$

Составляющие, входящие в формулу (4), уже были приведены и описаны выше.

Отметим, что себестоимость строительства коллекторов по каждому из подбираемых вариантов состава комплексов машин будет включать себестоимость на укладку как транспортирующей, так и дренирующей коллекторной сети, используемой в многофункциональном режиме работы.

Анализ модели процесса устройства ЗКДС показывает, что:

1. Функция (1), приведенная выше, обладает свойством медленно изменяться в области минимума при значительных изменениях независимого переменного.

2. На границы области минимума существенно влияют не только стоимостные показатели каждой i -й машины комплекса, но и величины, от них независимые, например, стоимость труб, фильтроматериалов, соединительных элементов, защитно-фильтрующих и других материалов, зависящие от средств доставки, дальности транспортировки и других факторов.

3. Для получения устойчивой производительности коллектороукладчика необходимо постоянство состава и надежность работы всего комплекса машин. Взаимозаменяемость, удобство технического обслуживания и ремонта, простота в решении ряда организационных вопросов – важные моменты в эффективном использовании комплексов машин.

Математическая модель технологического процесса строительства ЗКДС по способам строительства, исходя из состава работ, приведенных в таблице 1, описана ниже и имеет вид:

а) на устройство полумеханизированным (раздельным) способом:

$$Z_{п.к.} = (C_K + E_H \cdot K_K^y) \cdot \frac{L_{0к.}}{T_{эк}} = \left\{ C_K + E_H \left[W_{в.к.} \left(\frac{\Pi_{б.}}{\Pi_{б.}} + \frac{\Pi_{д.}}{\Pi_{д.}} \right) + \frac{\Pi_{г.} + \Pi_{э.} + \Pi_{аб.} + \Pi_{п.} + \Pi_{ас.} \cdot m_{ас.}}{\Pi_{к.см.} \cdot T_{г.см.}} \right] \right\} \frac{L_{0к.}}{T_{э.к.}}, \quad (5)$$

где $W_{в.к.}$ – среднее значение поперечного сечения выемки грунта на каждом коллекторе;

$\Pi_B, \Pi_D, \Pi_T, \Pi_{\text{Э}}, \Pi_a, \Pi_{\text{П}}, \Pi_{aC}$ – стоимости бульдозера, драглайна, трубоукладчика, экскаватора одноковшового, автокрана, погрузчика и автосамосвала, соответственно;

Π_B, Π_D – нормативная выработка бульдозера и драглайна, соответственно;

$\Pi_{\text{к.см.}}$ – то же, что в формуле (3);

$T_{\text{г.см}}$ – расчетное число рабочих смен в году;

$T_{\text{э.к.}}$ – нормативный срок службы коллекторов;

L_0 – удельная протяженность коллекторов ($L_0=10000/2 L_{\text{к}}$);

б) на устройство комплексно-механизированным узкотраншейным способом:

$$Z_{\text{п.к.}} = (C_{\text{к}} + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{к}}^y) \cdot \frac{L_{\text{о.к.}}}{T_{\text{э.к.}}} = \left\{ C_{\text{к}} + E_{\text{н}} \left[W_{\text{в.к.}} \left(\frac{\Pi_B}{\Pi_B} + \frac{\Pi_{\text{к}}}{\Pi_{\text{к}}} \right) + \frac{\Pi_{\text{пер}} + \Pi_{\text{э}} + \Pi_{aB} + \Pi_{\text{П}} + \Pi_{aC} \cdot m_{aC} + \Pi_3}{\Pi_{\text{к.см}} \cdot T_{\text{г.см}}} \right] \right\} \frac{L_{\text{о.к.}}}{T_{\text{э.к.}}},$$

где $W_{\text{в.к.}}$ – среднее значение поперечного сечения выемки грунта из траншеи на коллекторе;

$\Pi_{\text{к}}, \Pi_{\text{пер}}, \Pi_3$ – стоимости коллектороукладчика, перегружателя фильтроматериалов (погрузчика фронтального) и засыпателя-уплотнителя грунтов, соответственно. Остальные обозначения те же, что и в формуле (5).

Для осуществления оценки методом сравнения способов строительства ЗКДС при различных уровнях организации работ и технологии устройства коллекторов может быть использована следующая формула:

$$Z_{\text{к.уп}} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{\text{oi}} \cdot N_i \cdot A_i + K_{\text{э.н}} \sum_{i=1}^n N_i \cdot \Pi_i}{\Pi_{\text{к.см}} \cdot T_{\text{к.г}}},$$

где T_{oi} – фактическое (общее) число смен работы i -й машины в году;

N_i – число машин i -го типа, задействованных в технологическом процессе;

Π_i, A_i – стоимость машины и стоимость машино-смены машин i -го типа;

$T_{К.Г}$ – число смен работы коллектороукладчика в году;

$\Pi_{К.СМ}, n$ – то же, что и в формуле (3).

Коллектороукладчик, как ведущая машина комплекса, характеризуется следующими показателями: установленной мощностью двигателя N_y ; наименьшей и наибольшей глубиной ($H_{m \min}, H_{m \max}$) и шириной B_m разрабатываемой траншеи; производительностью расчетной, технической и эксплуатационной ($\Pi_{К.СМ}$); выработкой годовой – $\Pi_{К.Г}$; массой – $C_{ТК}$; тяговым усилием – T_K , а также стоимостью – Π_K .

На рисунке 1 представлена блок-схема алгоритма моделирования работы комплекса коллектороукладочных машин. В основу построения блоков системы были положены методы имитационного моделирования, математической статистики и использование элементов из теории вероятностей. При подготовке исходных данных необходимо знать: число механизированных процессов – M ; число типов машин, задействованных в процессе – N ; число типов машин, работающих в единой технологической цепочке – R , а также должны быть получены характеристики и параметры, влияющие на ход строительства коллекторов – ϕ . Перечень исходной информации по составу комплексов машин приведены в технических ресурсах, в таблице 2. Моделирование работы транспортных средств проводим на основе справочной информации по дренажным материалам, трубам и с учетом дальности их доставки.

Для увязки процесса с машинами и конкретизации параметров введем в систему некоторые ограничения:

$$0 > B_T > D_{TP}; \quad 2,5 < H_T \leq 5,5; \quad 500 < L_K \leq 2000, \quad \text{а } H_y > 0,$$

где L_K – длина коллекторной линии;

H_y – установленная длина понижения вод (УГВ).

Ко второй системе ограничений следует отнести производительность коллектороукладчика:

$$0 < П_{к.ч} \leq 500,$$

где $П_{к.ч}$ – часовая эксплуатационная производительность машины, м/ч.

Таким образом, после того как поставлена задача, изучены объекты строительства, рассмотрены и определены составы и виды работ, сформулированы технические и трудовые ресурсы, построена математическая модель процесса, проводят на ПЭВМ решение задачи по оптимизации состава комплекса машин по рассматриваемым вариантам. Это третий и последний этап при решении оптимизационной задачи. Возможно, что в область минимума попадут несколько вариантов составов комплексов машин, но необходимо выбирать и принимать вариант с наименьшими стоимостными показателями. Полный экономико-математический анализ процесса строительства коллекторов, выполненный с применением современной компьютерной техники, следует выполнить, проверить и сравнить с данными, полученными в производственных условиях, и тогда окончательно может быть подобран оптимальный состав комплекса машин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Томин Е.Д. Бестраншейное строительство закрытого дренажа. – М.: Колос, 1981. – 240 с.
2. Миронов В.И. Экономико-математическая модель состава комплекса машин по строительству дренажа узкотраншейным способом // Механизация гидромелиоративных работ /ЮжНИИГиМ. – Новочеркасск, 1984. – С. 16-23.
3. Миронов В.И. Технология и механизация дренажных работ в зоне орошения. – Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ, 2002. – С.43-51.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

В.Я. Бочкарев
ФГНУ «РосНИИПМ»

Глубокие экономические преобразования, связанные с переходом сельского хозяйства страны на рыночные механизмы функционирования и регулирования показывают, что в современных условиях, когда практически не вводятся в строй новые мощности, существенно возрастает роль структур, обеспечивающих эффективное управление производственными и технологическими процессами. В этом плане оросительные системы (ОС), как хозяйственный механизм, являются еще более уязвимыми, т.к. специфика их эксплуатации предопределяет контакт с большим количеством смежников, зачастую имеющих разные формы собственности, имеет непосредственную связь с экологическими, а иногда и социальными проблемами региона.

Многие авторы, анализируя причины недостаточной эффективности использования ресурсов орошения, в качестве одной из главных называют низкий уровень использования последних научных достижений и технологий, отсутствие комплексного подхода и средств, обеспечивающих качество и оперативность принятия решений при эксплуатации ОС.

Очевидно, что в существующих экономических условиях невозможна полномасштабная реконструкция и техническое перевооружение ОС. В ближайшей перспективе одним из основных резервов повышения эффективности их работы является рационализация и улучшение качества управления основными производственными и технологическими процессами. Отечественный и зарубежный опыт показывает, что реализация такого подхода возможна при широком использовании современных информационных технологий в управлении ОС. Они позволяют значительно по-

высить информационную обеспеченность специалистов, применять более совершенные способы расчетов при принятии решений, использовать оптимизационные методы, пользоваться общими базами данных, сократить уровень рутинных работ.

По сути, речь идет о создании глобальной системы поддержки принятия управленческих решений (СППР) в мелиоративной отрасли, включающей в себя комплекс автоматизированных рабочих мест, управленческих информационных систем, информационно-советующих систем и СППР более низкого уровня, работающих в едином информационном базисе с разграниченными правами доступа к информации.

Исходя из общих требований, на уровне непосредственных водопользователей (управления ОС на государственных водохозяйственных объектах), СППР структурно должна включать в себя несколько подсистем, каждая из которых ориентирована на решение своего класса задач. Как показывает практика эксплуатации существующих ОС, функциональная схема СППР УОС должна включать три укрупненные подсистемы:

- 1) подсистема планирования и отчетности водопользования;
- 2) подсистема управления водозабором и водораспределением;
- 3) подсистема управления организационно-технологической и планово-экономической деятельностью УОС.

С технологической точки зрения ключевыми подсистемами следует признать первую и вторую, так как они обеспечивают выполнение основных операций по реализации водопользования на ОС.

Процесс водопользования на ОС предполагает непрерывный обмен информацией между объектами ОС и диспетчерским пунктом (ДП) управления. Поток информации, передаваемый на ДП, характеризует текущее состояние ОС, обратный поток информации содержит команды управления технологическим процессом на объектах. Таким образом, имеет место

неразрывная функциональная, техническая и организационная взаимосвязь систем управления и информационного обеспечения водопользования.

Многообразие решаемых технологических задач обуславливает широкий спектр задач информационного обеспечения водопользования, а неразрывность процессов управления и информационного обеспечения предопределяет как суммирование информационных потоков, так и типизацию видов измеряемых (контролируемых) параметров.

Анализ указанного комплекса задач позволяет провести их классификацию с целью определения перечня технологических задач, решаемых функциональными подсистемами СППР (таблица 1).

Таблица 1

Сводный перечень основных задач информационного обеспечения водопользования

| Наименование технологических модулей | Наименование задач |
|--------------------------------------|---|
| 1. Водозабор | 1.1. Прием лимитов и/или уставок авторегулятором водозабора от вышестоящих или смежных подсистем (уровней) управления. 1.2. Обнаружение, оперативное отображение и сигнализация отклонений технологических параметров от установленных пределов. 1.3. Измерение технологических параметров, их оперативное отображение и регистрация. 1.4. Формирование и осуществление регулирующих воздействий. |
| 2. Водоподача | 2.1. Измерение и сигнализация изменений уровней воды в контрольных створах водораспределительной сети. 2.2. Измерение и регистрация потерь воды на фильтрацию и испарение. 2.3. Обнаружение и сигнализация предаварийных и аварийных ситуаций. 2.4. Измерение расходов в контрольных створах. 2.5. Контроль и сигнализация предельных отклонений уровней воды от заданных значений в начальном и конечном створах сооружений. |
| 3. Регулирование стока | 4.1. Прием информации о гидрологической обстановке на водоисточниках. 4.2. Измерение технологических параметров, их оперативное отображение и регистрация. 4.3. Сбор исходной информации об изменениях технологических параметров на объектах. 4.4. Формирование и осуществление регулирующих воздействий. |

Для решения общесистемных задач подсистемы обрабатывают массивы данных, поступающих с объектов ОС и иных источников. Перечень задач оперативного контроля и управления водопользованием приведены в таблице 2.

Таблица 2

**Перечень задач оперативного контроля
и управления водопользованием**

| Наименование задач 1 | Исходная информация для решения задачи 2 |
|---|---|
| <p>2.1. Краткосрочное прогнозирование поступления воды</p> <p>2.1.1. Расчет прогнозируемых величин среднесуточных расходов в поверхностных водоемностях.</p> <p>2.1.2. Расчет запасов воды в имеющихся аккумулирующих емкостях (БСР, в бьефах канала).</p> <p>2.1.3. Расчет прогнозируемых величин поступления возвратных вод.</p> <p>2.1.4. Расчет прогнозируемых величин инфильтрации в канале.</p> <p>2.1.5. Расчет прогнозируемых величин поступления ливневых и сбросных (в т.ч. сточных) вод.</p> <p>2.1.6. Расчет прогнозируемых запасов подземных вод и их использование на орошение.</p> | <p>Информация гидрометеослужбы о среднедекадных расходах воды в водоисточнике, прогноз внутридекадных изменений метеоусловий.</p> <p>Информация о текущих замерах технологических параметров водохранилищ, БДР, БСР, подпорных бьефов каналов и др.</p> <p>Замеры уровней воды в наблюдательных скважинах и расходов воды на балансовых гидростаях, нормы или гидромодули.</p> <p>Замеры уровней воды в наблюдательных скважинах и расходов воды на балансовых гидростаях.</p> <p>Информация о площади и количестве выпавших осадков и др.</p> <p>Информация об уровне стояния грунтовых (подземных) вод.</p> |
| <p>2.2. Краткосрочное прогнозирование потребления воды.</p> <p>2.2.1. Прогноз изменений потребностей в воде по отдельным водопотребителям.</p> <p>2.2.2. Расчет корректировочных изменений водораспределения по заявкам водопотребителей.</p> <p>2.2.3. Расчет оперативных ограничений на водопотребление (водоподачу)</p> | <p>Краткосрочный синоптический прогноз и информация о запасах воды и предполагаемых сроках полива.</p> <p>Внутридекадные заявки водопотребителей на изменение водоподачи.</p> <p>Информация о имеющихся приоритетах, технологических, технических и директивных ограничениях</p> |

| 1 | 2 |
|--|---|
| <p>2.3. Водобалансовые расчеты по оптимизации оперативных планов водопользования</p> <p>2.3.1. Расчет оперативных планов водораспределения.</p> <p>2.3.1.1. Расчеты по оптимизации маршрутов водоподачи.</p> <p>2.3.1.2. Расчеты по оптимизации командных горизонтов воды.</p> <p>2.3.1.3. Расчеты по оптимизации режимов промывки наносов, плавника, шуги.</p> <p>2.3.2. Расчеты оперативных планов водораспределения с учетом неустановившихся (переходящих) режимов.</p> <p>2.3.2.1. Расчет переходных процессов на участках каналов</p> <p>2.3.2.2. Расчет допустимых скоростей изменения горизонтов воды.</p> <p>2.4. Расчет графиков оперативного управления водораспределением.</p> <p>2.4.1. Расчет оптимизации режимов работы гидроузлов.</p> <p>2.4.2. Расчеты по оптимизации режимов работы линейных гидросооружений.</p> | <p>Результаты решения задач краткосрочного прогноза поступления и потребления воды.</p> <p>КПД и протяженность гидроучастков водораспределительной сети.</p> <p>Гидравлические характеристики каналов и сооружений, сведения о фильтрационных потерях на участках каналов и сооружениях.</p> <p>Информация о предельном состоянии каналов, плавника, шуги и т.д.</p> <p>Время подхода волн перемещений расходов воды по участкам каналов между водорегулирующими сооружениями и результаты решения задач 2.3.2.1-2.3.2.2.</p> <p>Величина попуска расхода воды, гидравлические характеристики каналов</p> <p>Те же и характеристика грунтов в дамбах.</p> <p>Оперативные планы водораспределения, градуировочные (тарифовочные) уравнения водорегулирующих сооружений, результаты решения задач 2.4.1-2.4.2.</p> <p>Количество гидросооружений в составе узла, их функции, технические и режимные характеристики и ограничения.</p> <p>Технические и режимные характеристики и ограничения.</p> |
| <p>2.5. Реализация управляющих воздействий</p> | <p>Диспетчерские графики управления водораспределением</p> |
| <p>2.6. Оперативный контроль и регистрация управляющих воздействий.</p> <p>2.6.1 Прием, обработка и отображение технологической информации</p> <p>2.6.2. Расчет величин отклонений технологических параметров от заданных значений и анализ.</p> <p>2.6.3. Расчеты по компенсации отклонений за счет внутренних резервов гидроучастка.</p> | <p>Замеры технологических параметров циклически или по вызову</p> <p>Результаты решения предыдущей задачи.</p> <p>Замеры технологических параметров, лимиты на водоподачу, ограничения на входе и выходе гидроучастка.</p> |

| 1 | 2 |
|---|--|
| 2.6.4. Расчет обобщенных или косвенных показателей. 2.6.5. Регистрация управляющих воздействий и хода технологического процесса. | Материалы оперативной регистрации технологических параметров. Результаты контроля и действий диспетчера (управлений). |

Структура построения информационного обеспечения и системные подходы, используемые при разработке программного и алгоритмического обеспечения, позволяют адаптировать СППР к оросительным системам с произвольной структурой оросительной сети и составом ГТС, структурой производства, составом водопользователей. Общий алгоритм функционирования СППР реализует существующую технологию планирования.

При этом дополнительно обеспечивается:

- моделирование и анализ альтернативных вариантов решений на этапах предварительного и оперативного планирования водопользования;
- оптимизация планов при дефиците водных ресурсов;
- сведение баланса водораспределения по магистральным и межхозяйственным каналам;
- корректировка и пересчет плана водопользования.

Наибольший эффект от использования СППР может быть получен на крупных ОС, где реализация процессов водопользования представляет весьма сложную задачу, решить которую, получив при этом приемлемый результат, практически невозможно без использования информационных технологий, возможностей имитационного и математического моделирования. Ключевым вопросом, требующим решения, является применение современных контрольно-измерительных комплексов для получения первичной информации с объектов ОС. Для его решения потребуется сеть гидрометрических постов, оборудованных современными средствами контроля и измерения технологических параметров и, в первую очередь, обеспечивающих требуемую достоверность измерения расходов и объема стока воды. Очевидным дополнением к гидрометрической сети должен являться

комплекс средств измерения гидрогеологических, метеорологических и энергетических параметров.

Прямая выгода от использования СППР при организации водопользования очевидна, однако наличие косвенного эффекта, образующегося за счет изменения показателей работы ОС, дает основание утверждать, что использование СППР при планировании и реализации процессов водопользования на сложных ОС будет еще более эффективным.

Кроме этого, использование технических средств СППР в УОС позволит создать информационную базу данных нижнего звена отрасли, содержащую оперативную и ретроспективную информацию о наличии и использовании орошаемых земель, наличии и техническом состоянии поливной техники, структуре производства на орошаемых землях, плановых и фактических показателях эксплуатации оросительных систем

Обобщая изложенное, можно сделать следующие выводы:

- при всем многообразии информационных задач имеет место достаточно четкое разделение на технологическое водоизмерение и коммерческий водоучет (для случая платного водопользования);

- прослеживается необходимость дополнения методов прямого инструментального измерения контролируемых параметров аналитическим, которое целесообразно реализовать в виде пакета прикладных программ для ПЭВМ по решению типовых информационных задач;

- технологическое водоизмерение по сути можно идентифицировать с оперативным контролем состояния не только средств измерения, оборудования и т.п., но и с количественной оценкой состояния МС по нормированным показателям. При этом нормированные показатели представляют собой формализованные комплексы гидравлических и иных параметров, характеризующих технологические процессы в МС;

- более высокая точность и достоверность определения учетных параметров обуславливает возможность их использования в качестве тесто-

вой информации для контроля работы технологического измерительно-информационного комплекса.

УДК 631.347.4.001.18

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ РЫНКА ДОЖДЕВАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Ю.Ф. Снопич
ФГНУ «РосНИИПМ»

Специфика современной ситуации в российском сельском хозяйстве определяется происшедшим переходом от плановой, регулируемой экономики к рыночным отношениям. Одним из центральных звеньев в цепи реформ является формирование в России рынка сельскохозяйственной техники, в том числе дождевальной, со всеми вытекающими отсюда последствиями для производства и потребителей. Важнейшим результатом возникновения и функционирования рынка дождевальной техники стал прогрессирующий спад, как производства, так и потребления данного вида техники [1].

Прогнозирование рынка ДМ, по нашему мнению, должно начинаться и заканчиваться анализом спроса и предложения. Что касается спроса, существующего на рынке ДМ, то его формируют сельскохозяйственные предприятия различной формы собственности. Данные предприятия самостоятельно принимают решение о приобретении той или иной техники в зависимости от того состояния, в котором находится экономика данного предприятия.

Что касается предложения поливной техники, то ее представляют, как правило, промышленные предприятия, выпускающие в настоящее время ДМ. Следует также иметь в виду и предприятия, выпускавшие ранее или предполагающие выпуск той или иной техники, так как они могут в

любой момент предложить рынку свою продукцию. Промышленные предприятия также принимают самостоятельное решение, какой тип ДМ выпускать и в каком количестве.

В связи с вышесказанным, необходимо постоянно помнить, что основные результаты функционирования рынка ДМ связаны со следующими факторами:

- условиями предложения ДМ (стоимость, условия поставки, технический уровень, сервисное обслуживание);
- уровнем потребности (востребованность в с.-х. продукции, экономический уровень с.-х. предприятия, предложения ДМ на рынке).

Анализируя и тот и другой факторы, нужно провести различие между отдельными видами дождевальной техники (широкозахватного, кругового, фронтального действия и т.д.).

В данной работе предложены основные положения и дана информация о построении простейшей модели рынка дождевальной техники, которая дает возможность проанализировать механизм работы рынка дождевальной техники, что может быть весьма полезным для его прогнозирования [2].

В своей деятельности сельскохозяйственные предприятия сочетают различные факторы производства, в первую очередь земли сельхозназначения и труд, с тем, чтобы выпустить продукцию, которую можно реализовать.

Общий объем производимой продукции и то, как сельхозпредприятие сочетает наличие у него средств производства, в том числе дождевальной техники и капитала, зависит от спроса на продукцию, от того, сколько капитала оно может получить по существующим на момент реализации продукции ценам и от выбора технологий, имеющих в его распоряжении. При изучении спроса на дождевальную технику, выясняется, каким образом число приобретаемых и работающих на сельхозпредприятиях ДМ

зависит от тех изменений, которые происходят в данных предприятиях. Для упрощения характера модели, вначале рассмотрим те или иные изменения отдельно от других, не упомянутых выше факторов.

Наибольшее влияние на рынок ДМ оказывает, на наш взгляд, стоимость ДМ. Особый интерес представляет вопрос о том, каким образом изменится число проданных ДМ, на которые существует спрос, когда изменится цена на один и тот же тип ДМ.

Предположим, что предприятие-изготовитель имеет возможность менять стоимость ДМ в течение определенного периода времени, но при этом оставляет без изменения технический и технологический уровень ДМ, условия, на которых предоставляется капитал для его производства, на соотношение между ценой на сельхозпродукцию, производимую с помощью этой ДМ, и спросом на нее.

Что произойдет с количеством приобретаемой дождевальнoй техники, если цена на нее возрастет?

Во-первых, более высокая стоимость ДМ подразумевает более высокую стоимость производства и, как следствие, более высокую цену на сельхозпродукцию. Так как потребитель сельхозпродукции реагирует на более высокие цены тем, что покупает меньше, сельхозпроизводители сокращают выпуск сельхозпродукции. Сниженный выпуск сельхозпродукции в свою очередь ведет к сокращению потребности в ДМ. Такое сокращение покупки ДМ называется эффектом масштаба, т.е. предпочтение уменьшения покупки ДМ при уменьшении масштаба производства.

Во вторых, при росте стоимости ДМ (предполагая, что экономическое положение сельхозпредприятия не меняется) производитель стремится сократить стоимость сельхозпродукции путем применения таких технологий и приемов, которые в большей мере опираются на исключение из сельхозпроизводства ДМ. Такое сокращение потребления ДМ называется эффектом замещения.

Воздействие различной стоимости ДМ на уровень покупки или потребления (спроса) может быть представлена в виде графика, в котором спрос на возможное количество ДМ соотнесено с ценой на нее. Это показано на рисунке 1 в относительных показателях.

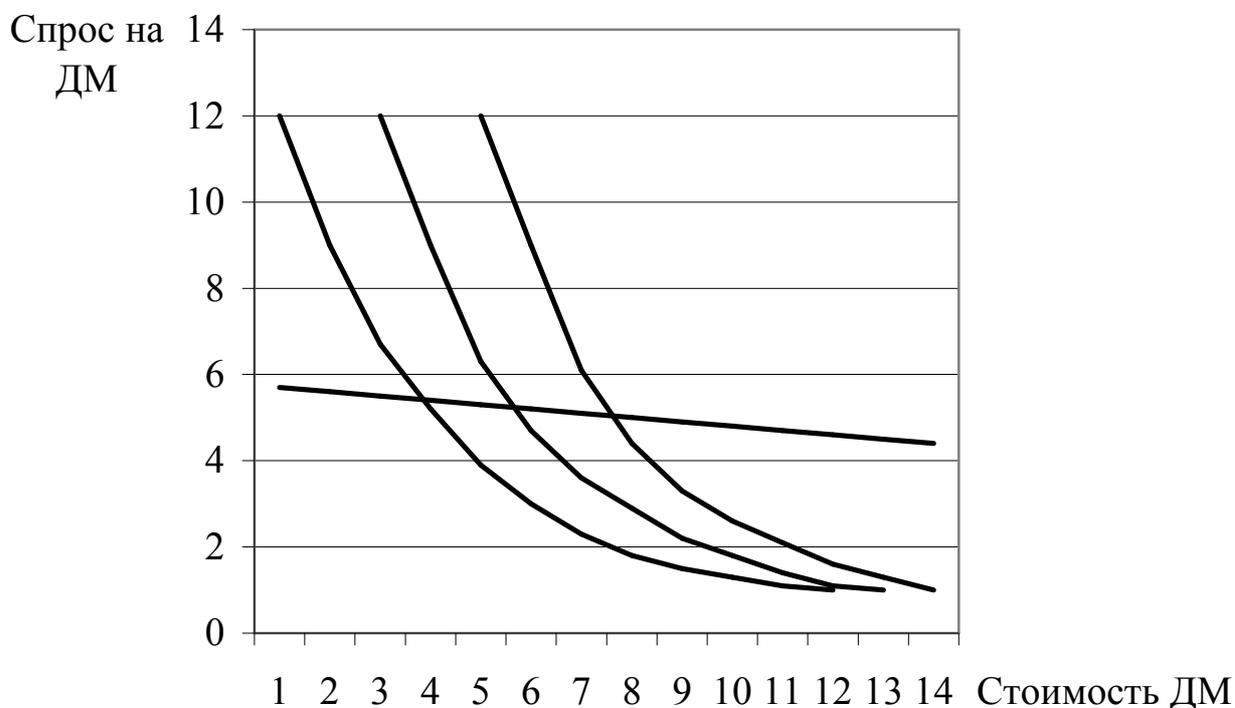


Рис. 1. Влияние стоимости ДМ на уровень спроса

Анализ графика показывает, каким образом спрос на ДМ изменяется в связи с изменениями цены на нее. Данный график построен при условии неизменности прочих факторов.

Уменьшение стоимости ДМ увеличивает спрос на нее, и наоборот. Далее рассмотрим, какие последствия возникнут, если произойдет изменение других факторов.

Предположим, что спрос на сельхозпродукцию значительно возрос, т.е. при любой стоимости сельхозпродукции (ее себестоимости) ее может быть продано больше. Принимаем, что технология сельхозпроизводства, экономика данного предприятия и условия приобретения ДМ не изменились.

Уровень производства сельхозпродукции естественно будет расти,

потому что сельхозпроизводитель стремится максимизировать прибыль и эффект масштаба повысит спрос на ДМ. Пока соотношение экономики предприятия и стоимости на ДМ остается неизменным, эффект замещения не возникнет.

Поскольку применяемые технологии и условия приобретения остаются неизменными, изменение на спрос сельхозпродукции приведет к росту спроса на ДМ даже при увеличении цены на них.

Рассмотрим другую ситуацию: предположим, что спрос на сельхозпродукцию и другие факторы остаются неизменными, но изменяется экономическое положение сельхозпредприятия (получение льготного кредита, инвестиций, уменьшение налогообложения, изменение курса валют и т.д.).

Этот метод анализа так же можно рассмотреть с точки зрения эффекта масштаба и замещения.

В первом случае получение сельхозпроизводителями капитала на производство позволит уменьшить издержки на производство, что в свою очередь стимулирует его рост. Эффект масштаба в данном случае ведет к спросу на ДМ при любой ее стоимости.

Другим следствием увеличения капитала сельхозпроизводителя становится эффект замещения. Сельхозпроизводитель, реагируя на полученный капитал, не желает резко максимизировать прибыль и продолжает производить одно и то же количество продукции, а в некоторых случаях, размещая капитал в других сферах, сокращает производство сельхозпродукции. Это в свою очередь уменьшает спрос на ДМ. Таким образом, улучшение экономического положения сельхозпредприятия приводит к возникновению двух противодействующих эффектов. Эффект масштаба смещает кривую спроса на ДМ вправо, а эффект замещения – влево. Существующая экономическая теория не дает определения, каким же образом увеличение капитала сельхозпроизводителя влияет на потребность в ДМ.

Ухудшение экономического положения сельхозпредприятия ведет к такой же неопределенности, но в этом случае эффект масштаба сдвигает кривую спроса влево, а эффект замещения – вправо.

Предполагаемые изменения спроса на сельскохозяйственную продукцию и изменение экономического состояния сельхозпредприятия, о причинах которых говорилось выше, также смещают кривую спроса на ДМ. Важно различать сдвиг кривой спроса и его движение вдоль кривой. Таким образом, данная модель показывает потребность ДМ как функцию стоимости ДМ (стоимость отложена на одной оси, а потребность в ДМ - на другой). Когда стоимость ДМ изменяется, а другие факторы остаются неизменными, спрос на ДМ движется вдоль кривой. При изменении одного или нескольких вышеперечисленных факторов, сдвигается сама кривая спроса на ДМ.

Рассмотрена модель спроса на ДМ в зависимости от стоимости. Однако таким образом строится модель в зависимости от спроса на сельхозпродукцию, экономического состояния и других факторов. Следовательно, появляется возможность спрогнозировать не только потребность в ДМ, но и предполагаемую стоимость, при которой возможна продажа определенного количества ДМ. Теоретически, имея данные о продаже и задействованных в последнее время ДМ, можно прогнозировать и объемы производства сельхозпродукции.

Рассмотрев упрощенную модель поведения рынка ДМ со стороны сельхозпроизводителя, перейдем на сторону предприятий, выпускающих или готовых выпускать ДМ.

Предположим, что существует несколько предприятий, выпускающих дождевальные машины, и перед ними стоит вопрос – какой тип ДМ следует выпускать, и по какой цене?

Изучая рынок дождевальной техники, предположим, что рассматривается рынок двухконсольных дождевальных машин, работающих от вре-

менных оросителей. Допустим, что стоимость других типов ДМ остается неизменной, а стоимость двухконсольных машин (или спрос со стороны фирм-посредников) возрастает. Тогда следует ожидать, что предприятие-производитель увеличивает выпуск такой техники. Кроме того, могут начать выпуск этих ДМ и другие предприятия, ранее законсервировавшие свое производство. Несомненно, что часть производителей продолжит выпуск других ДМ в любом случае (например, из-за необходимости использования накопленных материалов, сохранения собственного рынка сбыта и т.д.). Вместе с тем, значительная часть предприятий-изготовителей готова выпускать ту или иную дождевальную технику, и главный стимул для них – это увеличение покупательской стоимости. Следует иметь в виду, что при максимально низкой покупательской стоимости (достижении некоторого порога) выпуск двухконсольных ДМ может прекратиться. Таким образом, предложение на рынке ДМ напрямую связано со ставками покупательской стоимости, т.е. если покупательская стоимость двухконсольных ДМ, работающих от временных оросителей, растет, то и растет их производство и предложение, и наоборот. Это наглядно показано на графике рисунка 2.

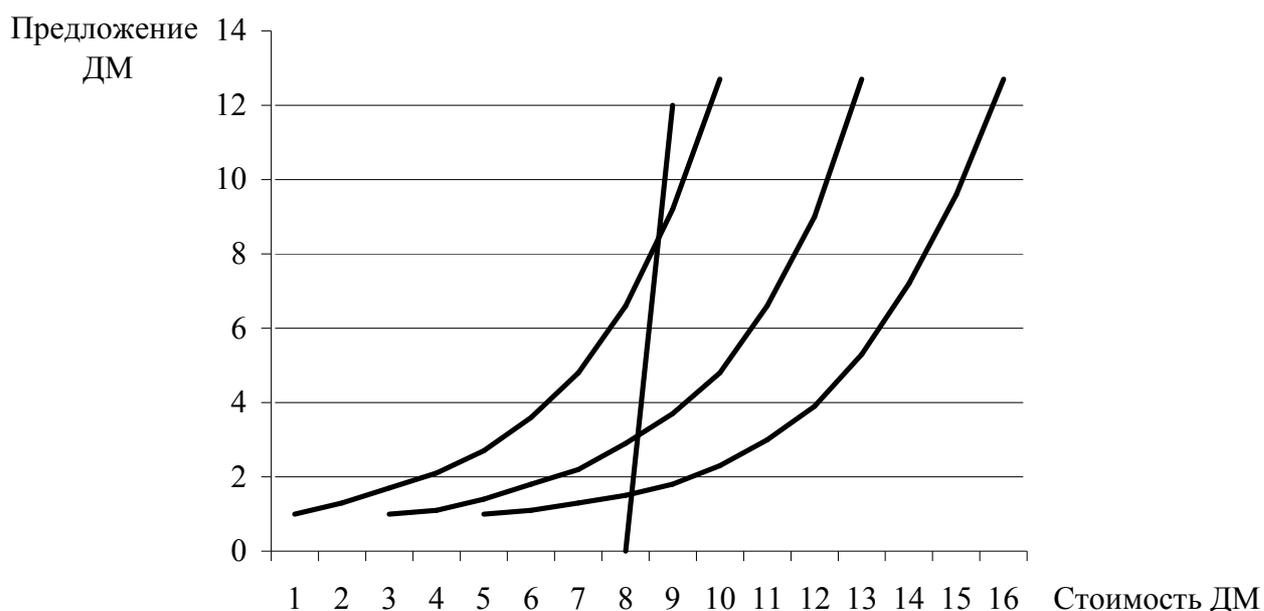


Рис. 2. Зависимость предложения ДМ от их стоимости

Как и спрос на ДМ, кривая предложения показана для случая, когда другие внешние факторы (экономика предприятия, инвестиции, налоговая политика и т.д.) остаются неизменными.

Предложенные аспекты построения модели рынка дождевальной техники позволяет, имея исходные данные, спрогнозировать производство, потребление и стоимость ДМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Максименко В.И., Эртель Д. Прогнозирование в науке и технике.- М.: Финансы и статистика, 1982. - 232 с.

2. Сорока М.В. Рынок труда в России: Учеб. пособие по экономической социологии и социологии труда.- Ростов-н/Д, «Пегас», 1995.- 49 с.

УДК 626.82.004:532

ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ КАНАЛОВ И ЛОТКОВ ПО ДАННЫМ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Ю.М. Косиченко, Ю.В. Иовчу
ФГОУ «НГМА»

На оросительных системах Ростовской области, построенных в период с 1952 по 1980 гг., эксплуатируется большое количество каналов и лотков. Так как срок их эксплуатации составляет от 25 до 50 лет, многие из них характеризуются значительным снижением гидравлической эффективности и эксплуатационной надежности. Это обусловлено рядом факторов: деформациями и повышенной шероховатостью русла, значительными потерями на фильтрацию, зарастанием его водной растительностью, режимами и условиями эксплуатации.

Под гидравлической эффективностью каналов и лотков следует по-

нимать обеспечение высокой пропускной способности их русел в процессе эксплуатации, близкой к проектной, при минимальных потерях воды, не превышающих допустимые значения. Под эксплуатационной надежностью каналов и лотков понимается обеспечение надежного их функционирования с соблюдением требуемого КПД в течение срока службы.

Несмотря на то, что вопросы гидравлической эффективности и эксплуатационной надежности оросительных каналов Северного Кавказа рассматривались в ряде работ [1-3], требуется дальнейшее их всестороннее изучение, и особенно на основе данных эксплуатации. Только используя эти данные, можно получить наиболее объективные и достоверные оценки их гидравлической эффективности и надежности функционирования.

Рассмотрим показатели гидравлической эффективности эксплуатационной надежности для каналов и лотков, некоторые из которых уже известны и применяются на практике, а ряд показателей предлагается новых, впервые сформулированных авторами в настоящей статье.

В качестве комплексного показателя гидравлической эффективности и эксплуатационной надежности каналов и лотков уже давно, начиная с А.Н. Костякова [4], используется коэффициент полезного действия (КПД) :

$$\eta = 1 - \frac{Q_n}{Q},$$

где η – КПД канала или лотка;

Q_n – потери на фильтрацию, испарение и холостой сброс;

Q – расход канала или лотка.

КПД характеризует в комплексе как гидравлические, так и фильтрационные свойства каналов и лотков.

А.М. Латышенковым [5] был предложен коэффициент гидравлической эффективности каналов, представляющий собой отношение средней скорости движения воды к скорости в канале с гидравлически наивыгоднейшим сечением:

$$A_V = V \cdot V_{г.н.}, \quad (1)$$

где A_V – коэффициент гидравлической эффективности канала;

V – средняя скорость течения в канале;

$V_{г.н.}$ – скорость в канале с гидравлически наивыгоднейшим сечением.

Как показывают расчеты, для трапециидальных сечений каналов при $A_V = 0,97-0,98$, т.е. когда предполагается уменьшение средней скорости потока по отношению к скорости для гидравлически наивыгоднейшего сечения только на 2-3 %, появляется широкая возможность перехода от неудобных узких и глубоких «абсолютно гидравлически наивыгоднейших сечений» с относительной шириной по дну $\beta = 0,24-0,32$ к практически более удобным сечениям с относительной шириной $\beta = 2,5-5,0$. Причем эти сечения будут находиться в гидравлически наивыгоднейшей области размеров трапециидальных сечений.

Н. Дэскэлеску [6] предлагает показатели гидравлической эффективности канала η_c выразить суммой двух параметров – «эффективности транспорта» η_t , характеризующего состояние содержания и проницаемость канала, и «эффективности распределения и использования воды» η_w :

$$\eta_c = \eta_t + \eta_w.$$

В работе [3] введен новый показатель технического состояния канала, определяемый как отношение фактического значения КПД к требуемому (нормативному):

$$P_3 = \eta / \eta_{тр}, \quad (2)$$

где P_3 – показатель технического состояния канала;

η – фактическое значение КПД канала;

$\eta_{тр}$ – требуемое значение КПД по существующим нормативам и нормам.

Фактические значения КПД, как правило, устанавливают на основании натуральных наблюдений за потерями на фильтрацию и испарение из каналов. Допускается также определение КПД расчетным путем с учетом гидравлических условий на трассе канала [3].

Требуемые (нормативные) значения КПД для земляных русел каналов следует назначать в соответствии с нормами СНиП [7] в пределах 0,90-0,93, а для облицованных русел – согласно исследованиям [1, 2] – в диапазоне 0,93-0,98.

Кроме того, нами предлагаются следующие новые показатели гидравлической эффективности каналов и лотков:

показатель изменения шероховатости русла:

$$A_{\Pi} = n_{\text{э}} / n_0; \quad (3)$$

показатель формы (относительной ширины по дну) русла:

$$A_{\beta} = \beta / \beta_{\text{г.н.}}; \quad (4)$$

показатель изменения гидравлических сопротивлений русла:

$$A_{\lambda} = \lambda_{\text{э}} / \lambda_0, \quad (5)$$

где $n_{\text{э}}$ – коэффициент шероховатости русла при эксплуатации каналов;

n_0 – проектный коэффициент шероховатости;

β – относительная ширина русла по дну при эксплуатации русла;

$\beta_{\text{г.н.}}$ – относительная ширина русла гидравлически наивыгоднейшего сечения;

$\lambda_{\text{э}}$ – коэффициент гидравлического сопротивления русла при эксплуатации каналов;

λ_0 – первоначальный (проектный) коэффициент гидравлического сопротивления русла.

В теории надежности технических систем [1, 8] часто используются такие показатели как вероятность безотказной работы и вероятность отказа, которые выражаются через плотность вероятности отказа в виде интегралов:

$$P(t) = 1 - \int_0^t f(t) dt = \int_1^{\infty} f(t) dt;$$

$$Q(t) = \int_0^t f(t) dt,$$

где $P(t)$ – вероятность безотказной работы объекта за промежуток времени t ;

$Q(t)$ – вероятность отказа за промежуток времени t ;

$f(t)$ – плотность вероятного отказа, равная производной от вероятности отказа.

Под вероятностью безотказной работы объекта $P(t)$ понимается свойство объекта сохранять свои рабочие параметры в заданных пределах в течение определенного промежутка времени t при определенных условиях эксплуатации. Другой характеристикой надежности является вероятность отказа, которая связана с вероятностью безотказной работы объекта соотношением:

$$Q(t) = 1 - P(t).$$

На практике для определения характеристик надежности $P(t)$ и $Q(t)$ по результатам статистических данных об отказах объектов при их эксплуатации [1] используют обычно метод непосредственного подсчета вероятностей по следующим зависимостям:

$$P^*(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0};$$
$$Q^*(t) = \frac{n(t)}{N_0},$$

где N_0 – число однородных наблюдаемых элементов;

$n(t)$ – число однородных элементов, отказавших за время работы t .

Гидравлическая эффективность и эксплуатационная надежность каналов и лотков будет обеспечиваться при соблюдении следующих условий (функций эффективности и надежности):

– по условиям незаиляемости (незарастаемости) и неразмываемости русла:

$$\varphi(V) = V - V_{\text{нез}} > 0; \quad \varphi(V) = V - V_{\text{нер}} < 0;$$

– по пропускной способности русла:

$$\varphi(Q) = Q_{\text{пр}} - Q; \quad \alpha Q_{\text{пр}} \geq \varphi(Q) \geq 0;$$

– по коэффициенту шероховатости русла:

$$\varphi(n) = n - n_0; \quad \beta n_0 \geq \varphi(n) \geq 0; \tag{6}$$

– по коэффициенту гидравлических сопротивлений русла:

$$\varphi(\lambda)=\lambda-\lambda_0; \quad \gamma\lambda_0 \geq \varphi(\lambda) \geq 0;$$

– по коэффициенту полезного действия:

$$\varphi(\eta)=\eta-\eta_{\text{тр}} > 0; \quad \delta\eta_{\text{тр}} \geq \varphi(\eta) \geq 0;$$

– по показателю технического состояния русла:

$$\varphi(P_{\text{э}})=P_{\text{э}}-P_{\text{э.тр.}} > 0; \quad \sigma P_{\text{э.тр.}} \geq \varphi(P_{\text{э}}) \geq 0; \quad (7)$$

– по вероятности безотказной работы:

$$\varphi(P)=P-P_{\text{тр}} > 0; \quad \mu P_{\text{тр}} \geq \varphi(P) \geq 0.$$

Здесь V , $V_{\text{нез}}$, $V_{\text{нер}}$ – действительная средняя и допускаемая незаиляющая (незарастаемая) и неразмывающая скорости течения;

Q , $Q_{\text{пр}}$ – фактическая и проектная пропускная способность;

n , n_0 – фактический (при эксплуатации) и нормативный (по проекту) коэффициенты шероховатости русла;

λ , λ_0 – фактический (при эксплуатации) и проектный коэффициенты гидравлического сопротивления;

η , $\eta_{\text{тр}}$ – фактический и требуемый (нормативный) КПД;

$P_{\text{э}}$, $P_{\text{э.тр.}}$ – фактический и требуемый показатели технического состояния;

P , $P_{\text{тр}}$ – фактическая и требуемая (нормативная) вероятности безотказной работы;

α , δ , σ , μ – коэффициенты допустимого снижения нормативных показателей, принимаемые равными 0,03-0,05;

β – коэффициент допустимого повышения коэффициента шероховатости русла при эксплуатации вследствие деформаций и частичного зарастания, принимаемый в пределах 0,1-0,3; γ – коэффициент повышения гидравлических сопротивлений русла при эксплуатации, принимаемый в пределах 0,2-0,5.

В таблице 1 приведены данные гидравлических характеристик и показателей гидравлической эффективности и эксплуатационной надежности

распределительных каналов Багаевско-Садковской оросительной системы Ростовской области Бг-Р-7 и Бг-Р-8, а также III очереди Большого Ставропольского канала БСК-3.

В таблице 2 указаны данные и показатели гидравлической эффективности для лотковых каналов Верхне-Сальской и Азовской оросительных систем Ростовской области.

Все представленные в таблицах 1, 2 гидравлические характеристики и параметры каналов и лотков (расход, средняя скорость, КПД, относительная ширина) получены по данным их эксплуатации.

Коэффициенты шероховатости и гидравлических сопротивлений найдены по результатам проведенных натурных исследований. Показатели гидравлической эффективности и эксплуатационной надежности каналов и лотков определены по вышеприведенным зависимостям (1)-(5).

Анализ результатов расчета показателей гидравлической эффективности и эксплуатационной надежности каналов (см. табл. 1) показывает, что наиболее высокие значения коэффициента скорости A_V имеют каналы Бг-Р-8 – 0,81 и БСК-3 – 0,61. По показателю технического состояния P_z , наиболее высокой гидравлической эффективностью и эксплуатационной надежностью отличаются БСК-3, составляющей 1,0. Наиболее низкие показатели по коэффициенту шероховатости A_n и по коэффициентам гидравлических сопротивлений A_λ наблюдаются для каналов БСК-3 и Бг-Р-7 на ПК 30+66, которые близки к единице и не превышают 1,10.

Что касается лотковых каналов (см. табл. 2), то здесь наиболее высокими показателями по коэффициентам A_n и A_λ обладают каналы Верхне-Сальской оросительной системы ВС-1-2-1 (уч. 1) с лотками Лн-80 и Лн-60 и Азовской оросительной системы Бт-4-Х-2 с лотками Лн-80.

Таблица 1

Потери гидравлической эффективности и эксплуатационной надежности каналов

| Канал | Q , м ³ /с | L , км | V , м/с | $V_{г.н.}$ | A_V | Q_{n_3} , м ³ /с | η_3 | $\eta_{тр}$ | P_3 | n_3 | n_0 | A_n | β | $\beta_{г.н.}$ | A_β | λ_3 | R , м | λ_0 | A_λ |
|----------------------|----------------------------|-------------|--------------|------------|-------|----------------------------------|----------|-------------|-------|---------|-------|-------|---------|----------------|-----------|-------------|------------|-------------|-------------|
| Бг-Р-7 | 8,7 | 22,62 | 0,56 | 1,58 | 0,35 | 1,74 | 0,80 | 0,96 | 0,83 | 0,0157 | 0,015 | 1,047 | 1,38 | 0,39 | 3,54 | 0,0209 | 0,80 | 0,0190 | 1,10 |
| Бг-Р-7 (ПК 30+66) | 3,06 | 3,06 | 0,56 | 1,58 | 0,35 | 0,61 | 0,80 | 0,96 | 0,83 | 0,0157 | 0,015 | 1,047 | 1,38 | 0,39 | 3,54 | 0,0209 | 0,80 | 0,0190 | 1,10 |
| Бг-Р-7 (ПК 56) | 2,59 | 5,60 | 0,19 | 1,58 | 0,35 | 0,52 | 0,80 | 0,96 | 0,83 | 0,0354* | 0,015 | 2,36* | 1,38 | 0,39 | 3,54 | 0,0864* | 1,29 | 0,0162 | 5,33 |
| Бг-Р-7 (ПК 189) | 1,13 | 18,90 | 0,20 | 1,58 | 0,35 | 0,23 | 0,80 | 0,96 | 0,83 | 0,0369 | 0,015 | 2,46* | 1,38 | 0,39 | 3,54 | 0,127 | 0,76 | 0,0193 | 6,58 |
| Бг-Р-8 | 3,84 | 7,80 | 0,26 | 0,32 | 0,81 | 0,77 | 0,80 | 0,96 | 0,83 | 0,0198 | 0,017 | 1,165 | 1,09 | 0,61 | 1,79 | 0,0293 | 1,31 | 0,0207 | 1,42 |
| БСК-3 | 46,5 | 42,5 | 1,35 | 2,21 | 0,61 | 1,65 | 0,96 | 0,96 | 1,0 | 0,0172 | 0,017 | 1,012 | 2,09 | 0,45 | 4,64 | 0,0193 | 1,78 | 0,0187 | 1,03 |

Примечание: * – в канале наблюдается интенсивное зарастание.

Таблица 2

Показатели гидравлической эффективности лотков

| Канал | Q , м ³ /с | V , м/с | n_3 | n_0 | A_n | λ_3 | R , м | λ_0 | A_λ |
|---------------------------------------|-------------------------|-----------|--------|--------|-------|-------------|---------|-------------|-------------|
| Верхнее-Сальская оросительная система | | | | | | | | | |
| ВС-1-2-1 /уч.1/ Лн-80 | 118,75 | 0,540 | 0,013 | 0,0120 | 1,083 | 0,0250 | 0,157 | 0,0209 | 1,196 |
| ВС-1-2-1 /уч.2/ Лн-40 | 137,47 | 1,230 | 0,0148 | 0,0120 | 1,233 | 0,0368 | 0,120 | 0,0229 | 1,607 |
| ВС-1-2-1 Лн-60 | 129,00 | 0,657 | 0,0112 | 0,0120 | 0,933 | 0,0187 | 0,155 | 0,0210 | 0,890 |
| ВС-1-2-2 Лн-40 | 91,77 | 1,120 | 0,0136 | 0,0120 | 1,133 | 0,0313 | 0,099 | 0,0244 | 1,283 |
| ВС-1-0 Лн-80 | 407,5 | 0,890 | 0,0162 | 0,0120 | 1,350 | 0,0328 | 0,242 | 0,0181 | 1,812 |
| Азовская оросительная система | | | | | | | | | |
| 4-V-16 Лн-80 | 261,67 | 0,784 | 0,0141 | 0,0120 | 1,175 | 0,0252 | 0,212 | 0,0189 | 1,333 |
| Бт-4-Х-2 Лн-80 | 298,00 | 0,488 | 0,0115 | 0,0120 | 0,958 | 0,0155 | 0,300 | 0,0169 | 0,917 |
| 4-V-17 Лн-80 | 240,67 | 0,504 | 0,0160 | 0,0120 | 1,333 | 0,0319 | 0,255 | 0,0178 | 1,792 |

Оценивая соблюдение условий эффективности и надежности выражений (6) и (7), можно отметить, что этим условиям среди каналов удовлетворяет только БСК-3, а среди лотков ВС-1-2-1 и Бт-4-Х-2.

Таким образом, проведенный анализ свидетельствует о высокой гидравлической эффективности и эксплуатационной надежности БСК-3, ВС-1-2-1 и Бт-4-Х-2, которые характеризуются пропускной способностью, практически соответствующей проектной, относительно малыми потерями воды на фильтрацию и высоким значением КПД в пределах рекомендуемых норм. При этом коэффициенты шероховатости и гидравлических сопротивлений при эксплуатации этих каналов и лотков близки к проектным или нормативным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Щедрин В.Н., Косиченко Ю.М., Колганов А.В. Эксплуатационная надежность оросительных систем. - М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. - 392 с.
2. Косиченко Ю.М. Гидравлические и экологические аспекты эксплуатации каналов. - Новочеркасск: НГМА, 2000. - 230 с.
3. Косиченко Ю.М., Гурин К.Г., Самойленко А.В. Гидравлическая эффективность грунтовых каналов Северного Кавказа. // Водное хозяйство России. –2005. –№ 4. –Т. 7. –С. 378-391.
4. Костяков А.Н. Основы мелиораций. -М.: Сельхозиздат, 1951. – 750 с.
5. Латышенков А.М. и др. Каналы систем водоснабжения и ирригации (Рекомендации по проектированию и эксплуатации каналов). - М.: Стройиздат, 1972. – 152 с.
6. Дэскэлеску Н. Рациональное распределение воды в оросительной сети. - М.: Колос, 1982. – 153 с.

7. СНиП 2.06.03-85. Мелиоративные системы и сооружения. - М.: Стройиздат, 1986. –60 с.

8. Мирцхулава Ц.Е. О надежности крупных каналов. - М.: Колос, 1981. - 318 с.

УДК 631.67:631.48:504.003.12

КОНЦЕПЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ РЕГУЛЯРНОГО ОРОШЕНИЯ НА АГРОЛАНДШАФТ

С.М. Васильев, Е.С. Корепанова
ФГНУ «РосНИИПМ»

В настоящее время уровень развития и результативности деятельности в области орошаемого земледелия многими специалистами оценивается неоднозначно. Одни признают орошение земель жизненно необходимым во многих странах, особенно там, где обширные районы страдают от засух; другие – практически обосновывают, что орошение наряду с пользой может не окупаться и приносить вред природной среде. Так в США прогрессирующее падение почвенного плодородия затронуло более трети всех орошаемых площадей. В результате была принята программа консервации 20 млн га земель, чтобы за длительный промежуток времени восстановить их плодородие. Деграляция и загрязнение элементов ландшафта создает реальную угрозу безопасности окружающей среды в России.

Обобщив данные из многих источников, можно говорить о том, что на данный момент в России хорошее мелиоративное состояние имеют 63-64 % орошаемых земель, удовлетворительное – 22-26 %, неудовлетворительное – 14-16 %. Причем одни и те же орошаемые массивы, за один и тот же период времени, специалистами могут оцениваться по-разному [1].

Неоднозначность количественных оценок мелиоративного состояния орошаемых земель, определяемая многими исследователями, свидетель-

ствуется не столько о запаздывании в поступлении такого рода информации, сколько об отсутствии единой концепции экологической оценки воздействия регулярного орошения на агроландшафты и последствий такого воздействия.

Опасность развития негативных процессов на орошаемых полях, даже при улучшенной технологии возделывания сельскохозяйственных культур, связана с тем, что процесс орошения является главнейшим фактором искусственного воздействия. Орошение коренным образом меняет естественный, исторически сложившийся водный и солевой баланс территорий.

Основная стратегическая цель концепции экологической оценки воздействия регулярного орошения на агроландшафт – адекватное управление иерархической природно-антропогенной системой поддержки устойчивого и продуктивного сельскохозяйственного производства на основании проведенного эколого-мелиоративного обследования.

Концепция экологической оценки воздействия регулярного орошения на агроландшафт ставит своей тактической целью определение пути снижения негативного техногенного воздействия при орошении, а также выявление направлений, обеспечивающих повышение экологической надежности оросительных систем и продуктивности орошаемых земель.

Существующие методы оценки воздействия регулярного орошения на агроландшафты основаны на детерминистическом подходе к решению проблемы и практически не учитывают воздействие экологических факторов.

Основные причины неудовлетворительного состояния орошаемых земель заключаются в ирригационной эрозии, близком залегании уровня грунтовых вод, засолении и осолонцевании почв.

Концепция экологической оценки воздействия регулярного орошения на агроландшафт представляет собой комплексную систему оценок,

выявляющих качественные и количественные показатели множества технических и биологических факторов, взаимосвязанных между собой и окружающей природной средой, образующих свойства, по которым определяются величины (степени) экологической безопасности орошения и экологической устойчивости агроландшафта, а также разрабатываются рекомендации по улучшению сложившейся ситуации.

Основные положения концепции экологической оценки воздействия регулярного орошения на агроландшафт:

1. Экологическая оценка степени изменения и деградации ландшафта в результате многолетних позитивных и негативных воздействий регулярного орошения.

2. Преимущество в отношении существующих оценок, подходов и принимаемых мер по повышению экологической безопасности орошения и экологической устойчивости агроландшафта.

3. Комплексная система оценки воздействия регулярного орошения на агроландшафт.

4. Структурно-иерархический принцип принятия решений по проведению мероприятий, нацеленных на повышение экологической безопасности орошения и экологической устойчивости агроландшафта.

5. Эффективное размещение сети постов наблюдений за дренажно-сбросными водами с орошаемых массивов.

6. Координация мер по разработке экологически адекватных мероприятий по снижению и предотвращению последствий негативного воздействия регулярного орошения на компоненты ландшафта.

7. Приоритетность технически совершенных оросительных систем при адаптивно-ландшафтном земледелии с ограниченным вмешательством в природные процессы.

Разработанная концепция позволит:

1. Повысить эффективность получения информации о динамике деградации орошаемых массивов.

2. Определить экологическую безопасность орошения, экологическую устойчивость агроландшафта и степень возмущающего воздействия регулярного орошения.

3. Определить эффективные мероприятия по повышению экологической устойчивости ландшафта.

4. Оптимизировать мероприятия по повышению экологической безопасности орошения.

5. Сократить негативное воздействие минерализованных оросительных вод за счет разработки алгоритма управления ситуационной обстановкой на оросительной системе.

6. Обосновать научные принципы размещения сети постов наблюдений за дренажно-сбросными водами.

7. Рационально использовать интегральные ресурсы в районах орошаемого земледелия для снижения удельных расходов воды и дренажного стока, за счет внедрения технологии периодического орошения.

Воздействие регулярного орошения на агроландшафт может оцениваться с помощью показателей экологической безопасности. Снижение показателей экологической безопасности регулярного орошения приводит к появлению негативных воздействий на агроландшафт: превышение допустимой нормы эрозии почв, превышении допустимых значений выноса гумуса, подъем уровня грунтовых вод, превышение предельно допустимых значений концентраций солей в почве, превышение допустимой концентрации загрязняющих веществ в водном объекте-водоприемнике.

Результаты проведенной комплексной оценки влияния регулярного орошения на базе единой экологической концепции позволяют выбрать оптимальные практические мероприятия, направленные на: повышение продуктивности и устойчивости агроландшафтов; оптимизацию факторов ок-

ружающей природной среды; рациональное использование интегральных ресурсов (почва, вода).

ЛИТЕРАТУРА

1. Аграрная наука России на пороге XXI века (состояние и проблемы)/ А.А. Шутьков и др. – М.: Агропромиздат, 1999. – 392 с.

2. Щедрин В.Н., Бредихин Н.П., Бредихин Н.Н. Как восстановить и сохранять природное плодородие черноземов // Мелиорация и водное хозяйство. – М. – 1998. – № 2. – С. 33-35.

УДК 626.845:556.154

ВЛИЯНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ДОЖДЯ НА ПОЧВУ

С.Л. Жук, В.В. Слабунов
ФГНУ «РосНИИПМ»

Основная задача, стоящая перед сельскохозяйственным производством, – бережное отношение к земле как к основному средству производства, а именно, рациональное использование мелиорированных земель. Эта проблема встает особенно остро в связи с тем, что количество пахотно-пригодных земель ограничено, и в распашку вовлекаются земли, ранее считавшиеся непригодными. Они часто обладают неблагоприятными водно-физическими свойствами и сложным рельефом, что обусловило актуальность проблемы борьбы с ирригационной эрозией почв.

В настоящее время уже имеется целый ряд работ, которые доказывают, что при дождевании искусственный дождь является наиболее важным фактором возникновения почвенной эрозии, а влияние капель на процесс водной эрозии определяется, в основном, механическим воздействием капель на почву (заплывание, сглаживание поверхности почвы, образова-

ние почвенной корки) и в меньшей мере зависит от химических и физико-химических свойств капли [1, 2, 3].

При падении капель дождя на поверхность почвы происходит разрушение структурных агрегатов и отделение от них структурных частиц тем сильнее наблюдается, чем больше интенсивность дождя, чем крупнее его капли и выше их скорость падения, а также когда почва переувлажнена и связи между составляющими ее микроагрегатами или частицами ослабевают. Показателями качества полива служат равномерность распределения воды по орошаемой площади без образования поверхностного стока и сохранение структуры почвы, а также характеристики динамического воздействия капель искусственного дождя на почву и растения.

Рассмотрим комплекс физических характеристик, учитываемых при оценке качества искусственного дождя. Основное действие дождевых капель заключается в делении и разрушении почвенных частиц поверхностного слоя, в результате чего мелкие частицы почвы скапливаются в понижениях, поверхность почвы заплывает, резко падает ее водопроницаемость.

Вопрос о необходимости учета динамического воздействия на почву искусственного дождя при оценке его качества впервые поднял А.П. Исаевым [3]. Масса капель однозначно определяется их диаметром. Однако для определения работы, совершаемой при соударении с почвой, необходимо знать их энергию, она может быть определена тогда, когда известна скорость падения капель. В отличие от естественного, капли искусственного дождя при одинаковых диаметрах могут иметь разные скорости падения, и их динамическое воздействие также окажется различным, что позволило А.П. Исаеву получить зависимость постоянной впитывания от критерия силы удара [4]:

$$C = \frac{C_{1,5} \sqrt{S_{K1,5}}}{\sqrt{S_K}}$$

где $C_{1,5}$ – постоянная впитывания для естественного дождя диаметром капель 1,5 мм;

$S_{K1,5}$ – критерий силы удара капель для естественного дождя диаметром 1,5 мм.

Также необходимо отметить, что эрозия почвенной структуры характеризуется не только наименованием состава почвенных агрегатов, но и разбрызгиванием. Это связано с тем, что в природе вертикальное падение дождевых капель на горизонтальную поверхность и в безветрие встречается редко, в результате перемещение почвы может происходить и без стока. Действие дождевых капель в процессе отрыва и переноса одинаково значимо.

Процесс разрушения почвенных агрегатов в физическом смысле представляет собой расход энергии дождевых капель. Энергия расходуется на разрушение почвенных агрегатов и разбрасывание твердых частиц. В.Д. Элиссон [5], определяя влияние различных колебаний трех факторов – размер капель, скорость и интенсивность их падения – на количество почвы, смещенной вследствие ударов капель, получил следующую зависимость:

$$S = V^{4,33} \cdot d \cdot \rho^{0,65},$$

где V – скорость падения капли; d – диаметр капли; ρ – интенсивность.

Замечено, что около 30 % энергии крупных капель приходится на отрыв и разбрызгивание почвенных частиц [6], значительное влияние на процесс перемещения почвенных частиц вследствие удара капель дождя о поверхностный слой почвы оказывает крупность почвенных агрегатов. Так, на почве с крупными агрегатами (2-5 мм) при падении капель наблюдается их интенсивное впитывание в почву. С уменьшением же крупности почвенных агрегатов от 5 до 1 мм масса разбрызганной почвы изменяется от 0,4 до 0,7 кг/м², у агрегатов 1,0-0,5 мм и меньше 0,5 мм – 0,8-0,9 кг/м².

Не меньший интерес в результате исследований представляет структура разбрызганных почвенных частиц, которая зависит, в основном, от состава верхнего слоя почвы. Так, с поверхности почвы, сложенной крупными фракциями, отрыв частиц более 1 мм меньше, чем с почвы с мелкими фракциями. Дело в том, что сила удара капель о поверхность у крупных фракций больше, чем у мелких. Наибольший процент в разбрызганной почве имеют частицы 0,5-0,25 мм и меньше 0,25 мм.

Большое влияние на перемещение почвенных частиц на наклонной поверхности оказывает угол падения капель дождя. Угол падения на разных расстояниях от оси дождевателя различен, и чем он меньше, тем больше разбрызгиваются почвенные частицы в сторону его падения.

К.С. Гаврилина считает, что в начале струи эта величина составляет 1,6; в струе – 1,4; в середине – 1,2; в точке перегиба – 1,1; в конце струи – 1,8 [6].

При учете перемещения почвенных частиц вдоль склона необходимо рассматривать два основных положения дождевой струи: в направлении склона и против него. Так, наибольший перенос (в 1,5-2,0 раза) почвенных частиц по склону наблюдается в положении дождевой струи в направлении склона.

Анализируя вышесказанное, можно сделать следующие выводы:

- учет динамического воздействия на почву капель дождя является необходимым условием оценки качества полива дождевальными машинами;
- на процесс перемещения почвенных частиц большую роль играет крупность почвенных агрегатов, так с уменьшением крупности почвенных агрегатов масса разбрызганной почвы увеличивается из-за уменьшения интенсивности впитывания воды почвой;
- структура разбрызганных частиц тем больше, чем меньше крупность фракций поверхности почвы вследствие уменьшения силы удара капли;

– при дождевании искусственный дождь является важным фактором при формировании и проявлении процессов почвенной эрозии, что следует учитывать при разработке мероприятий по их регулированию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Битюков К.К. Величина дождевых капель и их воздействие на почву // Метеорология и гидрология. – 1952. – № 6.
2. Гудзон Н. Охрана и борьба с эрозией. – М.: Колос, 1974.
3. Мирцхулава Ц.Е. Инженерные методы расчетов и прогноза водной эрозии. – М.: Колос, 1977.
4. Исаев А.П. Гидравлика дождевальных машин. – М.: Машиностроение, 1973.
5. Ellison W.D. Mechanics of water Erosions. – Brussels, 1955.
6. Гаврилина А.С. Капельная эрозия почв при поливе дождеванием: Дис. ... канд. техн. наук. – М., 1984.

УДК 631.347.4:678.7

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРОВ В КОНСТРУКЦИЯХ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

С.Л. Жук, В.В. Слабунов
ФГНУ «РосНИИПМ»

Изменения в социально-экономической жизни страны в 90-е годы прошлого века привели к негативным процессам в сельском хозяйстве, а особенно в мелиорации. Так, орошаемый клин сократился по России в два и более раз.

Одной из причин сокращения орошаемых земель является уменьшение количества исправной дождевальной техники. Так, дождевальные ма-

шины из-за значительного срока службы, низкой надежности не могут удовлетворять современным требованиям сельскохозяйственного производства в связи с невозможностью проведения качественного и своевременного полива. Другой проблемой является расхищение изготовленных из дорогостоящих цветных металлов, главным образом из алюминиевых сплавов, элементов конструкций дождевальной техники, которое в последнее время приобрело огромные масштабы. Одним из направлений выхода из сложившейся ситуации является применение полимерных материалов в конструкциях дождевальной техники.

Основными критериями, определяющими выбор полимерного материала, являются: нормативный срок службы; диапазон изменения рабочих температур транспортируемого вещества и окружающей среды; максимальное рабочее давление; требования, определяемые условиями эксплуатации; диаметр, обеспечивающий пропуск необходимого количества транспортируемого вещества в допустимом диапазоне скоростей и давлений; прочностные характеристики изделия из полимерного материала [1].

Также необходимо отметить, что одним из существенных критериев выбора могут служить стоимостные показатели полимеров.

Таблица

Стоимостные показатели труб

| Диаметр, мм | Стоимость 1 м трубы, руб. | | | | | |
|----------------|---------------------------|--------------|--------------|--------|--------|---------------|
| | Металлическая | Оцинкованная | Полипропилен | ПНД | ПВХ | Стеклопластик |
| 25 | 46,32 | 78,35 | 12,0 | 10,03 | 17,11 | - |
| 40 | 87,76 | 141,67 | 31,30 | 23,01 | 33,63 | - |
| 50 | 118,08 | 179,95 | 49,50 | 46,0 | 49,56 | - |
| 75 | 139,25 | 266,36 | 106,0 | 104,08 | 102,66 | - |
| 90 | 180,09 | 296,75 | 162,31 | 116,82 | 133,93 | - |
| 110 | 197,56 | 325,60 | 234,12 | 169,92 | 197,65 | ≈297 |

Анализ таблицы показывает, что стоимость труб из полипропилена и полиэтилена низкого давления, ПВХ меньше, чем оцинкованная и металлическая. Высокая стоимость стеклопластиковых труб обусловлена нераз-

витостью данного отечественного производства, вследствие чего цена на данный вид продукции резко возрастает из-за импорта, а применение их затруднительно, так как производство и реализация идет исключительно под заказ при длительных сроках поставки, что может затруднить в будущем оперативную работу по модернизации ДМ.

Анализ существующих работ по надежности технических систем и опыт эксплуатации дождевальной техники свидетельствуют о том, что отказы возникают при нормальной эксплуатации и связаны в основном с нарушением целостности водопроводящих элементов, а также сложными условиями их работы, которые характеризуются рядом специфических особенностей: недостаточностью квалифицированного обслуживающего персонала; природно-климатическими условиями, характеризующимися повышенной влажностью и широким диапазоном изменения температур; сезонностью и прерывистостью работы; проведением сварных работ при изготовлении ДМ, в результате которых уменьшается коррозионная стойкость металла; периодическим полным или частичным опорожнением водопроводящих элементов дождевальной техники [2, 3].

В свою очередь, перечисленные факторы, характеризующие работу водопроводящих элементов ДМ, приводят к понижению коррозионной стойкости, и вследствие этого, появлению отказов. В связи с этим, для нормальной работы водопроводящих элементов важную роль играет защита их от коррозии.

На основании вышесказанного, нами были рассмотрены схемы водопроводящих элементов широкозахватных дождевальных машин «Днепр» и «Фрегат».

Статические расчеты напряжений в узлах ферм показали следующее: наиболее большие суммарные напряжения в данных конструкциях находятся на опорах, и для ДМ «Днепр» составили $170,782 \text{ кг/см}^2$, а у ДМ «Фрегат» (имея 2 случая нагружения вследствие наличия двух схем ферм)

– 223,767 кг/см² и 488,408 кг/см². Также во всех конструкциях, при применении труб из стеклопластика, имеем низкий коэффициент запаса. Так как коэффициент запаса должен составлять не менее 3, то можно сделать следующие выводы: если стальные и дюралюминовые трубы имеют допустимое напряжение в несколько раз выше, чем у полимерных (в частности у труб ПНД, ПВХ, стеклопластиков), то при применении последних встает необходимость увеличения толщины стенки трубы практически в 2-4 раза или создания дополнительных конструкций, создающих жесткость элементов, что экономически нецелесообразно. Однако данные материалы – полиэтилен низкого и высокого давления, имея недостаток в прочностных характеристиках, выигрывают по пластичности, что характеризуется большей относительной остаточной деформацией, и могут применяться непосредственно для покрытия внутренней поверхности водопроводящего пояса, а также при использовании данных полимеров в элементах конструкций, не испытывающих значительных напряжений, в частности, в напорных и всасывающих линиях [4, 5].

Так, по исследованиям Саратовского ГАУ, по замене дорогостоящих металлических трубопроводов дождевальной машины ДКШ-64 «Волжанка» на трубопроводы нового поколения на основе реактопластов-стеклопластиков, можно сделать вывод о том, что проведенные расчеты и испытания опытного образца позволяют рассматривать материал стеклопластик как хорошую альтернативу традиционным материалам при применении их в данной конструкции дождевальной машины.

На основании вышесказанного можно сделать следующие выводы:

1. Анализ стоимостных показателей показывает, что стоимость труб из полипропилена и полиэтилена низкого давления, ПВХ меньше, чем оцинкованная и металлическая, а высокая стоимость и применение стеклопластиковых труб обусловлена неразвитостью данного отечественного производства и длительными сроками поставки.

2. Предел прочности у полимеров, в частности у термопластов, низкий по сравнению с реактопластами и металлическими трубами, что говорит о сложности применения данных материалов в ферменных конструкциях дождевальных машин, в частности ДМ «Фрегат», ДМ «Днепр», без создания дополнительной прочности.

3. Полиэтилен низкого и высокого давления, имея недостаток в прочностных характеристиках, обладает большей относительной остаточной деформацией и может применяться для покрытия внутренней поверхности водопроводящего пояса, а также при использовании данных полимеров в элементах конструкций, не испытывающих значительных напряжений, в частности, в напорных и всасывающих линиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник по пластмассовым трубам / Пер. с нем.; Под ред. В.С. Кима. - Л.: Химия, 1985.
2. Заднепровский Р.П. О надежности серийных дождевальных машин // Гидротехника и мелиорация. – 1966. – № 6. – С. 37.
3. Брыскин Б.Д., Семин Г.П. и др. Нормативы надежности водопольных и дождевальных машин. – М.: ГОСНИТИ, 1977.
4. Колтунов М.А., Майборода В.П., Зубчанинов В.Г. Прочностные расчеты изделий из полимерных материалов.- М.: Машиностроение, 1983.
5. Огибалов П.М., Ломакин В.А., Кишкин Б.П. Механика полимеров. - М.: МГУ, 1975.

МЕХАНИЗАЦИЯ ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Н.П. Бредихин, А.А. Бурдун
ФГНУ «РосНИИПМ»

Обладая 20 % мировых запасов пресных вод, обширными земельными ресурсами, позволяющими иметь не менее 20 млн га орошаемых земель, за время реформ Россия сократила их размеры с 6,16 до 2,42 млн га [1].

Одной из основных задач ускоренного подъема сельского хозяйства России, поставленных Президентом перед правительством, является необходимость существенного и быстрого развития мясного и молочного животноводства. Среднедушевое годовое потребление мяса в стране составило в 2000 г. 48 кг (при оптимальной норме 78 кг), в то время как в передовых странах Европы и Америки оно составляет 106-116 кг. Точно так же уменьшилось и употребление молока – 229 кг в год (при норме 408 кг). И происходит это при том, что импорт мясной продукции уже составил более 2,5 млн тонн, в том числе с учетом мяса птицы. По общепринятому положению критической нормой продовольственной безопасности страны является 75 % обеспечения потребности собственным сельскохозяйственным производством (в дореформенное время оно находилось в пределах 80-85 %). В настоящее время этот показатель упал (в среднем) до 60 %, по мясу – до 37 %, молоку – до 50 % [2]. По уровню питания на душу населения Россия с 5-6 места (в СССР – 3400 ккал) откатилась на 71 место в мире (2,4 тыс. ккал) [3].

Произошло это потому, что за последние 15 лет из сельскохозяйственного оборота выведено около 40 млн га пашни и сельхозугодий. поголовье крупного рогатого скота сократилось вдвое, овец – на 60 %. На селе оплата труда составляет около 38 % к средней оплате по России. Один ра-

ботник сельского хозяйства кормит в Бельгии 100, в США – 80 человек, а в СССР кормил 13 человек [4]. Серьезные потери произошли и в орошаемой земледелии: в настоящее время в стране не орошается около 46 % орошаемых земель. По Южному Федеральному округу этот показатель составил 32 %. При этом из-за большого износа технических средств в рабочем состоянии находилось только 27,6 тыс. дождевальных машин, в том числе в ЮФО – 7,5 тыс. При этом нагрузка на одну машину составила по России 89 га, а по ЮФО – 206 га, что соответственно обеспечило полив 2,4 и 1,5 млн га земель [5].

Такое же трудное положение и со стационарными насосными станциями. Если до реформы их было более 10 тыс. шт. и более 28 тыс. шт. передвижных, то в настоящее время работоспособных стационарных станций осталось около 2,5 тыс. При этом надо иметь в виду, что из них требуют ремонта или замены более 60 % агрегатов чешского или болгарского производства. Более 60 % закрытых трубопроводов отслужили нормативный срок и требуют ремонта или замены. В таком же тяжелом состоянии находится и широкозахватная дождевальная техника [6]. Отсутствие запасных частей и ремонтных материалов осложняет эксплуатацию широкозахватных дождевальных машин «Фрегат» (около 40 % действующих машин) и «Волжанка» (около 20 %). Не в лучшем положении находятся и дождевальный агрегат ДДА-100МА (около 13 % парка), и прочая оросительная техника [7].

Надеяться на строительство новых, крупных оросительных массивов в ближайшее десятилетие, как это делалось до реформ, уже нельзя. Хотя надо отметить, что все высокоразвитые страны проводят существенную государственную поддержку собственного сельхозпроизводителя, обеспечивая покрытие от 25 до 70 % и выше всех затрат, в то время как в России на это уходит не более 1 %.

На 24 млрд долларов программы по долголетней консервации зе-

мельных угодий с целью повышения их плодородия США уже выделили 16 и выделяют на 10 лет 38,6 млрд.

С 1998 г. 15 стран Европы выделили 130 млрд долл. (45 % стоимости полученной продукции). В Норвегии, Финляндии и Швеции госсубсидии в сельское хозяйство составляют до 70 % стоимости полученной продукции, т.е. дотации составляют 3,5-7,6 тыс. долл. на один гектар [2].

В таких условиях развитие орошаемого земледелия в современных условиях должно идти по пути создания малообъемных (по площади и расходу воды) локальных дождевальных и поливных систем с применением водосберегающих технических средств и с возможно минимальной энергоемкостью. Это значит, что должны получить массовое применение не широкозахватные дождевальные машины типа «Кубань» и «Фрегат», высокомеханизированные и автоматизированные с баснословной (на данный момент) стоимостью, а простые, мобильные передвижные (даже переносные) дождевальные установки. О целесообразности их применения на современном этапе развития орошаемого земледелия можно судить по данным, приведенным в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Сравнительные затраты труда и средств при различных оросительных системах (США)

| Оросительные системы | Затраты труда при поливе, ч/га сред. (мин./мах) | Капитальные затраты, тыс. руб./га сред. (мин/мах) |
|--|--|---|
| Стационарные системы: – сезонно-стационарные; – круглогодично-стационарные | 0,86 (0,49/1,23) 0,87 (1,23/0,25) | 55,3 (27,7/82,9) 55,3 (27,7/82,9) |
| Периодически перемещаемые системы: – быстросборная с ручным перемещением; – шлейфы продольно-осевого перемещения; – колесные трубопроводы | 2,46 (1,23/3,70) 1,11 (0,49/1,73) 1,11 (0,49/1,73) | 13,8(6,9/20,7) 18,3(12,4/24,1) 18,3(12,4/24,1) |

Если государство не в состоянии вкладывать 20-30 тыс. руб. в каждый орошаемый гектар, то надо ограничиться хотя бы 5-8 тысячами. В таком случае общая экономическая эффективность от орошения быстрос-

борными трубопроводами и дождевальными шлейфами будет реальнее и быстрее, не надо будет ждать еще 10-15 лет для строительства закрытой сети и организации выпуска высокоавтоматизированных, самоходных машин с компьютерами и лазерными устройствами.

Таблица 2

**Относительные затраты средств и труда при орошении
различными типами дождевальной техники**

| Дождевальная техника | Относительные затраты | | Итого | |
|--|-----------------------|-------|----------------------------|-----------------|
| | средств | труда | сумма относительных затрат | место (условно) |
| Переносные дождевальные установки | 1,0 | 1,0 | 2,0 | 4 |
| Машина с вращающейся фермой | 1,2 | 0,75 | 1,95 | 2 |
| Дождевальные шлейфы | 1,5 | 0,40 | 1,90 | 1 |
| Шланговые машины с подтягиванием за трос | 1,7 | 0,30 | 2,0 | 5 |
| Многоопорные машины с поливом в движении по кругу | 1,8 | 0,15 | 1,95 | 3 |
| Колесные трубопроводы | 1,9 | 0,4 | 2,30 | 7 |
| Фронтальные многоопорные машины с поливом в движении | 2,0 | 0,25 | 2,25 | 6 |
| Позиционные многоопорные машины со шлейфами | 2,0 | 0,35 | 2,35 | 8 |
| Стационарные и сезонно-стационарные системы | 2,0 | 0,20 | 5,20 | 9 |

Относительно низкие затраты средств и труда эксплуатации дождевальных шлейфов способствовали тому, что из 6,3 млн га орошения в США ими орошалось около 0,5 млн га, т.е. около 8 % [8].

В конечном счете, что нужно для решения проблем мясного и молочного производства? Кроме приобретения высокопородистого крупного рогатого скота, свиней, овец и птицы, необходимо обеспечение достаточной кормовой базы. Под этим понимаются не только культурные пастбища и сенокосы, но и достаточное зерновое фуражное обеспечение (пшеница, кукуруза), овощи и корнеплоды. Все это успешно решается при соблюдении оптимального режима орошения соответствующих культур.

Представляется вполне разумным, если в пределах каждого Федерального округа (области) на местных заводах срочно организовать изго-

товление всех элементов систем такого оросительного комплекта, тем более если имеется многолетний положительный опыт его широкого применения во многих регионах страны в доперестроечное время (в то время, когда шло успешное внедрение «Фрегатов» и «Днепров»). Курским РМЗ и Новосибирским ОЭЗНО МВХ РСФСР, Джанкойским РМЗ МВХ Украинской ССР и Тираспольским п/о «Автополив» МВХ Молдавской ССР было выпущено более 5 тыс. шлейфов ШД-25-300 и ШД-25-300А для орошения около 50 тыс. га. Что же касается ЮФО, то организация выпуска таких шлейфов и соответствующей арматуры, хотя бы только для внутреннего потребления, больших трудностей может и не представлять, если на Таганрогском трубопрокатном заводе наладить выпуск тонкостенных стальных труб диаметром 76, 102 и 180-250 мм.

Дождевальная шлейф ШД-25-300 – типичный представитель семейства отечественных шлейфов с расходом 9-30 л/сек. – состоит из водопроводящего трубопровода длиной 150 м на опорных лыжах, водоприемных муфт и трех дождевальных аппаратов со стабилизаторами-противооткидывателями. Для подсоединения к гидрантам быстросборной оросительной сети, питаемой передвижной насосной станцией, служит шарнирное подсоединительное устройство. Для продольно-осевого перемещения с позиции на позицию методом буксирования используется вспомогательный трос, исключая необходимость передвижения трактора-буксировщика по увлажненной почве, что существенно уменьшает параметры и ущерб от колеи трасс.

Технологические и конструктивные особенности дождевальных шлейфов позволяют успешно их применять не только для орошения культурных пастбищ, сенокосов и лугов, но и для овощных, зерновых, в т.ч. высокостебельных культур (кукурузы), садов, ягодников. Разработана на модульном принципе и испытана серия дождевальных шлейфов из десяти конструктивных схем с рабочим захватом 150-414 м, диаметром трубопро-

вода 76-102 мм, при расходе 9-30 л/с, и средней интенсивности дождя 0,02-0,17 мм/мин, в десятки раз меньшей, чем у других широкозахватных ДМ. Масса шлейфов из тонкостенных труб толщиной 2-2,5 мм – 1020-3340 кг.

Одновременно с необходимостью дальнейшего расширения применения дождевальных машин и установок, следует обратить внимание на применение водо- и энергосберегающих технологий поверхностного полива по бороздам, бороздам-щелям и т.д. Об эффективности различных видов поверхностных поливов можно судить по данным таблицы 3.

Таблица 3

Сравнительные затраты труда и средств при различных способах поверхностных поливов

| Способ полива | Затраты труда | | Капитальные затраты | | Σ баллов (условно) | Место (условно) |
|--------------------------------|-------------------------|-----------------|---------------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|
| | ч/га среднее (мин./мах) | баллы (условно) | тыс. руб./га среднее (мин./мах) | баллы (условно) | | |
| Полив по безуклонным полосам | 0,74 (0,25/1,23) | 1 | 24,9 (13,8/34,5) | 4 | 5 | 3 |
| Полив по полосам | 1,48 (0,49/2,47) | 2 | 17,9 (8,3/27,7) | 1 | 3 | 1 |
| Полив по бороздам | 1,98 (0,99/2,96) | 3,5 | 22,7 (11,1-34,4) | 3 | 6,5 | 4 |
| Полив по узким мелким бороздам | 1,98 (0,99/2,96) | 3,5 | 10,4 (6,9/1,38) | 1 | 4,5 | 2 |

Для поверхностных поливов по бороздам успешно применяются гибкие трубопроводы со специальными водовыпусками. Разработаны и жесткие оросительные трубопроводы-шлейфы типа РТП-180К из стальных труб диаметром 180 мм на опорных лыжах. Более удачным можно считать жесткий колесный трубопровод с дополнительными поливными трубами с водовыпусками. Известны и применяются барабанные (шланговые) установки, поливающие борозды в процессе последовательного сматывания напорного гибкого шланга, на концевом участке которого расположены водовыпускные отверстия.

Однако наиболее перспективным считается способ синхронно-импульсного полива. Периодическая синхронная подача воды во все борозды,

производимая в определенной последовательности и циклично, обеспечивает более равномерное увлажнение почв вдоль борозды. По сравнению с обычным поливом постоянной (или переменной по секунднему расходу) струей, периодическая подача воды в каждую борозду за период всего технологического процесса позволяет получить практически равномерное увлажнение вдоль всей борозды, избежать переувлажнения в начале и недоувлажнения в конце борозды, характерных для традиционных способов полива. Разработку конструкции шлейфа для этого способа полива надо продолжить уже на стадии создания опытного образца, учитывая имеющиеся наработки авторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колганов А.В., Антипова Т.Н. Стратегия оптимизации ресурсосбережения в сельском хозяйстве //Мелиорация и водное хозяйство. – М., 2004. – № 4.
2. Зеверюха А.Х и др. Продовольственная безопасность и экологическая угроза //Пищевая промышленность. – М., 2000, – № 7-8.
3. Ключин П.В., Соляник И.П. Орошаемое поле Ставрополья. – Ставрополь, 2004.
4. Мелихов В.В., Кузнецов П.И. Современное состояние орошаемых земель аридной зоны России // Научные технологии в мелиорации: Материалы Междунар. конф. (Костяковские чтения). – М., 2005.
5. Проблемы технического оснащения механизации полива в орошаемом земледелии Российской Федерации /Государственное предприятие специализированный научный центр «Госэкономмелиоводхоз» ИНПЦ «Союзводпроект», – М., 2005.
6. Повышение проходимости многоопорных дождевальными машин посредством заравнивания колеи: Рекомендации. – ФГНУ «Росинформротех», 2002.

8. Краковец В.М. Применение дождевальных шлейфов в США. /ЦБНТИ МВХ СССР // Экспресс-информация. – 1978. – Серия 7.- Вып. 2.

УДК 631.347: 004.14

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДОЖДЕВАЛЬНОГО АГРЕГАТА «BAUER» НА ТЕРРИТОРИИ РФ

А. Е. Шепелев, И. Н. Нестеров, Д. В. Сухарев
ФГНУ «РосНИИПМ»

Износ устаревшей отечественной поливной техники и низкий уровень новой привел к появлению импортных аналогов. Значительное место на рынке дождевального оборудования России заняла поливная техника фирмы «Бауер», что вызывает необходимость анализа ее удельных показателей и определения возможности использования на территории Российской Федерации.

Показатели дождевального агрегата «BAUER»[1] были протестированы на компьютерной программе «АДМ», разработанной ФГНУ «РосНИИПМ» и проведено сравнение с наиболее распространенными отечественными аналогами (таблица).

Общая материалоемкость одного агрегата, включая насосную станцию и трактор для развертывания установки в исходное положение и перевода его на другую позицию, составляет 9,25 т. По коэффициенту общей материалоемкости, «BAUER» адекватен к таким машинам, как ДДН-70 (0,3), ДДА-100ВХ (0,4). Удельные коэффициенты на 1 га обслуживаемой площади (1,0) и 1 л/с организованного расхода (0,6) превышают аналогичные показатели дождевальных машин ДДН-70 (0,3; 0,4), ДДА-100ВХ (0,3; 0,3). Более приемлем дождевальный агрегат «BAUER» по коэффициенту материалоемкости в сравнении с такими машинами как Фрегат (1,6; 1,4), Кубань (1,8; 1,3).

Удельные показатели дождевальных машин

| Марка ДМ | Фрегат Б-434 | Днепр | Кубань | Волжанка | ДДН-70 | ДДА-100ВХ | ДКДФ-1 | ШД 25/300 | BAUER E 11 | Кубань ЛК-1 |
|------------------------------|--------------|--------|--------|----------|--------|-----------|--------|-----------|------------|-------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| S обслуж, га | 66,1 | 90 | 110 | 100 | 60 | 100 | 80 | 54 | 25 | 73,3 |
| Q л/с | 90 | 120 | 185 | 64 | 65 | 130 | 100 | 60 | 52 | 70 |
| Технические данные | | | | | | | | | | |
| Материалоемкость, т | 39,6 | 37,33 | 72,8 | 26,73 | 7,92 | 11,42 | 9,09 | 24,9 | 9,25 | 44,4 |
| всего: | 1,4 | 1,3 | 2,6 | 0,9 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,9 | 0,3 | 1,6 |
| в том числе: | | | | | | | | | | |
| насосная станция | 3,8 | 2,9 | 0 | 2,9 | 0 | 0 | 0 | 2,9 | 0,72 * | 3,8 |
| трубопроводы | 21,8 | 20,1 | 0 | 18,4 | 0 | 0 | 0 | 8,1 | 3,3 * | 22,4 |
| вр. оросители и каналы | 0 | 0 | 25 | 0 | 0,32 | 0,32 | 0,32 | 0 | 0 | 0 |
| дождевальная машина | 14 | 13,3 | 47,8 | 5,43 | 0,7 | 4,2 | 1,87 | 7 | 4,2 | 18,2 |
| трактор | 0 | 1,03 * | 0 | 0 | 6,9 | 6,9 | 6,9 | 6,9 ** | 1,03 * | 0 |
| Материалоемкость, т на 1 га | 0,60 | 0,41 | 0,66 | 0,27 | 0,132 | 0,11 | 0,16 | 0,46 | 0,37 | 0,61 |
| в том числе: | 1,6 | 1,1 | 1,8 | 0,7 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 1,2 | 1,0 | 1,6 |
| насосная станция | 0,06 | 0,03 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,03 | 0,05 |
| трубопроводы | 0,33 | 0,22 | 0,00 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,15 | 0,13 | 0,31 |
| вр. оросители и каналы | 0,00 | 0,00 | 0,23 | 0,00 | 0,005 | 0,003 | 0,004 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| дождевальная машина | 0,21 | 0,15 | 0,43 | 0,05 | 0,012 | 0,04 | 0,02 | 0,13 | 0,17 | 0,25 |
| трактор | 0,00 | 0,01 * | 0,00 | 0,00 | 0,115 | 0,07 | 0,13 | 0,128 ** | 0,04 | 0,00 |
| Материалоемкость, т на 1 л/с | 0,44 | 0,31 | 0,39 | 0,42 | 0,12 | 0,09 | 0,09 | 0,42 | 0,18 | 0,63 |
| в том числе: | 1,4 | 1,0 | 1,3 | 1,4 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 1,3 | 0,6 | 2,1 |
| насосная станция | 0,04 | 0,02 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,01 | 0,05 |
| трубопроводы | 0,24 | 0,17 | 0,00 | 0,29 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,14 | 0,06 | 0,32 |
| вр. оросители и каналы | 0,00 | 0,00 | 0,135 | 0,00 | 0,005 | 0,002 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 |

Продолжение таблицы

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| дождевальная машина | 0,16 | 0,11 | 0,26 | 0,08 | 0,01 | 0,03 | 0,02 | 0,12 | 0,08 | 0,26 |
| трактор | 0,00 | 0,01 * | 0,00 | 0,00 | 0,11 | 0,05 | 0,07 | 0,12 ** | 0,02 | 0 |
| Экономические показатели | | | | | | | | | | |
| Стоим. оборуд., тыс. руб. | 2773 1,5 | 3403 1,8 | 2550 1,4 | 2394 1,3 | 759,9 0,4 | 894 0,5 | 671,9 0,4 | 1906 1,0 | 838 0,4 | 2654 1,4 |
| в том числе: | | | | | | | | | | |
| насосная станция | 400 | 400 | 0 | 360 | 0 | 0 | 0 | 400 | 90 * | 360 |
| трубопроводы | 1853 | 1708 | 0 | 1564 | 0 | 0 | 0 | 688 | 53 | 1624 |
| вр. оросители и каналы | 0 | 0 | 1350 | 0 | 3,27 *** | 4,8 *** | 4,36 *** | 0 | 0 | 0 |
| дождевальная машина | 520 | 1200 | 1200 | 470 | 289,1 | 422 | 200 | 350 | 600 | 670 |
| трактор | 0 | 95 * | 0 | 0 | 467,5 | 467,5 | 467,5 | 467,5 ** | 95 | 0 |
| Уд. стоим. тыс. руб. на 1 га | 41,95 1,6 | 37,81 1,5 | 23,18 0,9 | 23,94 0,9 | 12,66 0,5 | 8,943 0,3 | 8,40 0,3 | 33,18 1,3 | 33,52 1,3 | 36,21 1,4 |
| в том числе: | | | | | | | | | | |
| насосная станция | 6,05 | 4,44 | 0,00 | 3,6 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 7,41 | 3,60 | 4,91 |
| трубопроводы | 28,03 | 18,98 | 0,00 | 15,64 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 12,74 | 2,12 | 22,16 |
| вр. оросители и каналы | 0,00 | 0,00 | 12,27 | 0,00 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| дождевальная машина | 7,87 | 13,33 | 10,91 | 4,70 | 4,818 | 4,22 | 2,50 | 4,38 | 24,000 | 9,14 |
| трактор | 0,00 | 1,06 * | 0,00 | 0,00 | 7,79 | 4,68 | 5,84 | 8,66 ** | 3,8 | 0,00 |
| Уд. стоим. тыс. руб. на 1 л/с | 30,81 1,4 | 28,36 1,3 | 13,78 0,6 | 37,41 1,7 | 11,69 0,5 | 6,88 0,3 | 6,719 0,3 | 31,76 1,4 | 16,12 0,7 | 37,91 1,7 |
| в том числе: | | | | | | | | | | |
| насосная станция | 4,44 | 3,33 | 0,00 | 5,63 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,67 | 1,73 | 5,14 |
| трубопроводы | 20,59 | 14,23 | 0,00 | 24,44 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 11,47 | 1,02 | 23,2 |
| вр. оросители и каналы | 0,00 | 0,00 | 7,30 | 0,00 | 0,05 | 0,04 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0 |
| дождевальная машина | 5,78 | 10,00 | 6,49 | 7,34 | 4,45 | 3,25 | 2 | 5,83 | 11,54 | 9,57 |
| трактор | 0,00 | 0,79 * | 0,00 | 0,00 | 7,19 | 3,60 | 4,68 | 7,79 ** | 1,83 | 0,00 |

Продолжение таблицы

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Энергетические показатели | | | | | | | | | | |
| Затраты в кВт., всего: | 88,1 | 82,6 | 125 | 55,1 | 68 | 66 | 62 | 43 | 48,3 | 75,8 |
| в том числе: | 1,2 | 1,2 | 1,8 | 0,8 | 1,0 | 0,9 | 0,9 | 0,6 | 0,7 | 1,1 |
| на 1 га | 1,33 | 0,92 | 1,14 | 0,55 | 1,13 | 0,66 | 0,78 | 0,80 | 1,93 | 1,03 |
| на 1 л/сек расхода воды | 1,3 | 0,9 | 1,1 | 0,5 | 1,1 | 0,6 | 0,8 | 0,8 | 1,9 | 1,0 |
| | 0,98 | 0,69 | 0,68 | 0,86 | 1,05 | 0,51 | 0,62 | 0,72 | 0,93 | 1,08 |
| | 1,2 | 0,8 | 0,8 | 1,1 | 1,3 | 0,6 | 0,8 | 0,9 | 1,1 | 1,3 |

Примечание:

* – один трактор на 4 машины,

** – один трактор на комплект шлейфов,

*** – устройство оросителей на один сезон.

Энергетический коэффициент агрегата «BAUER» (0,7) ниже большинства существующих дождевальных машин и уступает только дождевальным шлейфам ДШ-25-300 (0,6). Однако по удельным показателям (1 га и 1 л/с) затраты энергии на работу одного агрегата превышают аналогичные показатели отечественной поливной техники и составляют соответственно: «BAUER» (1,9; 1,1), ДМ Фрегат (1,3; 1,2) ДМ Днепр (0,9; 0,8), Кубань (1,1; 0,8), ДДН-70 (1,1;1,3), ДДА-100ВХ (0,6; 0,6).

Изучая эксплуатационные характеристики, видно, что:

а) применение тележки на колесах размером 165/70 R 15 в почвенных условиях России весьма проблематично (налипание грунта, образование колеи, увеличение тяговых усилий на барабан), особенно с применением дальнеструйного аппарата;

б) большинство орошаемых участков Ростовской области, Краснодарского края и других регионов РФ имеют длину 500-800 м, а максимальная длина трубопровода агрегата - 650 м, и она имеется только у модуля Е 41, при средней длине всех модулей 300-400 м;

в) при многократном поливе образуется колея от трактора и тележки через каждые 50-70 м, что уменьшает коэффициент земельного использования (КЗИ) и исключает из полива культуры сплошного посева;

г) применение агрегата «BAUER» для внесения животноводческих стоков возможно при тщательной их подготовке. Для выполнения данной операции необходимо дополнительное оборудование.

Общая стоимость оборудования для работы одного агрегата «BAUER» составляет 838 тыс. руб., из которых: агрегат – 600 тыс. руб.; насосная станция (1 на 4 агрегата) – $360/4 = 90$ тыс. руб.; трубопровод для подвода воды к агрегату от НС – 53 тыс. руб.; трактор колесный класса до 3 т – $380/4 = 95$ тыс. руб.

Удельные экономические коэффициенты на 1 га и 1 л/с (1,3; 0,7)

ввиду малого расхода и небольшой площади сезонного обслуживания превышают аналогичные коэффициенты даже для таких машин, как Кубань (0,9; 0,6), и несколько лучше, чем у ДМ Фрегат (1,6; 1,4) и ДМ Днепр (1,5; 1,3).

Выводы:

1. Применение модификаций агрегата «BAUER» в РФ весьма ограничено и применимо для небольших участков длиной не более 500 м, прямоугольной конфигурации. Наиболее экономично применение четырех агрегатов одновременно для полива участка общей площадью до 100 га.

2. Перемещаемая на колесах малого диаметра тележка не применима на суглинистых почвах.

3. В отечественном производстве существуют экспериментальные образцы шланговых дождевателей («Агрос 32», «Агрос 75») с достаточно высокими качественными показателями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Rohren- und Pumpenwerk BAUER Gesellschaft m.b.H. A-8570 Voitsberg/ Austria. www.bauer-online.com

УДК 626.845(470.61)

АНАЛИЗ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ШИРОКОЗАХВАТНОЙ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ «ФРЕГАТ» В РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Д.В. Лайко
ФГОУ ВПО «НГМА»

При оценке надежности отдельных элементов конструкции дождевальной машины, с точки зрения оказываемого влияния на работу машины в целом, ее элементы могут классифицироваться как «существенные» и

«несущественные». Выход из строя «существенных» деталей, узлов или агрегатов оказывает большое влияние на функционирование машины, срок ее службы и на стоимостные показатели. Отказ таких элементов рассматривается как «опасный» отказ, приводящий к остановке машины. «Несущественные» элементы машины не оказывают большого влияния на работу машины, их отказы расцениваются как «безопасные» отказы. Как правило, у машин чаще выходят из строя «существенные» элементы конструкции.

У дождевальная машина «Фрегат» обрыв крепления неподвижной опоры к фундаменту; разрушение фланцев и трубопровода; обрыв поддерживающих тросов; поломка оси или почвозацепа колеса тележки; выход из строя деталей гидроцилиндра, клапана-распределителя и силовых рычагов в гидроприводе тележки; пробой или вырыв заделки напорных шлангов; выход из строя автоматической синхронизации движения тележек – все это приводит к остановке машины и простоею производства.

Такие отказы как негерметичность манжеты в поворотном колене; деформация рамы и труб; поломка спиц колеса; повреждения механического тормоза; подтекание воды в гидроцилиндре и напорной магистрали; постепенный износ трущихся деталей; сбои в работе дождевальных аппаратов и сливных клапанов; разрушение отдельных крепежных деталей – не останавливают работы машины, а приводят к частичному нарушению технологического процесса или к ухудшению общего технического состояния дождевальной машины.

Надежность дождевальных машин обуславливается многими факторами: воздействием окружающей среды, особенностями рабочих режимов, наличием динамических нагрузок, действием износа и старения. В то же время она зависит и от деятельности человека. При этом к факторам, уменьшающим надежность, можно отнести конструктивные недостатки, плохое изготовление, низкое качество технического обслуживания, отсут-

стве необходимого хранения, нарушение правил эксплуатации и др.

Решающую роль в надежности дождевальных машин оказывают эксплуатационные факторы. Вероятность нормального функционирования в процессе эксплуатации является одной из наиболее полных количественных характеристик, оценивающих надежность как со стороны безотказности, так и восстанавливаемости.

Анализ опыта эксплуатации широкозахватных дождевальных машин в производственных условиях показал, что отказы возникают вследствие тех или иных неисправностей в различных агрегатах. При анализе неисправностей дождевальных машин определялось процентное соотношение различных видов неисправностей к общему числу их в машине (системе) и в агрегате. Данные представлены в таблице.

Таблица

Распределение неисправностей ДМ «Фрегат»

| Вид неисправности | Кол-во отказов к общему числу их в агрегате, % | Кол-во отказов к общему числу их в системе, % |
|---|--|---|
| 1 | 2 | 3 |
| Неподвижная опора | | 1 |
| Негерметичность уплотнения в поворотном колене | 100 | |
| Трубопровод | | 9 |
| Разрушение по местам крепления | 20-25 | |
| Негерметичность | 20 | |
| Деформация | 40 | |
| Забивание сливных клапанов и фильтров | 20-75 | |
| Тележка | | 9 |
| Разрушение по местам крепления | 77 | |
| Неисправность механического тормоза | 23 | |
| Гидропривод тележки | | 43 |
| Неисправность гидроцилиндра (поршня, крышки) | 9,7-16,6 | |
| Заедание штока гидроцилиндра | 3,2-16,6 | |
| Разрушение деталей гидроцилиндра и узла крепления | 6,5 | |
| Неисправность силовых рычагов (выработка втулок, нарушение регулировок натяжения силовой пружины) | 9,7 | |
| Нарушение регулировок клапана-распределителя | 25,8-49,8 | |
| Разрушение деталей клапана-распределителя (поломка пружины, рычага, гайки штока) | 16,6-38,8 | |
| Негерметичность клапанов | 16,6 | |

Продолжение таблицы

| 1 | 2 | 3 |
|--|-------|----|
| Шланги | | 10 |
| Негерметичность в заделке | 14-50 | |
| Вырыв заделки | 50-86 | |
| Дождевальные аппараты | | 5 |
| Негерметичность уплотнений (трещины и выработка уплотнительных шайб) | 20 | |
| Механические повреждения (поломки пружин, планки рассекателя, срыв оси коромысла и т.д.) | 80 | |
| Система автоматической синхронизации движения тележек | | 15 |
| Нарушения регулировок | 100 | |
| Система электрической аварийной защиты | | 8 |
| Повреждение ртутных выключателей | 55,5 | |
| Разрушение электропроводки | 22,2 | |
| Неисправности реле | 22,2 | |

Следовательно, неисправности различных агрегатов дождевальной машины «Фрегат» распределяются следующим образом: неподвижные опоры – 1 %, водопроводящие трубопроводы машины – 9 %, тележки – 9 %, гидроприводы тележек – 43 %, гибкие трубопроводы (шланги) – 10 %, дождевальные аппараты – 5 %, системы автоматической синхронизации движения тележек – 15 % и системы аварийной электрической защиты – 8 %.

Из приведенных данных следует, что наибольший процент неисправностей у дождевальных машин «Фрегат» имеют гидропривод тележки и система автоматической синхронизации движения. При этом в каждом из этих агрегатов имеются узлы или детали, которые наиболее часто выходят из строя. Например, в гидроприводе машины «Фрегат» – это узел клапана-распределителя с рычагом переключения.

АНАЛИЗ РЕСУРСОВ ОСНОВНЫХ УЗЛОВ И ДЕТАЛЕЙ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ «ФРЕГАТ»

Д.В. Лайко
ФГОУ ВПО «НГМА»

С целью разработки рационального комплекта ЗИП, а также уточнения срока службы машины в целом нами проводились ресурсные исследования долговечности узлов и деталей ДМ «Фрегат». В результате исследований и испытаний установлено, что большая часть узлов и деталей ДМ «Фрегат» (в том числе базовые – рамы тележек, водопроводящий трубопровод, тросовые опоры и др.), распределенная по массе, имеет ресурс свыше 20 тыс.ч., что соответствует 18-20 годам эксплуатации при среднегодовой загрузке 1000-1100 часов (рисунок 1). Все это свидетельствует о достаточно высокой надежности ДМ «Фрегат» и потенциальных возможностях увеличения срока службы.

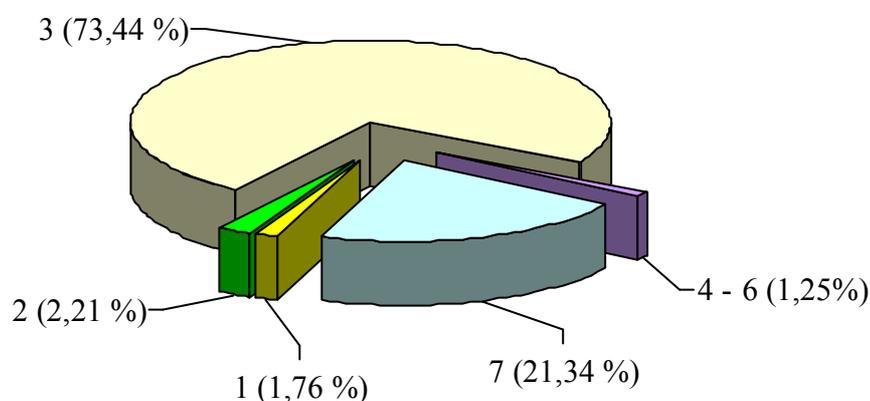


Рис. 1. Распределение узлов и деталей ДМ «Фрегат» по массе в зависимости от их ресурса: 1 – узлы и детали с ресурсом до 10 тыс.ч; 2 – узлы и детали с ресурсом от 10 до 20 тыс.ч; 3 – узлы и детали с ресурсом свыше 20 тыс.ч; 4-6 – соответственно крепежные изделия, шайбы стандартные и изделия с ресурсом от 2,9 до 105,5 тыс.ч; 7 – узлы и детали с переменным по длине машины ресурсом от 3,5 до 136,8 тыс.ч.

На основании исследований были определены ресурсы узлов и деталей ДМ «Фрегат», характеристики рассеивания которых достаточно удов-

летворительно описываются законом нормального распределения (различные шайбы, узлы и детали с ресурсом до 10 тыс.ч. и от 10 до 20 тыс.ч.), и законом распределения Вейбулла – все остальные узлы и детали. Данные приведены в таблице.

Таблица

Группировка узлов и деталей ДМ «Фрегат»

| Наименование группы | Закон распределения | Коэф. вариации ресурса | Ресурс (в границах с доверительной вероятностью $\alpha=0,8$), тыс.ч | Кол-во наименований узлов и деталей, шт. | Число узлов и деталей, шт. | Ориентировочная масса, кг |
|---|---------------------|-------------------------|---|--|----------------------------|---------------------------|
| Узлы и детали с ресурсом до 10 тыс.ч. | нормальный | 0,385 | 4,49<8,75<13,00 | 39 | 704 | 240 |
| Узлы и детали с ресурсом от 10 до 20 тыс. ч | нормальный | 0,179 | 11,23<14,83<18,43 | 27 | 476 | 300 |
| Узлы и детали с ресурсом свыше 20 тыс. ч. | Вейбулла | 0,691 | 23,68<101,92<199,62 | 110 | 1536 | 9980 |
| Крепежные изделия (болты, винты, гайки) | Вейбулла | 0,554 | 5,02<14,35<25,09 | 31 | 4802 | 150 |
| Шайбы | нормальный | 0,396 | 32,74<69,16<105,57 | 17 | 2112 | 10 |
| Другие стандартные изделия | Вейбулла | 0,692 | 2,91<13,87<24,69 | 15 | 421 | 10 |
| Узлы и детали с переменным по длине машины ресурсом | Вейбулла | 0,361 0,533 0,815 | минимальный 3,50<6,65<9,83 средний 4,67<64,80<136,78 максимальный 11,45<64,80<136,78 | 46 | 1071 | 2900 |

Так, срок службы до 10 лет (при сезонной загрузке 1000 часов) имеют узлы и детали 39 наименований в количестве 704 штук ориентировочной массой порядка 240 кг, около половины крепежных и прочих стандартных изделий и значительная часть узлов и деталей с переменным по длине машины ресурсом ориентировочной массой приблизительно 1000 кг. Срок службы от 10 до 20 лет имеют узлы и детали 27 наименований в количестве 476 штук ориентировочной массой около 300 кг, а также некоторые крепежные и стандартные изделия, узлы и детали с переменным по длине машины ресурсом ориентировочной массой около 800 кг.

Повышение надежности и долговечности, а следовательно, и увеличение срока службы ДМ «Фрегат» может осуществляться различными путями. Во-первых, в сфере проектирования и производства путем повышения надежности и равнопрочности узлов и деталей, улучшением ремонтпригодности машины, применением материалов и комплектующих изделий повышенного качества, внедрением прогрессивных технологий. Во-вторых, в сфере эксплуатации путем совершенствования организации проведения и повышения качества технического обслуживания и текущего ремонта, улучшения снабжением запасными частями, обеспечением качественного хранения машин в неполивной период, повышением квалификации слесарей-монтажников и операторов ДМ «Фрегат».

Кроме того, довольно много узлов и деталей имеют переменный по длине машины ресурс. Увеличение ресурса происходит по мере приближения к неподвижной опоре. На первой тележке ресурс большинства узлов и деталей превышает 20 тыс.ч.

Таким образом, значительная часть узлов и деталей имеет ресурс свыше 20 лет. Однако некоторые узлы и детали (имеющие повреждения после аварийных поломок машины и по другим причинам) требуют замены при ремонте. Так, например, при аварийных поломках за 10 лет эксплуатации имеют повреждения около 14 % труб, 10 % тросов, 10 % рам те-

лежек, 15 % тросовых опор и др. У машин, работающих на двух позициях, при транспортировании с одной позиции на другую имеют место повреждения около 40 % некоторых деталей неподвижной опоры (полозы, цепи, стойки) от общего их числа на неподвижной опоре.

Анализ ресурсов основных узлов и деталей ДМ «Фрегат» показывает, что несмотря на их относительно высокие значения необходимо осуществлять в процессе эксплуатации операции, предусмотренные системой технического обслуживания и ремонта в целях поддержания машины в состоянии безотказной работы в поливной период.

УДК 626.82.059:532.5.011

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ (НА ПРИМЕРЕ АЗОВСКОГО МАГИСТРАЛЬНОГО КАНАЛА)

К.Г. Гурин
ФГОУ ВПО «НГМА»

На Юге России эксплуатируется большое количество каналов, как крупных, комплексного назначения, для нужд гидроэнергетики, переброски стока, орошения, обводнения и др., так и малых оросительных и сбросных каналов на оросительных системах. Многие из них эксплуатируются уже более 40 лет.

В последние годы возник вопрос о пересмотре гидравлической эффективности данных каналов и об уточнении их гидравлических характеристик с учетом сроков, условий, режима эксплуатации и назначения канала.

Как известно, под гидравлической эффективностью каналов подразумевается комплекс факторов, от которых в конечном итоге зависит их КПД. К таким факторам относятся: условия эксплуатации, состояние ка-

нала, величина потерь на фильтрацию, оценка влияния гидравлических сопротивлений на эксплуатацию и т.д.

Впервые определение «гидравлическая эффективность» предложил А.М. Латышенков, более подробно это явление развил в своих трудах Ю.М. Косиченко.

В соответствии с А.М. Латышенковым [1], под гидравлической эффективностью канала понимается коэффициент, представляющий собой отношение средней скорости движения воды к скорости в канале с гидравлически наивыгоднейшим сечением

$$A_V = V/V_{г.н.}$$

Как показывают его расчеты, для трапецеидальных сечений каналов при $A_V = 0,97-0,98$, т.е. когда предполагается уменьшение средней скорости потока по отношению к скорости для гидравлически наивыгоднейшего сечения на 2-3 %, появляется широкая возможность перехода от неудобных узких и глубоких «абсолютно гидравлически наивыгоднейших сечений» с относительной шириной по дну $\beta=0,24-0,82$ к практически более удобным сечениям с $\beta=2,5-5,0$. Причем эти сечения будут находиться в гидравлически наивыгоднейшей области размеров трапецеидальных сечений.

Н.Дэкэлеску предлагает показатель гидравлической эффективности канала η_c выразить суммой двух параметров: «эффективности транспорта» η_m , характеризующего состояние содержания и проницаемость канала, и «эффективности распределения и использования воды» η_u

$$\eta_c = \eta_m + \eta_u.$$

В общем случае, согласно Ю.М. Косиченко [2], под гидравлической эффективностью канала можно понимать его способность транспортировать воду потребителю в возможно максимальных количествах и с минимальными потерями для принятых размеров и конструкций составных элементов канала.

К сожалению, в последние годы наметилась тенденция снижения гидравлической эффективности многих каналов Юга России. В частности, Азовский магистральный канал забирает воду из Веселовского водохранилища, которое создано на реке Западный Маныч. Расход головной насосной станции составляет $20 \text{ м}^3/\text{с}$. Уклон канала составляет $0,00005-0,00007$, его длина – $84,9 \text{ км}$, глубина канала изменяется в пределах от $2,5$ до $4,0 \text{ м}$, проектное заложение откосов $1:3$, проектная скорость должна составлять от $0,35$ до $0,55 \text{ м/с}$ [3].

На рисунке 1 представлен продольный профиль Азовского магистрального канала (АМК).

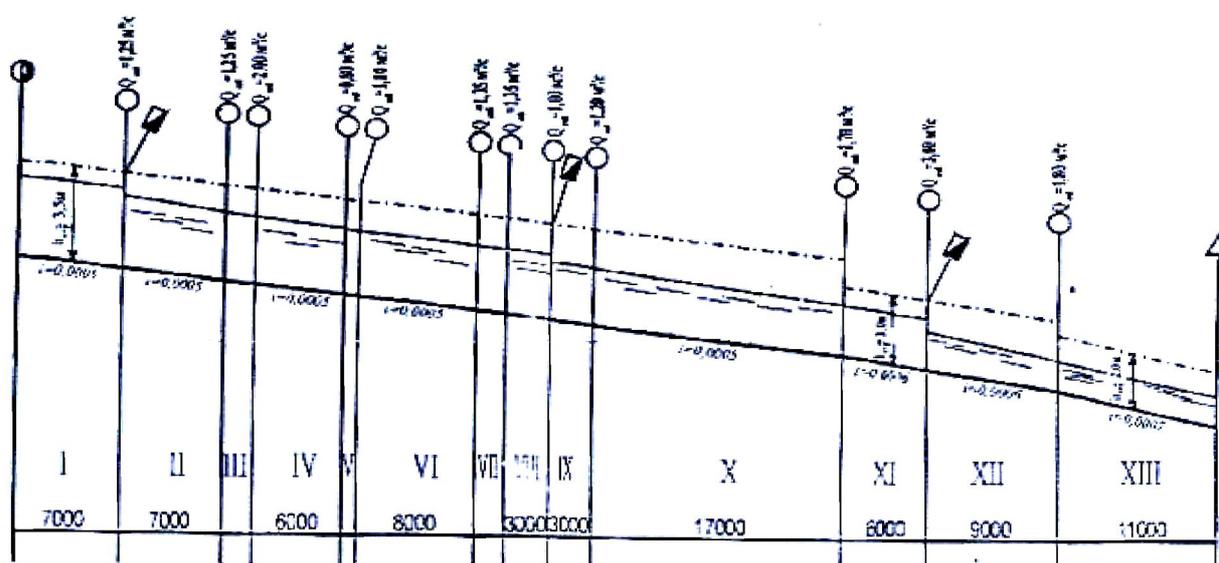


Рис. 1. Продольный профиль АМК

Однако в процессе исследований выяснилось, что многие параметры канала отличаются от проектных.

По результатам проведенных измерений на 65 км канала, средняя скорость потока оказалась очень малой ($0,142 \text{ м/с}$), что примерно в $2,5-3,0$ раза меньше минимально допустимой скорости по условиям незаиляемости (таблица). Такие малые скорости течения обуславливают интенсивное заиление русла и сильное зарастание откосов канала.

Данные исследований на Азовском МК (65 км)

| Параметр | Значение |
|--|----------------|
| Средняя скорость, м/с | 0,142 |
| Площадь живого сечения потока, м ² | 14,54 |
| Уклон водной поверхности, J | 0,000495 |
| Ширина по дну, м | 5,7 |
| Глубина по оси канала, м | 1,88 |
| Толщина слоя заиления (у правого берега), м | 0,54 |
| Ширина зарослей камыша у каждого берега, м | 1,5-2,0 |
| Коэффициент шероховатости, n | 0,174 – 0,0250 |
| Коэффициент гидравлического сопротивления, λ | 2,268 |
| Расход, м ³ /с: | |
| - проектный | 8,0 |
| - фактический | 2,068 |

Вследствие сильного зарастания канала на данном участке коэффициент шероховатости его русла превысил проектное значение в 7 раз, а пропускная способность снизилась в 3,86 раз. Все это свидетельствует о постепенном переходе русла канала к речному руслу, для которого характерны русловые процессы и зарастание живого сечения.

Вместе с тем плановых деформаций русла канала и тем более потери плановой устойчивости русла на Азовском МК в настоящее время не наблюдается.

Из отрицательных явлений, встречающихся по трассе данного канала, следует отметить значительные потери на фильтрацию, что оказывает неблагоприятное воздействие на прилегающую территорию, вызывая ее подтопление. Так как канал проходит в земляном русле, значительные потери на фильтрацию будут иметь место и при дальнейшей его эксплуатации. Данные отрицательные явления, несомненно, снижают гидравлическую эффективность, особенно при длительной эксплуатации канала.

По полученным данным нами проведена оценка гидравлической эффективности Азовского магистрального канала по А.М. Латышенкову.

Расчет каналов по методике ВОДГЕО (А.М. Латышенков и др., 1972) [2] основывается на определении трапецеидального сечения, близкого к гидравлически наивыгоднейшему, для которого отклонение средней скорости v от средней скорости гидравлически наивыгоднейшего сечения $v_{г.н.}$ при заданном расходе Q не превышает 2-3 %.

Искомое предельное соотношение $\beta_{\max} = b/h$ в канале трапецеидального сечения с заданным значением $A_v = v / v_{г.н.}$ выражается формулой

$$\beta_{\max} = \frac{\beta_{г.н.} + m}{A_v^2 A_h} - m,$$

где $\beta_{г.н.} = 2(\sqrt{1 + m^2} - m)$ – относительная ширина канала по дну для гидравлически наивыгоднейшего сечения;

$A_h = h / h_{г.н.}$ – отношение глубины канала к глубине гидравлически наивыгоднейшего сечения.

В результате проведенных расчетов, значение гидравлической эффективности по А.М. Латышенкову составило

$$A_V = V/V_{г.н.} = 0,142 / 0,73 = 0,2,$$

где V – средняя скорость на исследуемом участке канала;

$V_{г.н.}$ – скорость при гидравлически наивыгоднейшем сечении канала.

Полученное значение коэффициента гидравлической эффективности на данном участке канала говорит о чрезвычайно низкой его гидравлической эффективности и соответственно низком значении КПД. По данным [3] КПД Азовского МК составляет 0,82.

На гидравлическую эффективность данного канала оказывают влияние следующие основные факторы:

1. Высокие потери на фильтрацию;
2. Значительное зарастание живого сечения канала (до 30 %), и как следствие значительное увеличение гидравлических сопротивлений, особенно значений коэффициента гидравлического трения;
3. Размывы и оползание откосов канала.

Для повышения гидравлической эффективности данного объекта необходимо снизить значения выше перечисленных показателей. В частности, для снижения потерь на фильтрацию, необходимо устройство относительно недорогих грунтовых экранов или полимерных покрытий. С зарастанием можно бороться либо механическим способом, либо увеличением средней скорости в канале, что приведет к снижению степени зарастания. Для предотвращения размывов необходимо пересмотреть режим работы канала, чтобы исключить резкие колебания уровней воды в нем.

Аналогичная картина, а следовательно, и близкое значение гидравлической эффективности, наблюдается и на многих других каналах Ростовской области и Юга России, таких как Нижнее-Донской магистральный канал, каналы Багаевско-Садковской ОС (Бг-Р-6, Бг-Р-7) и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каналы систем водоснабжения и ирригации (рекомендации по проектированию и эксплуатации каналов). Латышенков А.М., Хрящев Н.П., Веригин Н.Н. и др. – М.: Стройиздат, 1972. –153 с.
2. Косиченко Ю.М. Каналы переброски стока России. – Новочеркасск: НГМА, 2004. – 470 с.
3. Косиченко Ю.М., Гурин К.Г. Альбом каналов Ростовской области. – Новочеркасск: НГМА, 2003. – 40 с.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

С.А. Ханмагомедов, В.Ю. Щедрин
ФГНУ «РосНИИПМ»

За годы затянувшегося формирования рыночных отношений сложилась крайне неблагоприятная обстановка в сфере АПК. В нашей стране происходит непрерывное сокращение орошаемых площадей с 6,12 млн га в 1990 г. до 4,45 млн га в 2004 г. За 15 лет сокращение составило 1,67 млн га. Более того из оставшихся орошаемых площадей ежегодно не поливается по разным причинам около 1,6 млн га или 33,8 %. Поэтому среднегодовые показатели объемов производства продукции растениеводства на орошаемых землях находятся на низком уровне.

Резкое сокращение финансирования эксплуатации, реконструкции и строительства мелиоративных объектов отрицательно сказалось на состоянии оросительных систем. Крупные оросительные системы эксплуатируются по 15-20 лет без капитального ремонта, а дождевальная техника без замены и ремонта отслужила от 1,5 до 2-х, а в ряде случаев и более нормативных сроков службы. Из-за этого произошло резкое сокращение парка поливной техники. Количество дождевальных машин к 2004 г. уменьшилось более чем в 3 раза по сравнению с 1990 г. и составило 19,2 тыс. ед. С 1999 по 2004 гг. количество машин уменьшилось более чем на 30 %. По объективным причинам парк широкозахватных дождевальных машин сократился минимум в 2,5 раза, которые были лишены квалифицированного ухода, металлические напорные трубопроводы ржавели и не выдерживали рабочих напоров, насосные станции выходили из строя и более половины из них по разным причинам уже ликвидировано [1]. В хозяйствах остались относительно недорогие, но устаревающие дождевальные агрегаты типа ДДА-100МА, ДДН-70 и ДДН-100.

Среди поливной техники все больший удельный вес занимает устаревшая техника, списание которой уменьшилось. Она служит в хозяйствах источником запасных частей. Работоспособность поливной техники поддерживается за счет разукрупнения наиболее изношенных и списанных машин. Все это сказывается на качестве ее работы. Таким образом, оросительные системы и оборудование на них находятся в неудовлетворительном состоянии, почти весь парк эксплуатируемой поливной техники отработал свой нормативный срок службы и требует замены [2].

Из-за неадекватных цен на сельскохозяйственную продукцию и отсутствия необходимых средств сельхозпроизводитель не в состоянии приобрести дорогостоящую поливную технику. Негативную роль в отказе от приобретения поливной техники сыграло повышение стоимости энергоносителей: электроэнергии, дизельного топлива; подорожания ремонтных материалов и запасных частей, а новые дождевальные машины практически никто не приобретает из-за их высоких цен. Меры по восстановлению и обновлению парка поливной техники, предпринимаемые правительством, из-за трудностей организационного и финансового порядка не получили должной реализации. В связи с этим в последние годы в стране наблюдается сворачивание работ по совершенствованию и созданию новой поливной техники, производственные мощности заводов-изготовителей дождевальной техники простаивают.

Проводимые в России экономические реформы не способствовали развитию частного сектора сельского хозяйства. Произошло разукрупнение сельскохозяйственных предприятий с площадями земель в несколько тысяч гектаров до уровня фермерских хозяйств, которые не в состоянии содержать, и тем более приобретать дорогостоящую поливную технику. Все это говорит о том, что перспективные направления развития дождевальной техники будут зависеть от того, каким путем пойдет дальнейшее развитие агропромышленного комплекса России.

В прошлом, в период интенсивного развития орошения в 60-70-е годы было принято решение о создании металло-, материало- и энергоемкой дождевальной техники с применением цветных металлов. Так, используемые в настоящее время дождевальные машины «Фрегат», «Днепр», «Кубань» являются наиболее металлоемкими, превышая по этому показателю такие дождевальные машины, как ДДА-100МА, ДДН-70, ДДН-100. Причем значительная часть металлоемкости этих машин, за исключением ДМ «Кубань», приходится на закрытые трубопроводы. То же самое происходит и при их экономической оценке. Из общей стоимости оборудования, для ДМ «Фрегат» около 70 % его стоимости приходится на закрытый трубопровод без стоимости по его прокладке.

Наиболее энергоемкими являются ДМ «Фрегат», «Кубань», «Днепр» и ДДН-70. В ДМ «Фрегат» и «Кубань» значительная часть энергии используется для транспортирования транзитной воды по орошаемому полю. Конструкция ДМ «Днепр» предусматривает для организации полива две энергоустановки: насосную станцию для подачи воды и формирования дождевого облака, и трактор с генератором для перемещения машины по орошаемому полю.

В силу сложившихся к настоящему времени экономических, организационно-правовых и других условий (возросла стоимость трубопроводов, насосных станций, энергоносителей, передача орошаемых массивов в частное землепользование и, как следствие, дробление оросительных систем на поливные участки небольшой, 100-500 га, площади и др.), перспективным, как показали исследования и конструкторские проработки ФГНУ «РосНИИПМ», представляется применение быстросборного оросительного оборудования, позволяющего сократить срок исследований и изысканий, проектирования и утверждения проектно-сметной документации, что делает проще и дешевле реконструкцию и строительство оросительных систем. Все это оборудование можно в межполивной период вывозить с

орошаемого поля, что обеспечит его сохранность и позволит провести качественный ремонт. Анализ технико-экономических показателей разработанной ДКДФ-1 показывает наименьшую, в сравнении с известными типами дождевальных машин («Фрегат», «Днепр», «Кубань», «Волжанка», ДДН-70, ДДА-100МА), материалоемкость на 1 га, стоимость оборудования, энергозатраты. С учетом вышеизложенного, данная машина становится доступной землепользователям частных форм собственности (фермерам, небольшим предприятиям коллективной форм собственности и др.) [3,4]. Это позволит расширить возможности использования комбинированных форм финансирования (кредитов, лизинга, привлечения частного капитала и др.).

В настоящее время наиболее возможные направления развития дождевальной техники видятся: в разработке новых конструкций и совершенствовании существующих дождевальных машин, с применением современных материалов; при этом необходимо уменьшение металло-, материало- и энергоемкости; дождевальные машины должны быть быстросборными и разборными для их хранения в закрытых помещениях в межполивной период.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кокурин И.К., Высочкина Л.И., Малюченко Б.В. Как продлить срок службы дождевальных систем орошения// Мелиорация и водное хозяйство. – 2000. – № 5. – С. 28-30.
2. Техническое обеспечение орошаемого земледелия в АПК: Сб. науч. докл. Междунар. науч.-практ. конф. - Коломна, ФГНУ ВНИИ «Радуга», 2005. – С. 35-41.
3. Щедрин В.Н., Колганов А.В., Снопич Ю.Ф. Дождевальная техника для открытой оросительной сети: проблемы и перспективы // Мелиорация и водное хозяйство. – 2002. – № 5. – С. 25-26.

4. Щедрин В.Н., Колганов А.В., Снопич Ю.Ф. Перспективные направления развития дождевальной техники // Мелиорация и водное хозяйство. – 2003. – № 5. – С. 20-24.

УДК 631.6:628.16

СПОСОБЫ ОЧИСТКИ ОРОСИТЕЛЬНОЙ ВОДЫ ОТ ГИДРОТРОФНЫХ РАСТЕНИЙ НА ВОДОЗАБОРАХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ И В ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛАХ

В.И. Брежнев
ФГНУ «РосНИИПМ»

Одной из важнейших задач эксплуатации ирригационных систем является совершенствование имеющихся и разработка новых механизированных способов борьбы с сорной растительностью, а также очистка оросительной воды от остатков гидротрофных растений на водозаборах насосных станций и в оросительных каналах.

Разработанная ФГНУ «РосНИИПМ» механизированная технология борьбы с сорной растительностью на открытых мелиоративных каналах гербицидом «Раундап» позволяет содержать их свободными от гидротрофных растений в течение 4-5 лет.

Однако остается нерешенной проблема очистки самой оросительной воды от остатков гидротрофных растений и другого плавающего мусора. Засорение водозаборов плавающими остатками гидротрофных растений при использовании дождевальной техники ведет к нарушению технологического процесса подачи воды для целей орошения сельскохозяйственных культур. Это все ведет к ухудшению параметров технологической и технической характеристик дождевальной техники и производительности насосных станций. Производительность поливной техники снижается на 10-18 %, стоимость ремонта и эксплуатационные расходы возрастают на 15-

20 %.

Исследования, проведенные в разные годы ФГНУ «РосНИИПМ» (ЮжНИИГиМ), при отработке технологии полива дождевальными машинами, поливной техникой с использованием подкачивающих насосных станций показали, что из-за засорения сетки водозаборного устройства машина, в среднем, за дневную смену в июле, августе и сентябре останавливается 1,9 раза. Средняя длительность простоя, связанная с ожиданием переезда оператора к остановившейся машине, переносом, очисткой сетки и пуском машины, составляет 0,9 часа. В ночное время простои дождевальной техники увеличиваются. Поэтому переезд к остановившейся машине, очистку водозаборного устройства, пуск вышедшего из строя агрегата обычно проводят в дневное время.

Затраты, связанные с этим, окупают за один сезон любую высокую стоимость установки очистки воды, которая бы обеспечивала бесперебойную работу дождевальной машины в течение смены.

Кроме того, при систематических наблюдениях за работой дождевальных машин неоднократно отмечалось, что машины работают при давлениях воды ниже номинальных из-за засорения сетки водозаборного устройства (2,2-2,0 кг/см² вместо 3,5-4,0 кг/см²), что ведет к большим недополивам из-за уменьшения расхода воды примерно на 30 % [1]. Это при орошении дождеванием с параметрами ниже номинальных приводит к низкому качеству дождя, неравномерности полива и др., что обуславливает снижение урожайности сельскохозяйственных культур. В связи с этим, очистка оросительной воды от посторонних механических примесей и гидротрофных сорных растений при использовании всех типов дождевальных машин и подкачивающих насосных станций является актуальной проблемой при совершенствовании технологии поливов.

Известными и наиболее широко применяемыми способами очистки оросительной воды от остатков гидротрофных растений являются приспособ-

собления с использованием сеток. Принцип действия их состоит в том, что на пути водяного потока устанавливается последовательно одна за другой несколько сеток, размеры ячеек которых постепенно уменьшаются. По мере засорения соответствующие сетки вынимаются и очищаются. Такой кассетный способ очистки воды имеет определенные эксплуатационные трудности, связанные с подъемом, очисткой и заменой сеток [2].

Поэтому в настоящее время при проведении научных исследований основной акцент делается на поиск новых перспективных методов очистки воды для орошения, более компактных, дешевых и простых в эксплуатации по сравнению с традиционными способами.

Анализ существующих способов очистки воды для целей орошения от посторонних механических примесей и гидротрофных сорных растений показывает, что особое внимание заслуживают разработанные ранее в ФГНУ «РосНИИПМ» (ЮжНИИГиМ) три варианта конструкции очищающих устройств. Для условий подкачивающих насосных станций предусматривается устройство плавающей отбойной бона или сифонной водозаборной установки с плавающей вибрирующей водоприемной головкой. Для широкозахватной дождевальнoй техники, работающей от открытой оросительной сети, рекомендуется водозаборное устройство с постоянной очисткой фильтрующей сетки и выносом мусора, задержанного на сетке за пределы канала.

Плавающая отбойная бона предназначена для очистки воды от плавающих примесей гидротрофных сорных растений, содержащихся в проточной воде оросительных каналов или других водоисточников, которая поступает в водозаборный канал стационарных и передвижных насосных станций.

Бона представляет собой Г-образную герметически закрытую плавающую трубу 1 (рисунок 1), расположенную под острым углом к направлению потока в основном канале. Длина рабочей (большей) части трубы

выбирается такой, чтобы обеспечить полное перекрытие ширины водозаборного канала при минимальном угле α , гарантирующем устойчивое скольжение всех примесей 7 вдоль образующей трубы под действием силы P_2 .

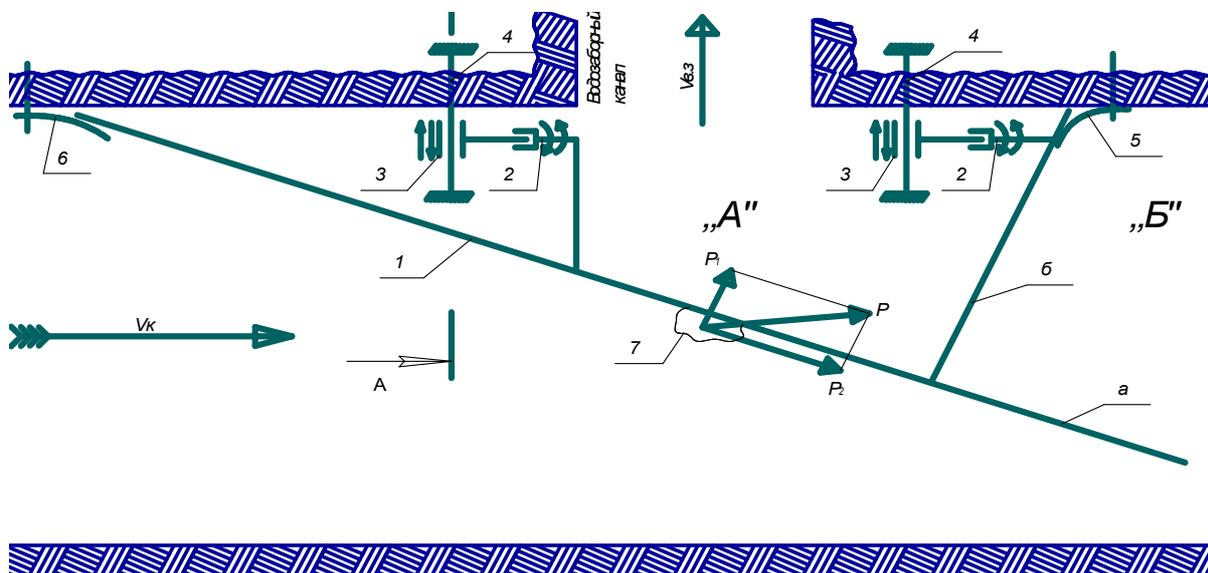


Рис. 1. Кинематическая схема плавающей отбойной боны

Для предотвращения попадания посторонних примесей в зону «А» водозаборного канала через участки подвижного контакта торцов трубы 1 с опорными откосами канала, установлены защитные щитки 5 и 6 . Чтобы уменьшить вероятность скопления плавающих примесей за торцевой частью боны (в зоне «Б»), труба 1 имеет хвостовик d , который отделяет все примеси, попавшие в зону действия боны.

Устойчивое подвижное соединение боны с берегом канала осуществляется при помощи двух направляющих кронштейнов 4 , которые располагаются параллельно откосу канала и перпендикулярно потоку воды, жестко крепятся к берегу штырем 9 (рисунок 2).

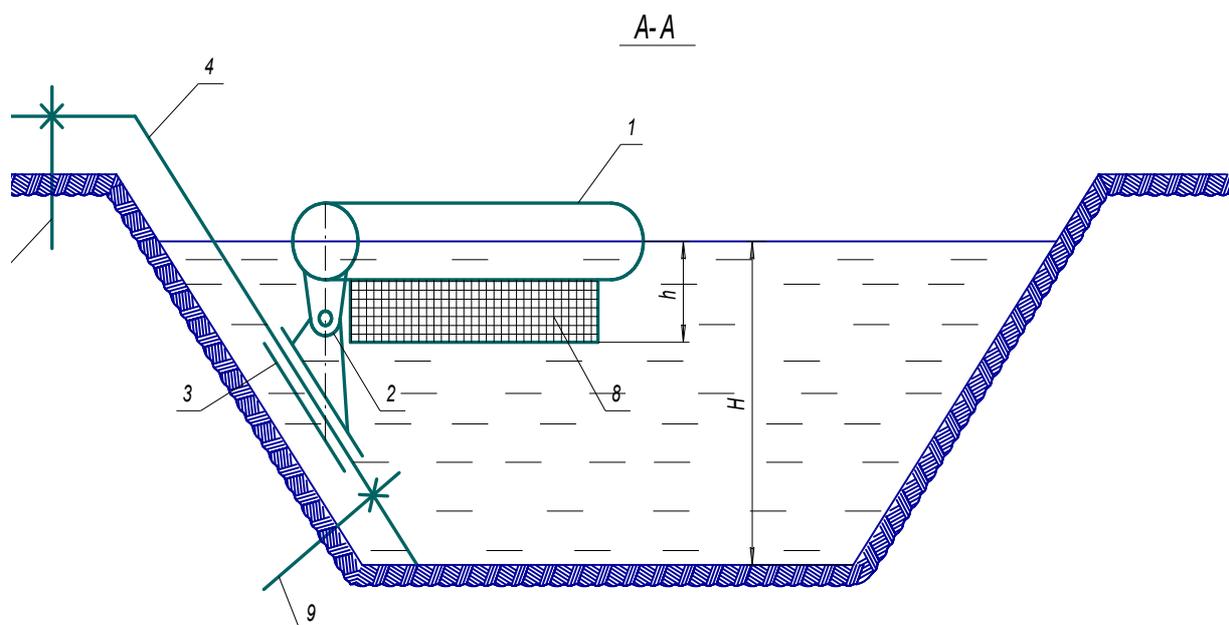


Рис. 2 Устройство шарнирного соединения основной трубы боны

Подвижность боны относительно направляющих 4 обеспечивается шарнирными втулками (ползунками) 3, которые позволяют ей совершать возвратно-поступательные движения вверх-вниз под действием выталкивающей силы воды или силы тяжести при колебаниях горизонта h воды в канале. Дополнительно шарниры 2, соединяющие трубу 1 с ползунками 3, исключают возможность заклинивания ползунков при их движении по направляющим 4 во время резкого поднятия уровня воды в канале и возможного появления защемляющего момента от выталкивающей силы. Этот же шарнир обеспечивает горизонтальность расположения плоскости всей бонны на поверхности воды.

Для того чтобы исключить попадание в зону очищенной воды «А» посторонних примесей, находящихся в оросительной воде основного канала во взвешенном состоянии и располагающихся ниже глубины погружения бонны, к нижней части трубы 1 прикреплен козырек-отбойник 8. Ширина этого козырька принимается такой, чтобы величина h даже при минимальном горизонте воды в канале не препятствовала опусканию бо-

ны.

Сифонный плавающий вибрационный водозабор имеет многоцелевое назначение. Прежде всего, он обеспечивает постоянный отбор воды только из верхних слоев проточных водоисточников при возможных больших колебаниях ее горизонта. При этом водозабор производит очистку воды от плавающих на поверхности и находящихся во взвешенном состоянии примесей. Кроме того, позволяет частично очищать воду от мелких минеральных примесей.

Особенности конструкции сифонного вибрационного водозабора, основная кинематическая схема которого представлена на рисунке 3, состоит в следующем. Две водоприемные трубы 2 помещены в двух цилиндрических стаканах, установленных в окна плавающей лодки-поплавка, расположенной в водоприемнике. Для удержания лодки в канале от сноса ее течением служит причальное приспособление, состоящее из жесткого распорного бруса и гибкой растяжки, шарнирно закрепленной на берегу.

Трубы 2 шарнирно соединены с переходной коллекторной трубой 3, которая, в свою очередь, шарнирно соединяется с неподвижной стационарной частью, состоящей из двух труб и водоприемного резервуара.

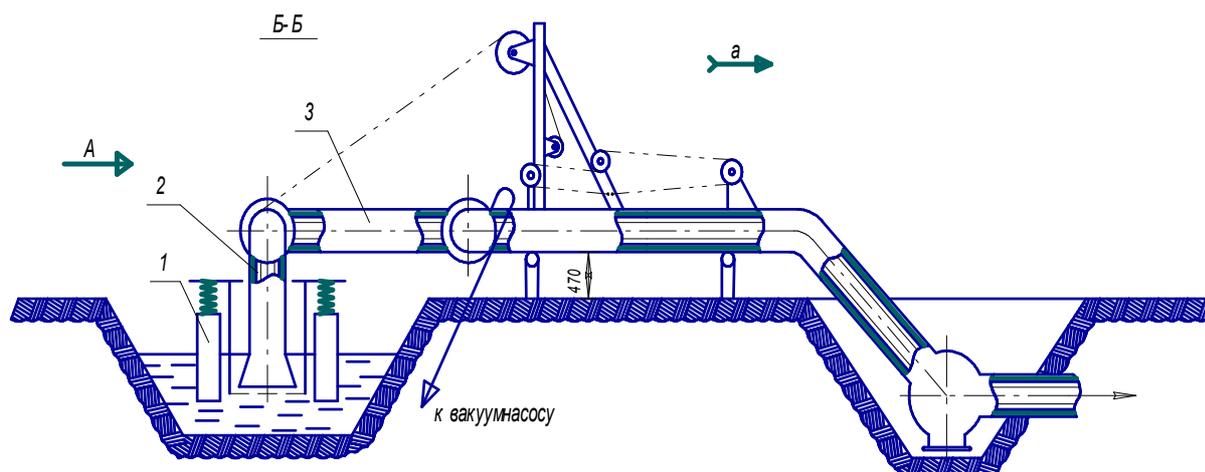


Рис. 3 Кинематическая схема устройства сифонного плавающего вибрационного водозабора СПВВ-2-400

Придание системе рама-стаканы-сетки колебаний определенной частоты и амплитуды способствует не только отталкиванию крупных примесей (например, органических остатков), но даже и мелких минеральных взвесей, размеры которых меньше размеров ячеек сетки. Это и является одним из факторов эффективности применения вибратора. При этом отделение примесей происходит более интенсивно еще и потому, что размеры водоприемной части трубы 2 обеспечивают скорость поступления воды порядка 3-5 см/с, в то время как скорости потока воды в 20-30 раз больше.

Пуск установки в работу производится отсосом воздуха из внутренней полости сифона при помощи вакуум-насоса, который подключается в наивысшей части точке сифона. По мере заполнения всех труб сифонной установки водой (особенно ее всасывающих подвижных труб 2 и 3) происходит дополнительное погружение лодки-поплавка в воду до расчетной отметки.

После того, как весь сифонный водозабор заполнен водой, можно включать в работу основной насос, соединенный с резервуаром, и производить непрерывный отбор воды из канала.

Водозаборная установка самоочищающаяся (ВЗУ-С) с постоянной очисткой фильтрующей сетки и выносом мусора, задержанного на сетке за пределами канала, специализирована для применения на подводящих открытых каналах к широкозахватной дождевальная и поливной технике. Схема устройства показана на рисунке 4.

Основу устройства составляет всасывающий трубопровод с фланцем одинакового диаметра со штатным водозаборным устройством, чтобы удобно было заменить штатное устройство на разработанное ВЗУ-С.

На всасывающий трубопровод надевается барабан с отверстиями, площадь которых в 2000 раз больше площади сечения всасывающего трубопровода. Барабан может вращаться вокруг всасывающего трубопровода на подшипниках скольжения; фильтрующая сетка, облегающая барабан в

верхней части, развернута в ленту транспортера, которая натягивается на свою раму. Рама сделана разъемной, с механизмом натяжения полотна сетки. Изменяя положение кронштейнов, можно изменить угол наклона транспортера. Для привода ведущего вала транспортера применяется электродвигатель, а также двухступенчатый цилиндро-червячный редуктор.

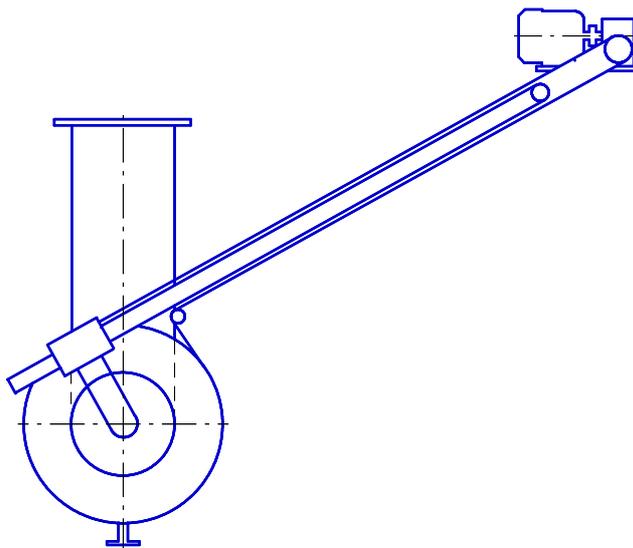


Рис. 4. Водозаборная установка самоочищающаяся (ВЗУ-С)

Угол наклона рамы транспортера, в зависимости от угла заложения откосов канала, можно изменить, изменяя положение кронштейнов (применяется три типоразмера каналов-оросителей с заложением откосов 1,5; 1,25; 1,0 с шириной канала вверху 3900, 3350, 2900 мм).

При работе дождевальной машины вода фильтруется через сетку и направляется через заборную трубу к водяному насосу. Сетка вместе с задержанным на ней плавающим мусором поворачивается вместе с барабаном и перемещается к верхнему концу рамы (к ведущему валу), который выставлен за пределы канала. На ведущем валу верхняя ветвь транспортера изменяет направление движения и, переместившись вниз, становится нижней ветвью транспортера и не может нести на себе мусор, который благодаря силе тяжести падает с транспортера за пределами канала.

Для улучшения процесса отделения мусора от сетчатого полотна транспортера в верхней части рамы за ведущим валом установлена труба с насадкой для смыва мусора с нижней ветви транспортера.

Результаты проведенных испытаний опытных образцов вышеперечисленных устройств показали правильность выбранных конструктивных решений по механизации процесса очистки оросительной воды от остатков гидротрофных растений и других примесей.

Однако многие стороны рассматриваемого технологического процесса еще не совсем ясны и требуют более подробных исследований. В дальнейшем изучении нуждаются такие особенности работы вибрационного водозабора, как определение оптимального режима вибрации; установление необходимости применения двух индивидуальных вибраторов для каждой водоочистной сетки; выявление наиболее эффективного направления действия вибрации (вертикальное, горизонтальное или наклонное). Для плавающей отбойной бобы необходимо определить предельные допустимые горизонтальные усилия от задержанных примесей. Так же нуждаются в доработке некоторые узлы водозаборной установки самоочищающейся (ВЗУ-С). Узел гидроочистки сетчатого полотна необходимо оснастить специальными насадками, которые обеспечивали бы не тонкую круглую струю, а разбрызгивали воду веером, или необходимо их скомбинировать.

ЛИТЕРАТУРА

1. Разработать и внедрить высокоэффективную систему очистки оросительной воды для дождевальных машин, на примере ДМ «Кубань»: Отчет за 1992. /Э.В.Гришков. – Новочеркасск, 1992.

2. Разработать способы и технические средства очистки оросительной воды для широкозахватной машины «Фрегат» : Закл. отчет за 1973-1975 гг. /Шифр 0.52.131-л/III-5-8/. Инв. № Б 622299. – Новочеркасск, 1975.

ОПТИМИЗАЦИЯ ИНТЕРВАЛА ПРОВЕДЕНИЯ РЕМОНТНЫХ И ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА КАНАЛАХ БАГАЕВСКО-САДКОВСКОЙ ОС

С.М. Васильев
ФГНУ «РосНИИПМ»

В рамках проведенных в 2002-2004 гг. исследований, решались задачи повышения надежности функционирования оросительных систем за счет оптимизации интервала проведения ремонтных и восстановительных работ на каналах с противофильтрационной облицовкой. В результате требовалось получить интервалы проведения работ, которые бы исключили отказы работоспособности облицованных каналов открытых оросительных систем не только в обеспечении нормальной эксплуатации, но и в поддержании экологической надежности работы сети.

Для решения поставленной многофакторной оптимизационной задачи использованы методы теории планирования эксперимента.

Особенностью данной задачи являлось то, что необходимо было оптимизировать интервалы проведения восстановительных работ с целью минимизации проницаемости бетонных конструкций при условии обеспечения требуемых прочностных показателей. Так как оптимизировать две одновременно независимые функции по одним и тем же факторам – процедура довольно трудоемкая, к тому же вероятность совпадения оптимумов ничтожно мала, задача сводилась к поиску компромиссных решений.

В качестве отклика изучаемой стохастической системы были приняты: характеристика фильтрации воздуха по принятой в работе [1] методике оценки водонепроницаемости бетонных элементов и величине прочности $R_{сж}$.

Для выявления наиболее значимых факторов, оказывающих наибольшее влияние на рассмотренные функции отклика, на начальном этапе

были приняты следующие: время эксплуатации (x_1); протяженность облицовки (x_2); количество элементов (x_3); расход воды (x_4); орошаемая площадь (x_5); температура воды (x_6).

Принятые на основе априорной информации интервалы варьирования приведены в таблице 1.

Таблица 1

Условия кодирования и варьирования факторов

| Уровни факторов | Факторы | | | | | |
|------------------------------------|-------------|------------|-------------|---------------------------|------------|--------------------------|
| | X_1 , лет | X_2 , км | X_3 , шт. | X_4 , м ³ /с | X_5 , га | X_6 , t ⁰ C |
| Основной уровень x_{0i} | 10 | 0,8 | 220 | 30 | 0,5 | 20 |
| Интервал варьирования Δx_1 | 5 | 0,2 | 20 | 15 | 0,2 | 5 |
| Верхний уровень (+) | 15 | 1,0 | 240 | 45 | 0,7 | 25 |
| Нижний уровень (-) | 5 | 0,6 | 200 | 15 | 0,3 | 15 |

Для выявления из рассмотренных шести технологических факторов, которые более всего влияют на изменчивость прочности и проницаемости бетонных облицовок, были поставлены отсеивающие опыты по плану эксперимента типа ДФЭ 2^{6-3} . Это позволило по результатам всего восьми опытов оценить величину линейных эффектов каждого из шести включенных в план эксперимента факторов.

Матрица планирования ДФЭ 2^{6-3} и результаты проведенных исследований представлены в таблице 2.

Таблица 2

Матрица планирования эксперимента ДФЭ₂⁶⁻³

| Номер пробы | План в кодированных переменных | | | | | | Отклики | |
|-------------|--------------------------------|------------|-------------|---------------------------|------------|--------------------------|----------------|---------------|
| | X_1 , лет | X_2 , км | X_3 , шт. | X_4 , м ³ /с | X_5 , га | X_6 , t ⁰ C | t , с, Y_1 | R сжс Y_2 |
| 1 | + | - | + | - | - | + | 33 | 20,9 |
| 2 | + | - | - | + | + | - | 62 | 21,7 |
| 3 | - | + | + | - | + | - | 53 | 23,4 |
| 4 | - | + | - | + | - | + | 54 | 18,2 |
| 5 | + | + | + | + | - | - | 78 | 24,3 |
| 6 | + | + | - | - | + | + | 83 | 27,9 |
| 7 | - | - | + | + | + | + | 31 | 11,6 |
| 8 | - | - | - | - | - | - | 29 | 19,0 |

В результате математической обработки экспериментальных данных получены математические линейные модели вида:

$$t = 51 + 9x_1 + 12x_2 - 2x_3 + 7x_4 + 3x_5 - 3,9x_6, \quad (1)$$

$$R_{сж} = 20,1 + 3,1x_1 + 2,3x_2 - 0,7x_3 - 1,4x_4 + 0,6x_5 - 1x_6. \quad (2)$$

С учетом абсолютных величин коэффициентов моделей (1) и (2) построили ранжированные кривые влияния исследуемых факторов на проницаемость и прочность плит облицовки (рисунки 1 и 2).

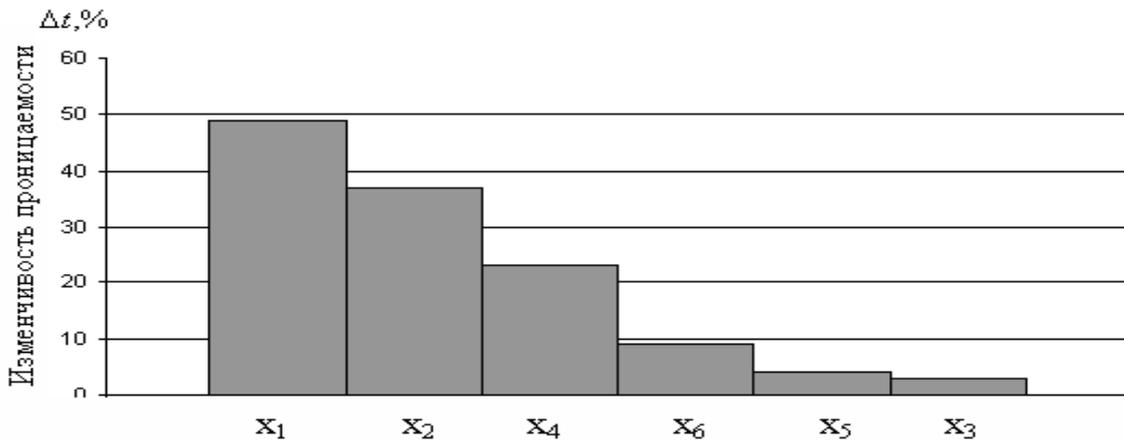


Рис. 1. Ранжирование факторов, влияющих на проницаемость плит облицовки

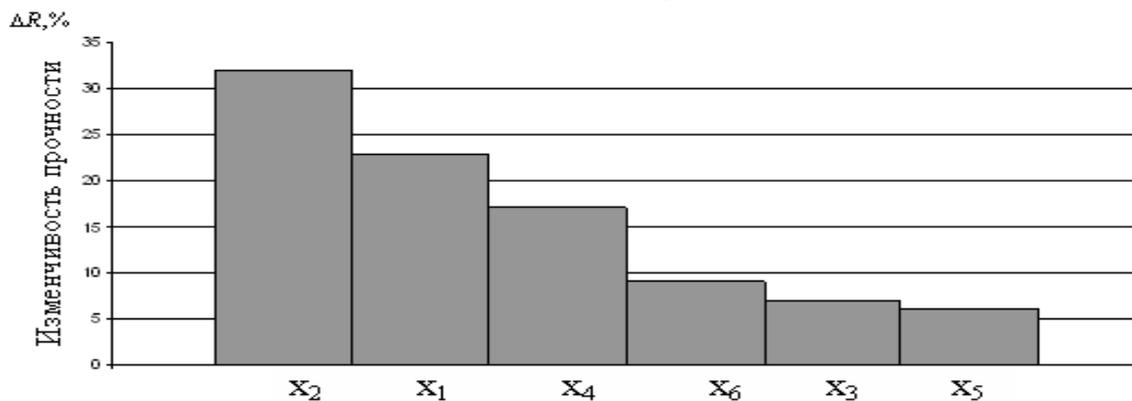


Рис. 2. Ранжирование факторов, влияющих на прочность плит облицовки

Анализ ранжированных кривых показал, что наибольшее влияние на проницаемость и прочность плит оказывают: время эксплуатации (x_1); протяженность облицовки (x_2); расход воды в канале (x_4). Влиянием остальных факторов можно пренебречь, так как они по своей относительной величине не превышают 10%, что соизмеримо с точностью эксперимента.

Если на проницаемость железобетонных плит облицовки наибольшее влияние оказывает продолжительность эксплуатации x_1 , то на снижение показателей прочности облицовки канала влияет его протяженность.

Последующая проверка адекватности моделей 1 и 2 показала, что обе эти модели совсем приблизительно описывают рассматриваемые зависимости, потому что в этих случаях не выполняется условие адекватности по критерию Фишера не только на 5 %-ном, но и на 10 %-ном уровнях значимости. Следовательно, полученные модели не могут использоваться для оптимизации поставленной задачи. Тем не менее, произведенное с помощью этих моделей ранжирование факторов позволило выбрать для дальнейших исследований три наиболее существенных.

На следующем этапе был использован план Бокса-Бенкина, достоинством которого является минимальное число опытов, а также тот факт, что опыты по плану ВВ₃ можно проводить тремя блоками по пять точек. В каждом блоке один из трех факторов был зафиксирован на основном уровне, а варьировались два оставшихся.

Матрица планирования и результаты реализации плана ВВ₃ представлены в таблице 3.

Таблица 3

Планирование и результаты эксперимента

| Номер опыта | План ВВ ₃ | | | Натуральные значения факторов | | | Отклик | |
|-------------|----------------------|----------------|----------------|-------------------------------|----------------|----------------|--------|------|
| | x ₁ | x ₂ | x ₃ | x ₁ | x ₂ | x ₄ | Y1 | Y2 |
| 1 | + | + | 0 | 15 | 1,0 | 0,5 | 64 | 22,4 |
| 2 | - | + | 0 | 5 | 1,0 | 0,5 | 15 | 20,1 |
| 3 | + | - | 0 | 15 | 0,6 | 0,5 | 18 | 19,2 |
| 4 | - | - | 0 | 5 | 0,6 | 0,5 | 24 | 12,7 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0,8 | 0,5 | 170 | 24,3 |
| 6 | - | 0 | - | 5 | 0,8 | 0,3 | 13 | 22,5 |
| 7 | + | 0 | - | 15 | 0,8 | 0,3 | 48 | 26,1 |
| 8 | - | 0 | + | 5 | 0,8 | 0,7 | 10 | 24,8 |
| 9 | + | 0 | + | 15 | 0,8 | 0,7 | 34 | 27,3 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0,8 | 0,5 | 169 | 29,4 |
| 11 | 0 | + | - | 10 | 1,0 | 0,3 | 181 | 28,2 |
| 12 | 0 | + | + | 10 | 1,0 | 0,7 | 172 | 27,1 |
| 13 | 0 | - | + | 10 | 0,6 | 0,7 | 156 | 22,0 |
| 14 | 0 | - | - | 10 | 0,6 | 0,3 | 143 | 19,5 |
| 15 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0,8 | 0,5 | 173 | 28,7 |

Математическая обработка дала возможность получить полиномиальные модели второго порядка, адекватно на 5 %-м уровне значимости с доверительной вероятностью $P=0,95$ описывающие зависимости проницаемости и прочности от технических и технологических факторов:

$$Y_1 = 158,1 + 14,9x_1 - 67x_2 - 4,2x_4 - 138,3x_1^2 + 74,3x_2^2 - 5,1x_4^2 + 11,7x_1x_2 - 3,1x_1x_4 + 4,2x_2x_4, \quad (3)$$

$$Y_2 = 27,3 + 2,4x_1 + 3,4x_2 + 0,9x_4 - 4,1x_1^2 - 4,5x_2^2 - 0,3x_4^2 - 2,7x_1x_2 + 0,2x_1x_4 - 0,6x_2x_4. \quad (4)$$

Анализ значений коэффициентов моделей (3) и (4) свидетельствует об относительно незначительном влиянии фактора x_4 в исследуемом интервале его варьирования, поэтому этот фактор стабилизировали на его нулевом уровне. Такой подход позволил перейти от трехфакторных к двухфакторным моделям вида:

$$Y_1 = 158,1 + 14,9x_1 - 67x_2 - 138,3x_1^2 + 74,3x_2^2 + 11,7x_1x_2, \quad (5)$$

$$Y_2 = 27,3 + 2,4x_1 + 3,4x_2 + 0,9x_4 - 4,1x_1^2 - 4,5x_2^2 - 2,7x_1x_2. \quad (6)$$

Геометрические образы двухфакторных функций откликов (5) и (6), изолинии которых представляют собой проекции факторов x_1 и x_2 двумерных сечений гиперповерхностей Y_1 и Y_2 , описываемых моделями (5) и (6), показаны на рисунках 3 и 4.

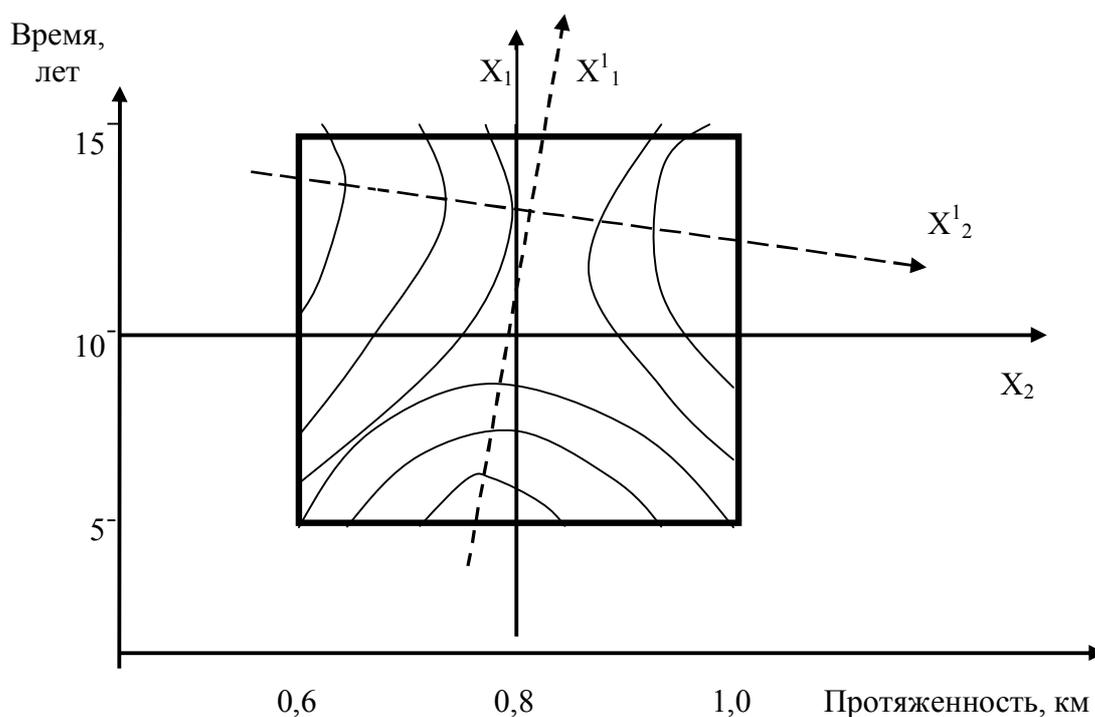


Рис. 3. Геометрический образ функции (5)

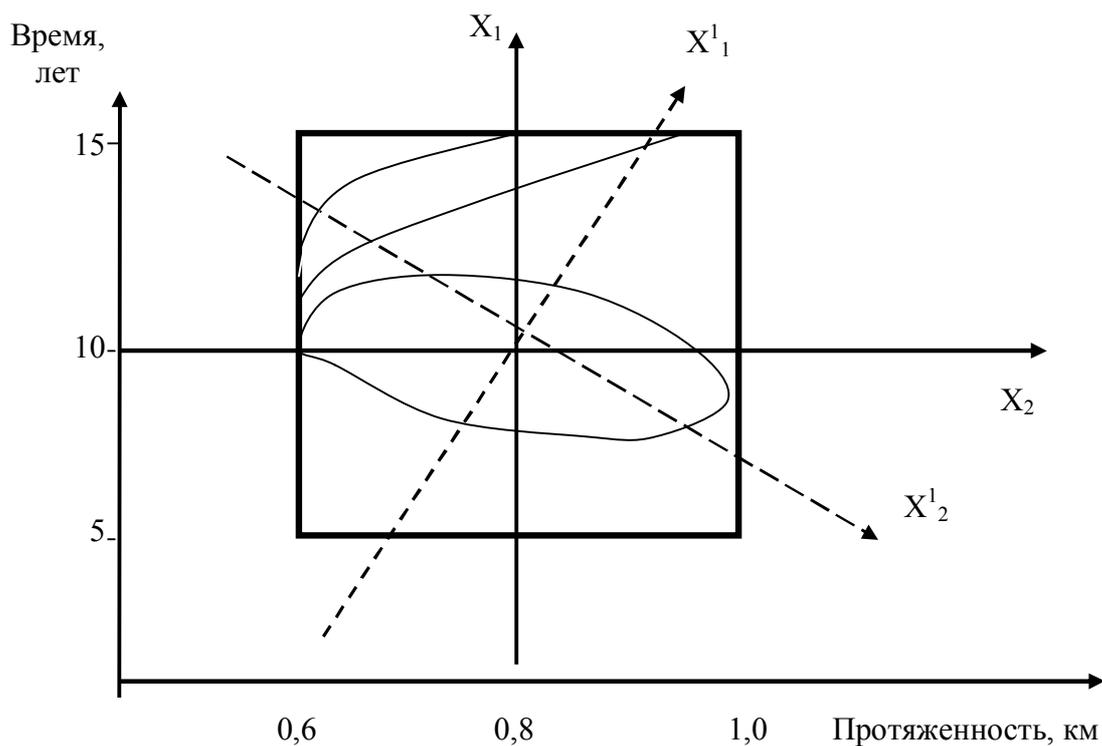


Рис. 4. Геометрический образ функции (б)

Для выявления критического сочетания исследуемых факторов, при котором формируется недопустимый для дальнейшей эксплуатации уровень надежности и низкие показатели водонепроницаемости бетона, провели совмещение геометрических образов двух функций откликов. Результат представлен на рисунке 5. Такой подход дал возможность наглядно представить области, показывающие время проведения предупредительных работ по восстановлению нарушенных элементов облицовки на конкретных участках оросительных систем.

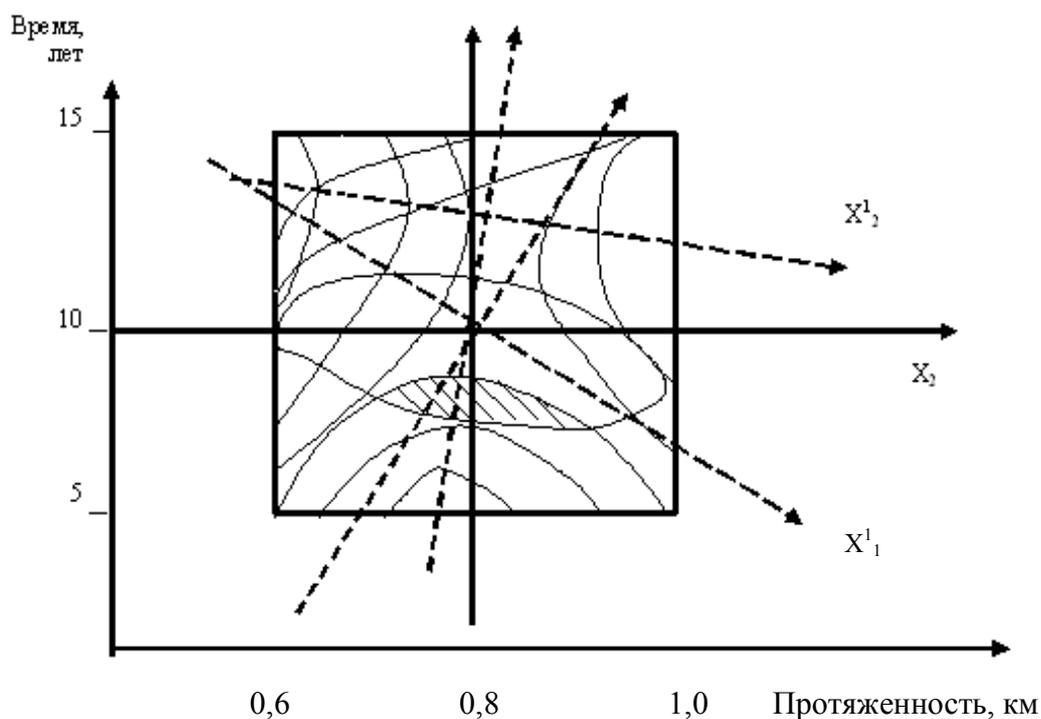


Рис. 5. Критическое сочетание факторов по двум функциям откликов для исследуемой оросительной системы (W и R)

В результате проведенных исследований установлено, что на участках оросительных каналов протяженностью 0,4-0,5 км, при расходе воды 0,5-0,7 м³/с и времени эксплуатации 6-8 лет (от пуска в эксплуатацию после последнего капитального ремонта), по предлагаемой технологии проведения обследований научно обосновывается время проведения предупредительных ремонтов (заштрихованная область рисунка 5), обеспечивающих экологическую надежность работы с вероятностью $P = 95 \%$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Налимов В.В. Теория эксперимента. – М.: Наука, 1976. – 390 с.

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

А.Л. Кожанов, А.С.Штанько
ФГНУ «РосНИИПМ»

В последнее десятилетие сложились условия, когда гидротехнические сооружения оросительных систем находятся в изношенном состоянии, с недостаточной эффективностью и низкой эксплуатационной надежностью. В период с 1994 по 2004 годы потребность в ремонте сооружений по основным экономическим районам увеличилась: в Нечерноземной зоне с 15 до 32 %; в Центрально-Черноземном р-не с 16 до 36 %; в Поволжском р-не с 22 до 38 %; в Северо-Кавказском р-не с 40 до 45 %; в Восточно-Сибирском р-не с 28 до 33 %. Таким образом, проблема оценки надежности элементов гидротехнических сооружений является актуальной в современной мелиорации.

Для рассмотрения данного вопроса необходимо дать некоторые определения. Оросительная система – это совокупность гидротехнических и других сооружений, обеспечивающих орошение земель. Надежность оросительной системы – это способность системы обеспечивать в конкретных условиях эксплуатации в течение заданного интервала времени (нормального срока службы) все заданные функции, то есть система должна работать в течение всего срока эксплуатации в границах установленных допусков [1]. Вопросами надежности оросительных систем занимались многие ученые: Ц.Е. Мирцхулава, В.Н. Щедрин, Ю.М. Косиченко, А.В. Колганов, В.И. Ольгаренко, Г.А. Сенчуков, И.И. Науменко и другие.

Оценка надежности оросительных систем состоит в определении следующих показателей надежности: вероятность безотказной работы в течение определенного времени и вероятность отказа, среднее время наработки до отказа, наработка на отказ, интенсивность отказов, частота отказов и др.

[1, 2]. Показатели надежности количественно характеризуют, в какой степени конкретному объекту присущи определенные свойства, обуславливающие его надежность. Они бывают размерные (например, наработка на отказ) и безразмерные (например, вероятность безотказной работы) [3].

Вероятность безотказной работы объекта $P(t)$ есть вероятность того, что в интервале времени $0 \leq t < t_1$ сохраняется его работоспособность. Тогда вероятность того, что в пределах заданной продолжительности работы отказа не произойдет, запишется так [1]:

$$P(t) = \text{Вер.}(t_1 > t).$$

Функция $P(t)$ является монотонно убывающей непрерывной функцией времени, когда $0 < P(t) < 1$, $P(0) = 1$ и $P(\infty) = 0$.

Согласно И.И. Науменко, вероятность безотказной работы [3]:

$$P(t) = P(T \geq t) = 1 - F(t),$$

где T – случайная наработка; $F(t)$ – функция распределения наработки до отказа.

Вероятность отказа [1]

$$Q(t) = 1 - P(t).$$

В отличие от $P(t)$, функция $Q(t)$ является монотонно возрастающей непрерывной функцией времени в диапазоне значений t от 0 до ∞ . При $t = 0$ $Q(0) = 0$, при $t = \infty$ $Q(\infty) = 1$.

Частота отказов – это отношение числа отказавших образцов в единицу времени к первоначальному количеству образцов при условии, что отказавшие образцы не восстанавливаются:

$$a(t) = f(t) = Q'(t) = -P'(t).$$

Наработкой на отказ t_{cp} называется среднее значение времени работы оборудования между соседними отказами при условии, что отказавшие образцы восстанавливаются [1, 2]:

$$t_{cp} = \sum_{i=1}^n t_i / n,$$

где n – число участков системы, отказавших за время t ;

t_i – время исправной работы элементов между $i-1$ и i -м отказами.

Средняя наработка до отказа – это математическое ожидание наработки объекта до первого отказа [3]:

$$T_c = \int_0^{\infty} t f(t) dt = \int_0^{\infty} t dF(t) = \int_0^{\infty} [1 - F(t)] dt,$$

где T_c – средняя наработка до отказа;

$F(t)$ – функция распределения наработки до отказа;

$f(t)$ – плотность распределения наработки до отказа.

Интенсивность отказов $\lambda(t)$ элемента есть условная вероятность его отказа в интервале времени $(t, t+\Delta t)$ при условии, что до момента времени t элемент работал безотказно [2, 3].

На практике для определения вероятности безотказной работы $P(t)$ или вероятности отказа $Q(t)$ по результатам статистических данных об отказах объектов при их эксплуатации используют метод непосредственного подсчета вероятностей [1, 2]:

$$P(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0};$$
$$Q(t) = \frac{n(t)}{N_0},$$

где N_0 – число однородных наблюдаемых элементов;

$n(t)$ – число элементов, отказавших за время работы.

Для определения $a(t)$ по результатам статистических данных об отказах объектов используют зависимость [1, 2]:

$$a(t) = \frac{n(\Delta t)}{N_0 \Delta t},$$

где $n(\Delta t)$ – число отказавших образцов в интервале времени Δt ;

Δt – величина временных интервалов, на которые разделен период, в течение которого ведется наблюдение за объектом.

Для определения $\lambda(t)$ по результатам статистических данных об отказах объектов используют зависимость [1, 2]:

$$\lambda(t) = \frac{n(\Delta t)}{N_{cp}(\Delta t)\Delta t},$$

где $N_{cp}(\Delta t)$ – среднее число исправно работающих образцов в интервале Δt ,

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)} = \frac{a(t)}{P(t)}.$$

Таким образом, вероятность безотказной работы и вероятность отказа являются функциями времени. Показатель времени для крупных гидротехнических сооружений составляет 30 и более лет, что затрудняет проведение наблюдений с целью оценки интенсивности отказов. Поэтому необходимо провести дифференциацию сооружений по длительности эксплуатации. Оценка сооружений с малым сроком эксплуатации проводить по предложенной методике. Сооружения с большим сроком эксплуатации будет целесообразно характеризовать по другим критериям, не являющимися функциями времени. Также необходимо отметить, что для объективной оценки надежности оросительной системы в целом необходимо проводить ее структуризацию, разбивая ее на отдельно исследуемые части.

ЛИТЕРАТУРА

1. Щедрин В.Н., Косиченко Ю.М., Колганов А.В. Эксплуатационная надежность оросительных систем. – Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ, 2004. – 388 с.
2. Мирцхулава Ц.Е. Надежность гидромелиоративных сооружений. - М.: Колос, 1974. – 280 с.
3. Науменко И.И., Подласов А.В., Сидоренко А.М. Повышение надежности оросительных систем. – Киев: Урожай, 1989. – 96 с.

**К ВОПРОСАМ НОРМАТИВНО-МЕТОДИЧЕСКОГО
И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНТРОЛЯ
СОСТОЯНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ
ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ.**

Г.А. Сенчуков, А.Л. Кожанов
ФГНУ «РосНИИПМ»

Современные оросительные системы – это крупные производственные организации, создающие условия для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур. Однако их современное техническое состояние и организация эксплуатации имеют серьезные недостатки. Техническая оснащенность и техническое состояние оросительных систем не соответствует требованиям современного сельскохозяйственного производства и, зачастую, требованиям безопасности эксплуатации.

Для объективной оценки состояния гидротехнических сооружений оросительных систем необходимо нормативно-методическое обеспечение, которое бы регламентировало порядок, состав и периодичность проведения работ, а также определяло бы необходимое контрольно-измерительное оборудование.

Подавляющее большинство имеющихся нормативно-методических документов ориентировано на контроль показателей технического состояния и уровня безопасности эксплуатации сооружений 1-2го класса капитальности. В настоящее время в России не разработана единая методическая база в области контроля и учета показателей технического состояния элементов оросительных систем, которая бы четко регламентировала порядок и состав мероприятий по проведению наблюдений на гидротехнических сооружениях оросительных систем. Нет единой комплексной системы показателей оценки технического состояния оросительных систем, которая бы позволяла обосновывать необходимость и первоочередные направления их реконструкции.

На основании проводившихся в 2005 году исследований, специалистами ФГНУ «РосНИИПМ» было установлено, что рынок предлагает огромный выбор современных средств контроля технического состояния железобетонных сооружений, арматуры, закрытых трубопроводов и т. д. Это оборудование могло бы с успехом применяться эксплуатационными службами оросительных систем. В данный момент нами накоплена большая информационная база по данному оборудованию.

Хотелось бы подробнее остановиться на принципиальных требованиях к подбору оборудования для целей контроля технического состояния гидротехнических сооружений оросительных систем.

Выбор технических средств контроля состояния технологических объектов мелиоративных систем должен производиться на основе ряда факторов, которые можно обобщить и выразить в виде следующих критериев:

- технологической целесообразности;
- экономической эффективности;
- технического совершенства;
- эксплуатационной совместимости и надежности работы.

Технологическая целесообразность применения тех или иных видов (типов) средств измерения и контроля – наиболее сложный для определения показатель. По-существу, это сводный перечень требований и рекомендаций, определяющих подходы к решению основной технологической задачи информационного обеспечения контроля технического состояния мелиоративных систем.

Экономическая эффективность определяется сопоставлением потенциальных экономических эффектов и ожидаемых единовременных затрат.

Критерий «техническое совершенство комплекса технических средств» включает много факторов. Основные из них:

- соответствие параметров точности и быстродействия теоретически

достижимым значениям соответствующих характеристик в реальных условиях эксплуатации;

- показатели надежности функционирования элементов комплекса технических средств всей информационной системы в целом;

- технические характеристики средств измерения и передачи информации;

- эргономические требования, в частности, по способам и форме передачи информации;

- соответствие идеологической, элементной и конструктивной базы приборов современному уровню развития науки и техники, с учетом перспектив совершенствования.

Характеристики комплекса технических средств измерения и контроля должны определяться на этапе формирования исходных технических требований. При этом необходимо учитывать цели информационного обеспечения, особенности технологических процессов в мелиоративных системах, совместимость средств измерения информационного назначения с соответствующими технологическими средствами контроля.

Эксплуатационная совместимость заключается в обеспечении работоспособности средств измерений при совместном использовании с комплексом технических средств управления и регулирования в определенных производственных условиях, а также удобств обслуживания, ремонта и настройки.

Специфика измерений предъявляет следующие требования к приборам для получения данных о техническом состоянии гидротехнических сооружений мелиоративных систем:

- прибор должен быстро регистрировать показатели определяемого компонента из-за изменений параметров окружающей среды, влияющих на характеристики объекта;

- чувствительность приборов должна позволять работать с пробами

малого объема;

- использовать такие приборы, при работе с которыми подготовка пробы к проведению обследований сведена к минимуму;

- прибор должен быть достаточно прочен, чтобы выдерживать физические нагрузки, возможные в полевых условиях;

- прибор должен иметь внутреннюю калибровочную систему, соответствующую полевым эталонам калибровки.

В заключение необходимо отметить, что сейчас эксплуатационные организации оросительных систем не имеют возможности применять в своей работе современные средства контроля технического состояния гидротехнических сооружений из-за недостаточного государственного финансирования эксплуатационных служб. Таким образом, мы лишены возможности объективно оценивать техническое состояние и уровень безопасности гидротехнических сооружений.

Вместе с тем, разработка и внедрение новых методов и современных средств контроля состояния гидротехнических сооружений позволит отслеживать динамику изменения технического уровня элементов оросительных систем, что сделает возможным осуществление прогноза и повысит уровень безопасности их эксплуатации. Проведение систематического надзора и контроля позволит оптимизировать технологические процессы эксплуатации и управления оросительными системами, снизить общий уровень затрат и создать совершенные мелиоративные комплексы.

ЗАКРЫТЫЙ ДРЕНАЖ НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ И ФАКТОРЫ, СНИЖАЮЩИЕ ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТЬ

А.С. Капустян, Л.В. Юченко
ФГНУ «РосНИИПМ»

Основным назначением дренажных систем на орошаемых землях является создание или поддержание благоприятной гидрогеолого-мелиоративной обстановки для получения гарантированных урожаев сельскохозяйственных культур.

В начале 80-х годов прошлого столетия прогнозными расчетами, выполненными при составлении отраслевой схемы развития мелиорации земель в РСФСР, была установлена необходимость увеличения объемов строительства дренажа на оросительных системах. При обосновании прогнозов учитывались гидрологические, гидрогеологические и почвенно-мелиоративные условия массивов, способы поливов, сроки строительства и т.д. К основным перспективным районам строительства дренажа относились и орошаемые земли Юга России, характеризующиеся недостаточной естественной дренированностью и значительным распространением засоленных почв.

В соответствии с данным документом была разработана программа строительства дренажа на существующих мелиоративных системах и объектах нового строительства, рассчитанная на две пятилетки. Из общего объема строительства в 1986-1990 гг. на Северо-Кавказский экономический район приходилось соответственно 118,5 тыс. га (81 %) на существующих системах и 37,8 тыс. га (36,6 %) на новых системах орошения. После 1991 г. предусматривалось построить еще 130,5 тыс. га (90 %) на существующих системах и 152,0 тыс. га (37 %) на новых системах [1].

За период 1986-1988 гг. строительными организациями в зоне орошения РФ была построена коллекторно-дренажная сеть на площади

104 тыс. га, причем 60-70 % объема ежегодных заданий министерства по устройству закрытого дренажа приходилось на ПО «Ставропольводмелиорация» и «Росводмелиорация». Общая протяженность построенного здесь дренажа составила соответственно 1067 и 819 км.

Внедрение новой техники и возможность полной механизации строительных работ при устройстве дренажа создали условия для применения конструкций из длинномерных пластмассовых труб с обмоткой из тканых или нетканых материалов (в основном использовался защитно-фильтрующий материал «Сож») с гравийно-песчаными, песчаными обсыпками или без них. Данные конструкции показали хорошие результаты в начальные периоды эксплуатации, затем по ряду причин произошло снижение их работоспособности.

Для устройства дренажа в южных орошаемых регионах применялись в основном конструкции из гончарных, керамических, асбестоцементных, полиэтиленовых, поливинилхлоридных труб и трубофильтров. Около двух третей дренажа на орошаемых землях строилось комплексно-механизируемым способом с укладкой дрен в узкие траншеи.

Почти на всех, более или менее качественно построенных дренажных участках, в первые годы после строительства отмечалось улучшение мелиоративных показателей (стабилизация УГВ, положительные изменения минерализации и химического состава грунтовых вод, уменьшение засоления почв и почвообразующих пород). Но в дальнейшем поддержание хорошего мелиоративного состояния происходит только там, где дренаж оставался в работоспособном состоянии.

Анализ динамики площадей дренирования орошаемых земель на мелиоративных системах Южного Федерального округа (ЮФО) показал, что за период с 1990 по 2004 гг. площади, обеспеченные дренажем, уменьшились на 15,7 %, в том числе с закрытым дренажем на 7,9 % (таблица). Наибольшие изменения произошли в Ростовской области и Ставропольском

крае, где площади с закрытым дренажем уменьшились соответственно на 16,3 тыс. га (20,6 %) и 6,9 тыс. (5,2 %) и ухудшилось их техническое состояние [2].

Таблица

Динамика площадей сельскохозяйственных угодий с дренажем по ЮФО

| Субъект Федерации | Площадь орошаемых с.-х. угодий, тыс. га | | | | |
|---------------------------------|---|---------|------------------------------------|---------|-----------------------|
| | с дренажем | | с закрытым горизонтальным дренажем | | |
| | 1990 г. | 2004 г. | 1990 г. | 2004 г. | динамика площадей, %* |
| Республика Адыгея | 21,1 | 15,0 | 0,6 | 3,0 | +400 |
| Республика Дагестан | 93,5 | 111,2 | 31,0 | 31,0 | 0,0 |
| Кабардино-Балкарская Республика | 21,6 | 15,3 | 7,5 | 7,5 | 0,0 |
| Республика Калмыкия | 12,1 | 10,4 | 7,7 | 8,1 | +5,2 |
| Карачаево-Черкесская Республика | 6,7 | 5,9 | 6,6 | 5,9 | -10,6 |
| Республика Северная Осетия | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,0 |
| Краснодарский край | 276,4 | 270,5 | 32,4 | 33,2 | +2,5 |
| Ставропольский край | 183,0 | 166,3 | 132,8 | 125,9 | -5,2 |
| Астраханская область | 76,3 | 66,7 | 21,9 | 24,0 | +9,6 |
| Волгоградская область | 16,7 | 12,8 | 2,5 | 2,7 | +8,0 |
| Ростовская область | 178,9 | 135,3 | 79,2 | 62,9 | - 20,6 |
| Чеченская Республика | 73,9 | - | 8,3 | - | - |
| Всего по ЮФО | 960,6 | 809,8 | 330,9 | 304,6 | - |

*Со знаком «+» увеличение площадей в %, со знаком «-» – уменьшение.

Выполненные в последние годы исследования показали, что причинами низкой эффективности и выхода дрен из строя являются большей частью: неудовлетворительное проектирование, несовершенство конструк-

ций, плохое качество строительных работ и неправильный уход или его отсутствие (рисунок 1).

На рисунке 1 приведена схема причинно-следственных связей, обуславливающих неудовлетворительную работу закрытого дренажа в орошаемой зоне Юга России, в которой кратко изложены наиболее часто встречающиеся ошибки проектирования и строительства, а также причины неудовлетворительной работы закрытого дренажа и, следовательно, его низкой эффективности.

Основными причинами неудовлетворительного проектирования являются: несоответствие реальной гидрогеологической обстановки – проектной (из-за больших разрывов в сроках между проектированием и строительством – в среднем 3-5 лет), что приводило к неправильному обоснованию основных параметров дренажа, увеличению междренних расстояний и неправильному определению диаметров труб, неточности в определении первоочередности строительства [3, 4].

Несовершенство конструкций дрен часто приводило к снижению водоприемной способности, деформации, заилению и кольматации фильтра. Изучение работоспособности различных конструкций дрен на опытных участках показало, что снижение водозаборной способности дрен зависит не столько от материала, из которого изготовлены трубы, сколько от качества фильтра и фильтровой обсыпки, соотношения скважности с диаметром перфорированных отверстий. Водоприемная характеристика различных конструкции дрен также зависит от способа строительства, так как фильтрационное сопротивление закрытых дрен, построенных методом «полки» в 2,5-3,0 раза ниже, чем у дрен, уложенных узкотраншейным дренаукладчиком «Хайконс» [5].

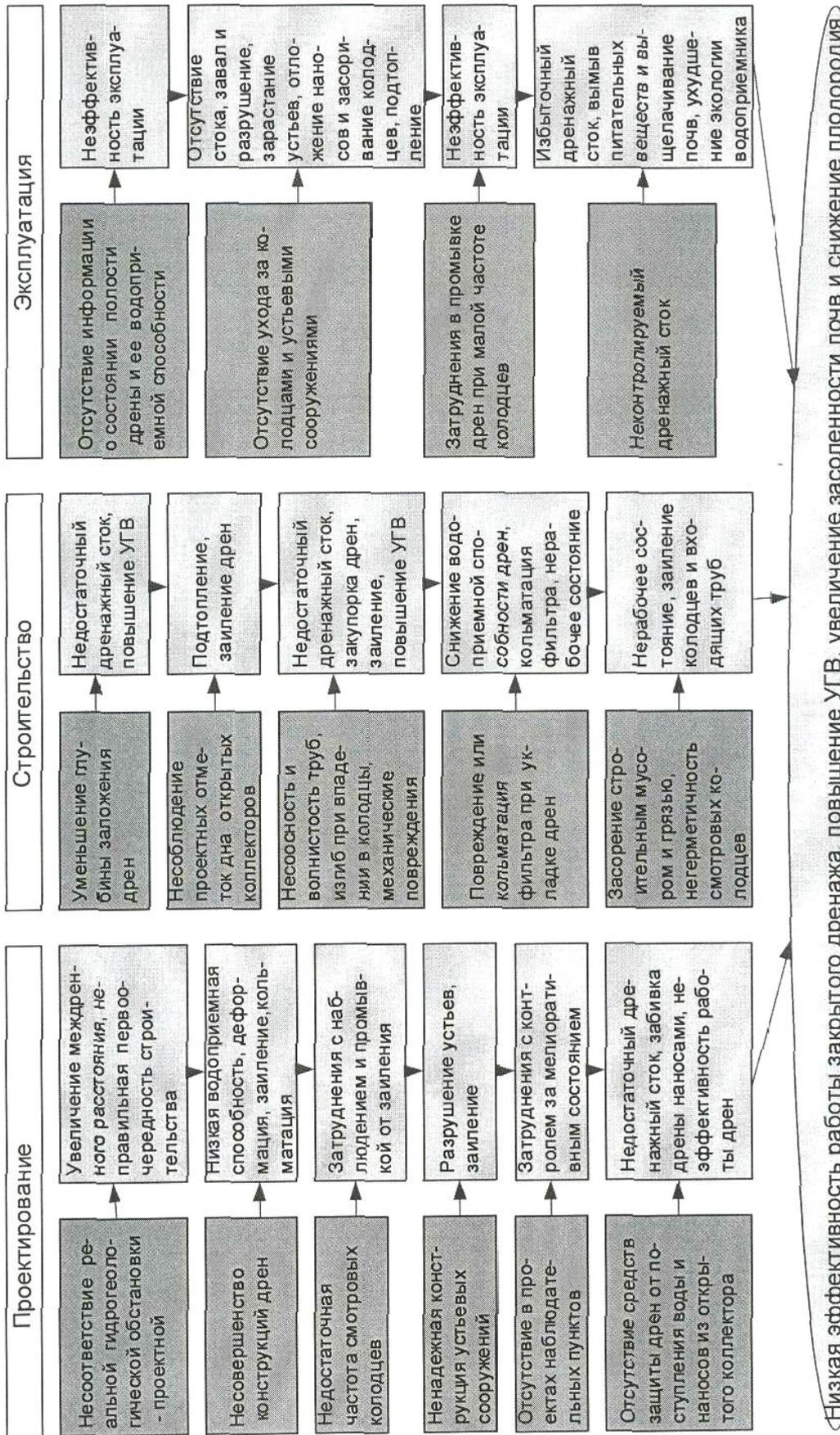


Рис. 1. Схема причинно-следственных связей, обуславливающих неудовлетворительную работу закрытого дренажа

Попытка снизить строительную стоимость дренажа за счет сокращения числа смотровых колодцев усложнила наблюдения за работой дрен и промывку от заиления. Основной причиной подтопления устьев на большинстве участков дренажа явилось неправильное сопряжение закрытых дрен и коллекторов, в результате чего отметки устья дрен и дна коллектора оказывались настолько близкими, что устья дрен оказывались затопленными водой. Отступление от проектных конструкций устьевого сооружения при строительстве допускало попадание грунта с откосов в пространство перед устьем дрены, способствовало их завалу и зарастанию растительностью. Отсутствие в проектах наблюдательных пунктов в дальнейшем вызывало затруднения контроля за мелиоративным состоянием дренируемых участков [5].

Основными ошибками и просчетами при строительстве было несоблюдение уклонов заложения дрен и проектных отметок дна открытых коллекторов, что приводило к недостаточному дренажному стоку, подтоплению устьев и заилению дрен. Невозможность инструментального контроля укладки дрен при строительстве приводило к нестыковке и волнистости труб, их изгибам при укладке в траншею и впадении в колодцы, а также невидимым механическим повреждениям дренажных труб и фильтров.

Низкая эффективность работы горизонтального дренажа из длинномерных труб объясняется в большинстве случаев некачественным производством фильтровой обсыпки, снижением количества слоев фильтровой обмотки, применением вместо песчано-гравийной обсыпки только песчаной, хотя и крупнозернистой, несоблюдением заданного уклона дренажных труб, отсутствием инструментальной проверки уклона и качества укладки дрен, засыпкой траншеи бульдозером без применения предварительной ручной пригрузки песчано-гравийного фильтра. В ряде случаев отмечалось также плохое качество уплотнения грунта обратной засыпки,

заделки стыков труб. При некачественном строительстве отмечалось засорение строительным мусором и грязью смотровых колодцев и негерметичность заделки швов между бетонными кольцами. Все это приводило к ухудшению работоспособности колодцев и входящих в него труб, снижению водоприемной способности дрен.

Одним из важных факторов, влияющих на продолжительность срока службы дренажа, является качественная эксплуатация, включающая профилактические мероприятия и ремонт. Отсутствие ремонта может быть единственной причиной преждевременного выхода дрен из строя. В настоящее время на многих оросительных системах отсутствует эксплуатационная специализированная служба по уходу за закрытым дренажем. Отсутствие профилактических работ привело к завалу, разрушению, зарастанию устьев, отложению наносов и засорению колодцев, подпору устьевых сооружений. Снижает эффективность эксплуатации дренажа также отсутствие средств диагностики дренажной полости и обнаружения мест дефектов, несовершенство дренапромывочных агрегатов, отсутствие регулирующих устройств. Неконтролируемый дренажный сток приводит к вымыву питательных веществ и выщелачиванию почв, ухудшению экологии водоприемника.

Анализ причин снижения работоспособности закрытого горизонтального дренажа на орошаемых землях Юга России показал, что она тесно взаимосвязана с качеством проектирования, строительства и эксплуатации, поэтому для обеспечения эффективности работы закрытого дренажа необходимо учитывать все факторы, оказывающие влияние на его работу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Матвеев А.М. Перспективы строительства дренажа в Российской Федерации и разработка машин и механизмов для его устройства в зоне

орошения// Проектирование, строительство и эксплуатация дренажа на орошаемых землях: Сб. науч. тр./ НПО «Югмелиорация». – Новочеркасск, 1990.- С.3-10.

2. Мелиоративный кадастр РФ. – М., 1990. - 2004.

3. Проектирование и строительство закрытого горизонтального дренажа на орошаемых землях РСФСР /А.М. Матвеев, А.Т. Лисконов, Н.Н. Бредихин и др. – М: ЦБНТИ Минводхоз СССР, 1989. - 63 с.

4. Капустян А.С. Инженерная подготовка строительства дренажа// Интенсификация рабочих процессов и совершенствование конструкций гидромелиоративных машин.: Сб. науч. тр./ А.С. Капустян., А.Н. Скубин ; НПО «Югмелиорация». - Новочеркасск, 1989.

5. Научный доклад «Мелиоративная эффективность, надежность и долговечность существующего закрытого горизонтального дренажа в зоне орошения Юга России»: Отчет о НИР (заключительный)/ФГНУ «РосНИИПМ»; Руководители: В.Я. Бочкарев, А.С. Капустян. – 2,6. - Новочеркасск, 2005. – 75 с.

УДК 626.82.004.58:628.1.03

СОСТОЯНИЕ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ВОД НА МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМАХ ОТРАСЛИ

А.С. Капустян, Л.В. Юченко
ФГНУ «РосНИИПМ»

Наблюдения за качеством вод на мелиоративных системах – неотъемлемая часть работ при организации экологического мониторинга. Его успешное проведение невозможно без получения своевременной объективной информации, поступающей от организаций, осуществляющих наблюдения за качеством оросительных и дренажно-сбросных вод в различных регионах России.

Организация и функционирование экологического мониторинга мелиоративных систем предполагает сбор, накопление и хранение данных по качеству вод с последующей их обработкой, анализом, прогнозированием состояния и оперативным принятием необходимых мер по его улучшению.

В водохозяйственных организациях отрасли должны действовать структурные подразделения, осуществляющие данные функции.

Для изучения состояния структурных подразделений, осуществляющих наблюдения за качеством вод на мелиоративных системах, и оценки объема их работ в 2002-2003 годах была запрошена информация из водохозяйственных организаций различных регионов России, которая была обобщена и сведена в таблицу.

Таблица

Информация об объемах работ и численности сотрудников ведущих наблюдения за качеством вод на оросительных системах России (сведения за 2002-2003 гг.)

| Наименование региональных водохозяйственных организаций и организации, осуществляющей контроль вод | Информация о численности состава, ведущего наблюдения и контроль вод, чел. | Информация об объемах работ | | Примечание (причины отсутствия наблюдений) |
|--|--|--------------------------------|-------------|--|
| | | Кол-во постов | Кол-во проб | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ФГУ «Управление Алтаймелиоводхоз», Алтайская ГМП | 12 | 11 – постоянных; 147 – период. | 50 47 | – |
| ФГУ «Управление «Астраханмелиоводхоз», Астраханская ГМП | – | – | 350 | – |
| ФГУ «Башводэксплуатация», Управление по мониторингу мелиорируемых земель» (УММЗ РБ) | 5 | 49 | 54 | – |
| ФГУ «Управление «Волгоградмелиоводхоз», Волгоградская ГМП | 24 | 20 | 264 | Наблюдения и контроль за качеством дренажно-сбросных вод в 2002 г. не осуществлялись |

Продолжение таблицы

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|----|-----|------|---|
| ФГУ «Управление Воронежмелиоводхоз», Воронежская ГГМП | 30 | 111 | 93 | Дренажная сеть в нерабочем состоянии |
| ФГУ «Минмелиоводхоз РД» (Республика Дагестан), Центр по мелиоративному мониторингу РД | – | – | – | По возможности выполняется только сокращенный химический анализ воды |
| ФГУ «Ингушмелиоводхоз» (Республика Ингушетия) | – | – | – | Планируется создание службы наблюдения и контроля |
| ФГУ «Калммелиоводхоз» (Республика Калмыкия), ГМП | 12 | 73 | 242 | – |
| ФГУ «Управление «Карачаевочеркескмелиоводхоз» (Карачаево-Черкесская Республика), мелиоративная группа | 2 | 24 | 140 | - |
| ФГУ «Управление «Липецкмелиоводхоз», Липецкая ГГМП | 4 | 5 | 16 | – |
| ФГУ «Управление «Мордовмелиоводхоз», Лямбирский филиал ФГУ ГГМП | 8 | – | – | Работы не ведутся из-за отсутствия лабораторного оборудования и реактивов |
| ФГУ «Управление «Новосибирскмелиоводхоз», Новосибирская ГГМП | 2 | 5 | 10 | – |
| ФГУ «Управление «Пензамелиоводхоз», Пензенская ГГМП | 23 | 18 | 20 | Наблюдения не ведутся |
| ФГУ «Управление «Ростовмелиоводхоз», Ростовская ГГМП | 3 | 111 | 1146 | – |
| ФГУ «Управление «Самарамелиоводхоз», Самарская ГГМП | 10 | 42 | 43 | – |
| ФГУ «Управление Саратовмелиоводхоз», Саратовская ГМП | 48 | 15 | 15 | |
| ФГУ «Севосетинмелиоводхоз» (Республика Северная Осетия – Алания) | – | – | – | Отсутствие химической лаборатории |

Анализ данных сведений показывает, что наблюдения за качеством вод на мелиоративных системах осуществляются не во всех регионах. В некоторых ведомственных водохозяйственных организациях они не ведутся из-за отсутствия структур, осуществляющих данные наблюдения, отсутствия или ликвидации химлабораторий (Владимирмелиоводхоз, Чувашмелиоводхоз, Смоленскмелиоводхоз, Новосибирскмелиоводхоз, Ульяновскмелиоводхоз, Белгородмелиоводхоз, Туламелиоводхоз, Севосетинмелиоводхоз, Ингушмелиоводхоз). Из-за недостаточного финансирования и нехватки средств на химреактивы не проводятся наблюдения за качеством вод на мелиоративных системах в Красноярскмелиоводхозе, Минмелиоводхозе (Республика Дагестан), Мордовмелиоводхозе.

Отдельные водохозяйственные организации наблюдения за качеством вод выполняют эпизодически по договорам с лабораторией контроля качества природных и сточных вод (Новосибирскмелиоводхоз) или по разовым заказам (Курскмелиоводхоз).

Причинами отсутствия систематических наблюдений и контроля качества вод являются также неисправность дренажа (Волгоградмелиоводхоз, Воронежмелиоводхоз).

Из полученной информации видно, что наблюдения и контроль качества вод на мелиоративных системах ведут в основном гидрогеолого-мелиоративные партии, филиалы региональных управлений мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения. В Республике Башкирия – это управление по мониторингу мелиорируемых земель, а в Республике Дагестан – центр по мелиоративному мониторингу.

Численность сотрудников, осуществляющих наблюдения за качеством вод на мелиоративных системах, составляет от 2 до 48 человек. В некоторых регионах контроль ведется только за качеством оросительной воды. Число наблюдательных постов в регионах по оросительной воде составляет от 1 до 93, по дренажно-сбросной воде от 2 до 31. Количество

проб воды колеблется от 8 до 1146 в год. Из-за недостаточной оснащенности химлаборатории в условиях ведомственного контроля в некоторых регионах осуществляется лишь сокращенный химический анализ воды и не определяются микроэлементы, нитраты, пестициды и другие загрязнители воды.

Обзор и анализ состояния контроля качества вод на мелиоративных системах отрасли позволяет сделать вывод о том, что на сегодняшний день организация наблюдений не отвечает современным требованиям и не может претендовать на полноту и объективность получаемой информации.

Для организации и функционирования экологического мониторинга мелиоративных систем и своевременного получения достоверной информации по качеству вод в каждом регионе необходимо, на основе гидрогеолого-мелиоративной службы и управлений эксплуатации оросительных систем, организовать работоспособные постоянно действующие контролирующие подразделения, восстановив их материально-техническую и нормативно-методическую базу.

УДК 631.587:556.324

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СОСТАВЛЯЮЩИХ БАЛАНСА ГРУНТОВЫХ ВОД ОРОШАЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ НИЖНЕГО ДОНА

А.С. Капустян, В.А. Васильченко
ФГНУ «РосНИИПМ»

Одна из основных причин проявления негативных процессов при орошении – узкий технократический подход в процессе решения мелиоративных проблем. Среди факторов, определяющих особенности почвенно-мелиоративных условий земель и направленность почвенных процессов, особое место занимают: водно-солевой, тепловой и питательный режимы

почв. Изменение естественного водного режима почв в результате орошения, с одной стороны, увеличивает биологическую продуктивность, с другой – нарушает гидрохимический режим. Увеличение биологической продуктивности в результате орошения требует постоянного изучения (уточнения) степени, пределов и способов регулирования водного и связанного с ним солевого и питательного режимов в процессе освоения орошаемых земель. Наиболее полное представление о данных процессах дает изучение режима и баланса грунтовых вод.

Анализ водообмена между грунтовыми водами и почвой в зоне орошения приводится по результатам оценки элементов баланса грунтовых вод в пределах лизиметрических площадок на Нижнем Дону с использованием данных Ростовской и Волго-Донской гидрогеологической станции. Лизиметрические площадки оборудовались лизиметрами площадью 0,7 м², заряженными монолитами почвогрунтов с трубами слива и долива воды. Уровень грунтовых вод поддерживался на глубинах от 0,8 до 3,4 м.

При расчете элементов баланса кроме лизиметрических наблюдений использовались данные режимных наблюдений за уровнем грунтовых вод в орошаемой зоне.

Результаты обработки материалов лизиметрических наблюдений и расчетов по оценке инфильтрационного питания и испарения в зависимости от уровня грунтовых вод приведены в таблице 1.

Таблица 1

Средние величины инфильтрации и испарения в зависимости от уровня грунтовых вод

| Условия наблюдений | Уровень грунтовых вод, м | Инфильтрация, мм | Испарение, мм |
|--|--------------------------|------------------|---------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Естественные условия | | | |
| Красноармейская лизиметрическая площадка, 1964-1970 гг. (Верхне-Сальская обводнительно-оросительная система) | 0,95 | 138 | 510 |
| | 1,95 | 42 | 156 |
| | 2,95 | 10 | 74 |

Продолжение таблицы 1

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|------|-----|-----|
| Азовская лизиметрическая площадка, 1973 г. (Приморская оросительная система) | 1,90 | 53 | 112 |
| | 2,80 | 14 | 57 |
| | 3,40 | 2 | 45 |
| Орошение | | | |
| Ново-Золотовская лизиметрическая площадка, 1968-1970 гг. (Нижне-Донская оросительная система ДДА-100М) | 0,80 | 186 | 233 |
| | 1,30 | 148 | 168 |
| | 1,80 | 113 | 109 |
| | 2,30 | 62 | 97 |
| Багаево-Садковская оросительная система, 1967-1970 гг. (по данным режимных наблюдений) | 0,30 | 93 | 227 |
| | 1,30 | 67 | 137 |
| | 1,80 | 37 | 85 |
| | 2,30 | 40 | 81 |
| | 3,00 | 30 | 16 |
| | 3,90 | 28 | 15 |
| | 4,40 | 25 | 20 |

Анализ данных таблицы 1 показывает, что в условиях орошения (оросительная норма 400 мм к среднегодовой норме осадков 400 мм) при сравнительно одинаковой инфильтрации увеличение испарения с уровнем грунтовых вод не происходит, а, наоборот, до глубины 0,8-0,95 м отмечается его сокращение примерно вдвое (с 510 мм до 233 мм), глубже порядок величин инфильтрации и испарения для богарных и орошаемых условий одинаков. По мнению ряда авторов [1, 2], это связано с тем, что при орошении на испарение и транспирацию растений расходуются прежде всего те массы воды, которые поданы через оросительную сеть для полива.

Данный дополнительный источник водного питания почв уменьшает испарение с уровня грунтовых вод, что сокращает расходные элементы водного баланса и способствует их накоплению на орошаемом массиве. Однако это не основная причина, подъем уровня грунтовых вод происходит за счет других источников: фильтрационных потерь из каналов постоянного накопления, подпора грунтового потока и его напорного питания [3-5].

Испарение происходит при всех изученных глубинах залегания уровня грунтовых вод в течение всего года с максимальными значениями в

июне-июле. Наибольшие значения и четкая сезонная зависимость отмечаются для глубины 0,8 м.

Принимая во внимание, что проведенные результаты получены по многолетним данным, можно отметить, что величина инфильтрации почти не зависит от осадков и оросительной нормы, а существенное влияние на нее оказывает глубина уровня грунтовых вод. Это говорит о том, что величину испарения можно сократить более частыми поливами небольшими нормами (в США для этих целей применяют «освежительные» поливы нормой до 100 м³/га).

Связь инфильтрации с количеством осадков и поливными нормами проявляется слабо, более четко она коррелируется с уровнем грунтовых вод. Как и в естественных условиях, здесь отмечается проявление «зимнего испарения» в весеннее время, когда значения инфильтрации при уровнях грунтовых вод от 1 до 3 м и более выше, чем при уровне 0,8 м. Поэтому при расчетах целесообразно использовать средние, многолетние значения элементов баланса.

Рассчитанные коэффициенты инфильтрации (отношение величины инфильтрации к сумме осадков) при орошении несколько выше, чем на неорошаемых землях (таблица 2). Их увеличение произошло, в большей степени, за невегетационный период и в основном лишь для верхней зоны до глубины 2 м.

Таблица 2

Коэффициенты инфильтрации в естественных условиях и при орошении в зависимости от уровня грунтовых вод (воднобалансовая площадка «Семикаракорская»)

| Уровень грунтовых вод, м | Коэффициент инфильтрации, % | | | |
|--------------------------|-----------------------------|------------------------|----------------------|------------------------|
| | Естественные условия | | Орошение | |
| | Вегетационный период | Невегетационный период | Вегетационный период | Невегетационный период |
| 0,8 | 13 | 43 | 24 | 53 |
| 1,3 | - | - | 12 | 54 |
| 1,8 | 7 | 25 | 10 | 40 |
| 2,3 | 5 | 9 | 9 | 16 |

Зависимости между среднегодовыми величинами испарения (U) и инфильтрационного питания (W) от уровня грунтовых вод (h) для орошаемых территорий, полученные по скорректированным на основе режимных наблюдений элементам баланса, имеют вид:

$$U = 200h^{-0.95}, \text{ мм}, \quad (1)$$

$$W = 125h^{-0.85}, \text{ мм}. \quad (2)$$

Для оценки величин инфильтрации и испарения с уровня грунтовых вод за меньший интервал времени, с учетом климатических особенностей конкретного года установлены следующие зависимости:

$$U = E_0 e^{-0.398h}, \text{ мм}, \quad (3)$$

$$W = (O_c + M_{op}) e^{-0.68h}, \text{ мм}, \quad (4)$$

где E_0 – испаряемость, мм; O_c – атмосферные осадки, мм; M_{op} – оросительная норма, мм.

Выведенные закономерности позволили оценить среднегодовую глубину уровня грунтовых вод, при которой питание компенсируется испарением, то есть глубину «критического режима».

В сухостепной и засушливой зоне это глубина составляет от 1,9 до 2,0-2,1 м в вегетационный период. Близкое значение глубины уровня (1,95-2,0 м) было получено Э.П. Носовым (1968 г.) для Азовской оросительной системы и В.А. Васильченко (1978 г.) для Багаевско-Садковской орошаемой системы. При этих глубинах промывной режим почвогрунтов зоны аэрации обеспечивается в зимне-весенний период.

Следует отметить, что полученные зависимости (1)-(4) дают хорошие результаты при оценке солевого режима почвогрунтов через скорости инфильтрации. При отсутствии данных об испаряемости и влажности почвогрунтов можно использовать среднемноголетние величины коэффициентов инфильтрации атмосферных осадков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковда В.А. Основы теории и практики мелиорации и освоения засоленных почв аридной зоны // Проблемы засоления почв и водных источников. - М.: АН СССР, 1960.
2. Харченко С.И., Тищенко П.В. Экспериментальные исследования элементов водного баланса на орошаемых землях Нижне-Донской оросительной системы: Тр. ГГИ, 1965.- С. 125.
3. Фаворин Н.Н. Режим и баланс грунтовых вод на орошаемых территориях со слабым оттоком на примере Нижне-Донской оросительной системы //Влияние орошения на режим грунтовых вод.-М.: АН СССР, 1959.
4. Кац Д.М. Режим грунтовых вод в орошаемых районах и его регулирование. -М., 1963.
5. Капустян А.С. Закономерности формирования уровня грунтовых вод на оросительных системах. //Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – Новочеркасск.: Изд-во НПИ, 2001.

УДК 631.6:556.324

ЭЛЕМЕНТЫ БАЛАНСА ГРУНТОВЫХ ВОД НЕПОЛИВНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

А.С. Капустян, В.А. Васильченко
ФГНУ «РосНИИПМ»

Изучение закономерностей режима и баланса подземных вод в зоне орошения определяется из требований сельского и водного хозяйства, однако из-за разрозненности сведений по режиму грунтовых вод и отсутствия сведений по водно-солевому балансу возникает ряд проблем при прогнозе гидродинамического режима и его оценке на территории оросительных систем.

В работе приведены основные результаты изучений естественного режима и баланса грунтовых вод в пределах оросительных систем Нижнего Дона. Для анализа использованы материалы экспериментальных исследований баланса на специальных площадках, с использованием данных Ростовской комплексной гидрогеологической и инженерно-геологической партий за 1963-1973 годы и Дубовской гидрометеорологической лаборатории за 1958-1972 годы. Для контроля использован гидродинамический метод изучения баланса грунтовых вод.

С целью выявления особенностей формирования элементов баланса природных вод орошаемых территорий выполнен анализ лизиметрических наблюдений на неполивных участках за 5-10-летний периоды, охватывающий различные по водности годы, при глубинах уровней до 1 м, 1-2 м и 2-3 м.

При оценке элементов баланса грунтовых и почвенных вод учитывались следующие показатели свойств монолитов грунтов в лизиметрах: удельный вес, содержание пылеватых фракций, объемный вес скелета, максимальная гигроскопичность, максимальная молекулярная влагоемкость, полная влагоемкость и коэффициент фильтрации грунтов.

Учитывая специфику работы гидрогеолого-мелиоративной службы и соответствующий объем изучаемой информации (замеры уровней и минерализации грунтовых и поверхностных вод, засоленность почв и грунтов зоны аэрации), оценка элементов баланса грунтовых вод проводилась также аналитическими методами по уравнениям Г.Н. Каменского, П.А. Киселева и других, позволяющим определять элементы баланса по режиму уровней в 3, 2 и 1 скважинах [1-3].

Результаты лизиметрических наблюдений за балансом грунтовых вод неполивных территорий за 10-летний период характеризуются значительной изменчивостью метеорологических факторов, однако средние величины элементов баланса можно принять как среднемноголетние (таб-

лица 1). За вегетационный период средняя величина атмосферных осадков, для условий полузасушливой, засушливой и очень засушливой подпровинции с коэффициентами увлажнения 0,77-0,33 мм, представлена в таблице 2.

Таблица 1

**Среднемесячные значения инфильтрации и испарения
в зависимости от уровня грунтовых вод**

| Уровень грунтовых вод, м | Инфильтрация (мм) за период наблюдений | | | Испарение (мм) за период наблюдений | | |
|--------------------------------|---|--------------------|-----------------|--|--------------------|-----------------|
| | год | апрель- октябрь | ноябрь- март | год | апрель- октябрь | ноябрь- март |
| 1,0 | 106 | 33 | 73 | 316 | 272 | 44 |
| 2,0 | 60 | 18 | 42 | 118 | 96 | 22 |
| 3,0 | 26 | 12 | 14 | 60 | 36 | 24 |

Таблица 2

Средняя величина атмосферных осадков

| Срок наблюдений | Средняя величина атмосферных осадков (мм) за период наблюдений | | |
|-----------------|---|----------------|-------------|
| | год | апрель-октябрь | ноябрь-март |
| 10 лет | 413,6 | 244,4 | 169,2 |

Приведенные в таблицах 1 и 2 данные позволяют рекомендовать величины инфильтрационного питания и испарения в естественных условиях для практического использования как полученные для условий увлажнения, близкого к среднемноголетним величинам осадков. Испарение уровня грунтовых вод происходит в течение всего года, а инфильтрационное питание преобладает в невегетационный период.

Функциональные зависимости суммарных величин испарения (U) и инфильтрации (W) выражаются формулами:

$$U = 450h^{-1.8} \text{ мм,}$$

$$W = 125h^{-2.6} \text{ мм.}$$

Анализ полученных данных позволяет отметить, что инфильтрационное питание характерно для всех изученных глубин залегания УГВ, однако их абсолютные значения изменяются в широких пределах в зависи-

мости от времени года и уровня грунтовых вод. Суммарные годовые величины инфильтрационного питания в значительной степени определяются не сколько суммой осадков конкретного года, сколько осадками предыдущего и характером их распределения. Так, при годовой сумме осадков в 308 мм (1968 г.) инфильтрационное питание составило 120 мм, а в 1967 году осадков было 500 мм, но величина инфильтрации при тех же глубинах уровней грунтовых вод в лизиметрах не превышала 32 мм. Это говорит о том, что на величину инфильтрационного питания влияет характер увлажнения грунтов зоны предшествующего периода.

Попытка установить связь между величинами инфильтрационного питания с суммарным количеством осадков за осенне-зимний и весенний период не дает положительного результата из-за влияния характера промерзания почв и грунтовых вод в зимний период предыдущего и начала текущего года (температурный режим).

Годовые суммы инфильтрации по лизиметрам с различными сельскохозяйственными культурами и без растительности оказались близкими при равных уровнях грунтовых вод. Это связано с тем, что основная инфильтрация проходит в межвегетационный и в начале вегетационного периода при слабо развитой корневой системе растений.

Интересным представляется анализ коэффициентов инфильтрации осадков – отношение величин инфильтрации к сумме осадков за конкретный период времени (таблица 3).

Таблица 3

Средние многолетние коэффициенты инфильтрации атмосферных осадков в зависимости от уровня грунтовых вод

| Уровень грунтовых вод, м | Коэффициент инфильтрации, % | | | | |
|--------------------------|-----------------------------|------|--------|-----|------------------------|
| | вегетационный период | | | | невегетационный период |
| | апрель-октябрь | март | апрель | май | |
| 1,0 | 13 | 117 | 28 | 12 | 43 |
| 2,0 | 7 | 86 | 19 | 6 | 25 |
| 3,0 | 5 | 38 | 12 | 5 | 9 |

Коэффициенты инфильтрации изменяются в широких пределах, в зависимости от времени года, водности предыдущего года и температурного режима. Средние годовые величины коэффициентов инфильтрации для уровня грунтовых вод до 1 м находятся в пределах: 16-30 % (при средних значениях для всех вариантов 26 %), уменьшаются с увеличением глубин залегания грунтовых вод до 15 % (2 м) и 2 % (3 м). Наибольшие коэффициенты характерны для невегетационного периода – 43 % при уровнях грунтовых вод 1 м; 25 % при 2 м и 9 % для 3 м.

Характерно, что в марте месяце (практически независимо от водности года) при уровнях грунтовых вод 1 м, а в отдельные годы и при 2 м, количество инфильтрирующей влаги превышает сумму осадков за тот же период года. Это связано с инфильтрацией талых вод и влаги, накопившейся в зоне аэрации за счет осенне-зимних осадков и испарения с уровня грунтовых вод за зимний период, а также передвижения парообразной влаги из нижнего горизонта под влиянием температурного градиента. Однако это характерно для теплых зим и наличии оттепелей.

Анализ экспериментальных наблюдений за величиной испарения в зависимости от уровня грунтовых вод показывает, что испарение с уровня грунтовых вод происходит в течение всего года со всех изученных глубин, однако наибольшую величину и четкую сезонную рассредоточенность оно имеет при уровне грунтовых вод до 1 м (таблица 1). Сезонная ритмичность проявляется в существенном росте испарения в апреле, с максимумом в июне-августе.

Испарение и транспирация с уровня грунтовых вод, а также физическое испарение в невегетационный период, при глубинах до 2 м обычно существенно превышают инфильтрацию (кроме весенних месяцев). При уровнях грунтовых вод 3 м величина испарения и транспирации близки величинам инфильтрации (критическая величина).

Прослеживается весьма тесная связь величин испарения с характе-

ром растительного покрова. При одном и том же растительном покрове, или при его отсутствии, наибольшие разности между испарением и инфильтрацией атмосферных осадков устанавливаются для уровня грунтовых вод 1 м, наименьшие – при 3 м. В невегетационный период инфильтрационное питание обычно преобладает над испарением.

В связи с повышением требований к достоверности оценки параметров водообмена между атмосферой, почво-грунтами зоны аэрации и грунтовыми водами появляется потребность в оценке величины конденсации.

Под «концентрацией» авторы понимают переход парообразной воды атмосферы и нижних горизонтов почво-грунтов в активный слой почв, при условии максимальной упругости паров воды в почве при конкретной температуре. Если упругость водяных паров в почве меньше максимальной упругости водяного пара при данной температуре почвы, то переход парообразной влаги из атмосферы и нижних горизонтов грунтов может обуславливаться гигроскопическими свойствами почв.

Таким образом, величина конденсации определялась как сумма двух величин: конденсация атмосферной влаги (летний период) и конденсация восходящих токов парообразной влаги со стороны более влажных горизонтов почв, грунтов и грунтовых вод за осенне-зимний период.

Учитывая результаты исследований по определению конденсации установлено и теоретически обосновано, что движение парообразующей влаги подчинено, главным образом, динамическим градиентом и в осенне-зимний период (в пределах зоны аэрации) направлено снизу вверх; в весенне-летний период сверху вниз.

Конденсация атмосферной влаги оценена экспериментально по гидравлическому почвенному испарению (ГПИ-53). Расчеты конденсации за июнь-октябрь составили 68,7 мм слоя воды, при суммарном испарении 454,7 мм. Основные величины конденсации отмечены в ночные часы (с 19 до 7 часов), которая существенно преобладает над испарением за этот пе-

риод.

По результатам изучения элементов баланса грунтовых вод неполивных территорий можно сделать следующие выводы:

1. Инфильтрационное питание и испарение характерны для всех изучаемых глубин уровня грунтовых вод, однако максимальные их значения отмечены на глубинах до 1,0 м.
2. Годовые величины инфильтрационного питания определяются осадками предыдущего года и характером их распределения.
3. Сезонная ритмичность испарения проявляется в существенном росте его в апреле, с максимумом в июне-августе.
4. Испарение и транспирация при уровне грунтовых вод до 2 м существенно превышает инфильтрацию (кроме весенних месяцев).
5. Конденсация атмосферной влаги в ночное время преобладает над испарением.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гидродинамические основы изучения режима грунтовых вод и его изменение под влиянием искусственных факторов. (Метод конечных разностей) /Г.Н. Каменский, И.К. Гавич, Н.А. Мясникова, С.М. Семенова: Труды АН СССР.-М.- Т. 26. - 1960.
2. Киселев П.А. Исследование баланса грунтовых вод по колебаниям их уровня. - Минск: Изд-во АН БССР, 1961.
3. Лебедев А.В. Методика изучения баланса грунтовых вод. - М.: Госгеолтехиздат, 1961.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ДРЕНАЖА НА ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ И ПУТИ ЕЕ УЛУЧШЕНИЯ

А.С.Капустян, Л.В.Юченко

ФГНУ «РосНИИПМ»

Одной из основных трудностей, тормозящих развитие сельского и водного хозяйства, мелиоративной науки, является несовершенство организационных структур в этих областях, отсутствие эффективных взаимосвязей между наукой и производством. Особенно остро оно отразилось на эксплуатации оросительных систем.

После выхода в свет «Устава эксплуатационной службы...» (1971 г.) она была создана на оросительных, осушительных, оросительно-обводнительных, коллекторно-дренажных системах, водохранилищах, каналах, гидроузлах, насосных станциях, берегозащитных сооружениях и на других мелиоративных объектах и водохозяйственных сооружениях межхозяйственного значения.

В состав эксплуатационной службы органов мелиорации и водного хозяйства включались управления эксплуатации, которые в зависимости от обслуживаемой ими площади орошаемых и осушенных земель, количества гидротехнических сооружений, протяженности каналов и их пропускной способности, а также наличия других сооружений, с учетом территориального размещения объектов, могли иметь эксплуатационные участки, количество которых определялось в соответствии с нормами, установленными Министерством мелиорации и водного хозяйства СССР.

Руководство эксплуатационной службой на мелиоративных системах и водохозяйственных сооружениях межхозяйственного значения осуществлялось через органы мелиорации и водного хозяйства союзных республик и главные территориальные управления при Министерстве.

Межхозяйственная оросительная, осушительная и коллекторно-дренажная сеть с сооружениями на ней находилась на балансе эксплуатационных водохозяйственных организаций, а внутрихозяйственная сеть – на балансе колхозов, совхозов и других предприятий и организаций.

На основании материалов производственной деятельности управлений эксплуатации оросительных систем (УОС) предусматривалось расширение или создание новых УОС, если орошаемая площадь в зоне деятельности УОС достигает 35-40 тыс. га. Для поддержания оросительных систем в технически исправном состоянии и проведения техобслуживания предусматривалось создание ремонтно-строительных ПМК и пусконаладочных участков. По опыту эксплуатации принималось создание одной ремонтно-строительной ПМК при площади обслуживания мелиорируемых земель 45 тыс. га.

Численный состав работников службы эксплуатации определялся на основании изучения и обобщения опыта эксплуатации оросительных систем Северного Кавказа, а также проектных проработок, выполненных институтом «Южгипроводхоз», и составлял 6,8 единиц (ИТР, служащие, рабочие) на 1000 га орошаемых земель.

В соответствии с возложенными на эксплуатационную службу задачами, она была обязана: содержать коллекторно-дренажную сеть в исправном состоянии, осуществлять надзор за мелиоративным состоянием орошаемых земель и выполнять необходимые мероприятия по предотвращению их засоления и заболачивания, оказывать колхозам, совхозам и другим предприятиям и организациям-водопользователям техническую помощь в эксплуатации коллекторно-дренажной сети и других гидротехнических сооружений. По договорам с колхозами, совхозами и другими земледельцами выполнять своими силами работы по очистке и ремонту коллекторно-дренажной сети и гидротехнических сооружений.

С 1984 года закрытый дренаж с сооружениями передается на баланс Управлений эксплуатации ОС, а в мае 1998 года утверждаются правила эксплуатации мелиоративных систем [1, 2]. Согласно правилам, эксплуатация мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений представляет собой комплекс технических, организационных и хозяйственных мероприятий, обеспечивающих содержание в исправном состоянии мелиоративной сети, сооружений и оборудования, периодический их осмотр, проведение планово-предупредительных ремонтов, выявление и ликвидацию аварий, водораспределение, регулирование водного режима почв, руководство и контроль за подготовкой водопользователями мелиоративной сети и сооружений к работе в вегетационный период и т.д.

Физические и юридические лица, эксплуатирующие мелиоративные системы, обязаны содержать их в исправном состоянии и принимать меры по предупреждению их повреждения. На государственных мелиоративных системах – это специально уполномоченные государственные органы в области мелиорации земель, на мелиоративных системах, находящихся в муниципальной собственности, – органы местного самоуправления, мелиоративные системы общего и индивидуального пользования, находящиеся в собственности граждан и юридических лиц, – их собственники, владельцы и пользователи.

В соответствии с документом [2], на работников службы эксплуатации оросительных систем возлагаются разносторонние обязанности, касающиеся наблюдения за состоянием и работой оросительных систем, их периодического обследования и ремонта, но уже не выделяются отдельной строкой работы по эксплуатации коллекторно-дренажной сети.

Эксплуатационная служба, организованная в зоне орошения и занимающаяся, в основном, обеспечением работоспособности систем орошения, не была готова в полной мере проводить мероприятия по обеспече-

нию эффективной работы закрытого дренажа. Среди причин создавшегося положения можно выделить организационные (неукомплектованность структурных подразделений, специализирующихся по эксплуатации и ремонту дренажа, недостаточное финансирование эксплуатационных организаций и т.д.), и технические, заключающиеся в отсутствии технологии и специальных для орошаемой зоны средств эксплуатации.

Анализ состояния службы эксплуатации на оросительных системах России показал, что до 90-х годов ремонтно-эксплуатационные работы осуществлялись, в основном, собственными силами хозяйств-водопользователей, межхозяйственными предприятиями по мелиорации земель, специализированными организациями – управлениями эксплуатации оросительных систем (УОС), межхозяйственными управлениями по эксплуатации оросительно-осушительных систем (МПУ ООС) и т. д. Ранее на мелиоративных системах России функционировало свыше 300 УОС, около 200 ремонтно-строительных трестов и ПМК. Только в Ростовской области имелось 15 работоспособных УОС.

В мировой практике орошаемого земледелия имеет место много примеров, когда хорошие оросительные системы не обеспечивали эффекта из-за неправильной организации их эксплуатации [3-5].

Большой интерес представляет организация водораспределения и эксплуатации оросительных систем, типы и структуры управленческих организаций, применяемых в США [3, 4]. Здесь создана широкая сеть научно-исследовательских, управленческих и консультативных организаций и служб, оказывающих помощь фермерам по обеспечению оперативного устранения возникающих трудностей и быстрого реагирования на все появляющиеся научно-технические достижения. Эти организации и службы активно сотрудничают на различной основе с ирригационной индустрией и со службой охраны природы. Взаимоотношения между организациями, выделяющими воду, и водопотребителями регулируются юридическими

законами.

Ирригационные и дренажные системы требуют групповых совместных действий. Снабжение систем оросительной водой, дренирование и отвод дренажных вод осуществляется через так называемые оросительные и дренажные дискрипты (районы, участки), представляющие собой корпорации (агентства, службы), управляемые законами штата, в котором они находятся.

Дренажные дискрипты существуют и функционируют за счет налогов с землевладельцев. Они участвуют в определении потребности в дренаже и несут ответственность за проектирование, финансирование, строительство и эксплуатацию дренажных систем. В их власти объединить отдельные дренажные участки в единые дренажные системы. Заинтересованные землевладельцы (фермеры) могут вступить в свои оросительные и дренажные дискрипты, которые определяют величину налогов, штрафов, различного вида взносов на обслуживание дренажа. В последние годы имеется тенденция к объединению функций оросительных и дренажных дискриптов.

Таким образом, в США сельскохозяйственный дренаж рассматривается как составная часть ирригации, его работа и эффективность изучается совместно с вопросами орошения на фермах, на орошаемых массивах или в бассейнах рек. Часто низкая эффективность дренажа здесь объясняется неправильным использованием оросительной воды, конструкциями оросительных систем, не соответствующими местным условиям, и прочими ошибками. В последние годы специалистами пересматриваются многие устоявшиеся концепции и положения в области гидромелиорации, в том числе и в вопросах использования и оценки работы сельскохозяйственного дренажа. Такая своеобразная «перестройка» происходит в области мелиорации сельскохозяйственных земель во многих странах [3].

На сегодняшний день внутрихозяйственный дренаж в России нахо-

дится в бесхозном состоянии, а служба эксплуатации оросительных систем практически прекратила свое существование и требует реорганизации и восстановления. Особенно это негативно отразилось на обслуживании коллекторно-дренажной сети.

В сложившихся условиях, с учетом опыта эксплуатации оросительных систем, для повышения эффективности работы существующего закрытого дренажа необходимо, по нашему мнению, осуществление следующих мероприятий:

1. Передать внутривладельческую коллекторно-дренажную сеть с сооружениями на баланс землепользователей.
2. Провести паспортизацию (инвентаризацию) существующего дренажа.
3. Восстановить работоспособность большей части коллекторно-дренажной сети.
4. Организовать систематические наблюдения за работой дренажа и гидрогеолого-мелиоративным состоянием орошаемых земель.

Для выполнения намеченных мероприятий необходимо восстановление работоспособности служб эксплуатации оросительных систем с последующим привлечением к их финансированию землепользователей.

Так как в настоящее время эксплуатация дренажных систем с сооружениями должна осуществляться в новых условиях хозяйствования (рыночные отношения, многоукладное сельское хозяйство и разные формы собственности), требуется новый подход к организации эксплуатационной службы. Первоочередной задачей является разработка нормативно-методических документов, в которых будут определены цели, задачи, структура, источники финансирования, виды и технологии работ, права и обязанности работников эксплуатационной службы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Постановление Совета Министров СССР от 23.10.84 г. № 1084 «О передаче внутрихозяйственных мелиоративных систем с баланса колхозов, совхозов и других государственных сельскохозяйственных предприятий на баланс государственных эксплуатационных водохозяйственных организаций».
2. Правила эксплуатации мелиоративных систем и отдельно расположенных сооружений. – М., 1998. – 40 с.
3. Jchilfgaarde I., Jchifman J. Jalimity pollution from irrigation agricul-
tur// Journal of Joil Water lonservation, 1985. – 40 p.
4. Watson R. Irrigation monagment towards 2001// Irrigation farmer, 12. –
1985. – № 2 – P. 2-3.
5. Israelsen O.W. Irrigation Prineiples and Practices, Chapter 18. Le-
galand Administrative aspects of Irrigation and Drainge. – New-Jork, 1962. –
P. 374-382.

УДК 626.8.002

ОСОБЕННОСТИ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННЫХ ДРЕНАЖНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ

В.И.Миронов, Н.В.Литвинова
ФГНУ «РосНИИПМ»,
А.В.Лещенко, А.В.Миронов
ФГОУ ВПО «НГМА»

Известно, что коллекторно-дренажная сеть в последние годы является самым эффективным способом, обеспечивающим улучшение мелиоративного состояния орошаемых земель, снижающим уровни грунтовых

вод на подтопленных территориях, обеспечивающим регулирование водно-воздушного и солевого режима почв.

На Северном Кавказе до шестидесятых годов прошлого века вопрос о необходимости дренирования орошаемых и подтопленных территорий носил дискуссионный характер. Однако с интенсивным развитием в стране направлений по орошению в 80-90-х годах проблема устройства коллекторно-дренажной сети стала быстро развиваться, перенимая и распространяя опыт, накопленный ранее в смежных республиках Советского Союза. Исследования по анализу методов строительства, проведенные ранее в Азербайджане, Средней Азии и на Украине показывают, что при устройстве дренажных коллекторов в основном применяли очень трудоемкие и дорогостоящие отдельные полумеханизированные способы, используемые в стране традиционно – метод «водоотводящей» канавки, либо «полки». Обобщенные данные по применению названных нами способов в ценах по состоянию на 1991 год приведены ниже, в таблице 1.

Анализ трудовых затрат в технологических процессах строительства внутрихозяйственных коллекторов показывает, что:

- трудоемкими в наибольшей степени являются технологические операции, связанные с подачей и укладкой трубопровода, составляющие от 51 до 55 %, а также выполняемые большие объемы ручных земляных работ – от 25 до 28 %;

- доля механизированных работ, выполняемых по видам специализированно составляет от 17 до 25 %, а по общим трудовым затратам в технологических процессах она находится в пределах от 29 до 37 %;

- стоимость материалов, применяемых для укладки дренажных коллекторов, составляет от 59 до 73 % от общей стоимости строительных работ.

Таким образом, анализ проведенный по трудовым затратам и стоимостным показателям показывает, что для обеспечения повышения производительности и качества выполнения строительных работ, при необходимости снижения трудозатрат и стоимостных технико-экономических показателей, следует перейти в производственной практике от применения раздельного полумеханизированного к механизированному, либо к комплексно-механизированному способу строительства коллекторов на дренажных системах. Это, как показывают расчеты, позволит снизить трудовые затраты на выполнение работ в 3-4 раза, а стоимость строительства в 1,8-2,0 раза (таблица 1). При сравнении данных по традиционно применяемым в республиках технологиям строительства коллекторов видим, что здесь существенно выигрывает механизированный способ. Если же все операции в технологическом процессе будут полностью механизированы, выполняться взаимно увязано и последовательно, то такой комплексно-механизированный способ позволит резко уменьшить объемы ручных и земляных работ, сократить число работающих людей и машин, задействованных в комплексах. Кроме этого, комплексно-механизированный способ производства работ позволяет совместить выполнение ряда отдельных операций в единую технологическую цепочку, которые могут быть выполнены непрерывно, например, специальными машинами-коллектороукладчиками, таблица 2.

Таблица 1

Технико-экономические показатели технологий строительства закрытых внутрихозяйственных коллекторов

| Зона применения. Способ строительства | Тип укладываемых труб | | Затраты труда, чел.-ч. на 1 м | Затраты средств, руб./м (по 1999 г.) | Состав бригад, чел. |
|--|---|------------------|----------------------------------|---|------------------------|
| | материал | диаметр труб, м | | | |
| Азербайджан Полумеханизированный | <u>ж/бетонные или</u> асбестоцементные | <u>0,60</u> | <u>4,024</u> | <u>21,13</u> | <u>14</u> |
| | | 0,40 | 2,101 | 10,28 | 13 |
| Узбекистан Полумеханизированный | керамические | 0,25 | 1,836 | 12,23 | 15 |
| | | 0,50 | 2,234 | 23,84 | 15 |
| | ж/бетонные | 0,60 | 2,384 | 21,17 | 15 |
| | | асбестоцементные | 0,40 | 1,839 | 14,16 |
| бетонные | 0,60 | 1,975 | 20,74 | 15 | |
| Украина Полумеханизированный | фальцевые, <u>ж/бетонные</u> раструбные | 0,20 | 2,411 | 12,30 | 13 |
| | | <u>0,30</u> | <u>2,741</u> | <u>19,86</u> | <u>14</u> |
| | | 0,60 | 3,564 | 27,84 | 15 |
| Украина Механизированный | фальцевые, бетонные | 0,20 | 0,398 | 6,63 | 9-11 |
| | | 0,30 | 0,430 | 9,87 | 9-11 |
| Россия Полумеханизированный | асбестоцементные | 0,40 | 1,915 | 15,67 | 12-14 |
| Россия Механизированный | полимерные | 0,30 | 0,389 | 7,49 | 8-10 |

Технические характеристики дрено-коллектороукладчиков

| Наименование показателей | Марка, тип машины | | | |
|--|--------------------------|------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| | ЭТЦ-406А | 6057 Хайконс | УДМ-350К | ЭКМ-5 ЭКМ-6 |
| Базовая машина | Т-130 | Спец. шасси | МШ | МШ/Т-500А |
| Двигатель | Д-108 | ДБОШ-424 | ЯМЗ-240Б | ЯМЗ-240Б 12ДВТ-500НБ |
| Мощность кВт/л.с. | $\frac{118}{160}$ | $\frac{350}{476}$ | $\frac{220}{300}$ | $\frac{220}{300} / \frac{437}{580}$ |
| Параметры траншеи, м : - глубина наибольшая; - ширина наибольшая | $\frac{4,5}{0,66}$ | $\frac{6,0}{0,5}$ | $\frac{5,0}{4,0}$ | $\frac{5,0}{0,4} / \frac{6,0}{0,45}$ |
| Скорость рабочей цепи, м/с | 0,7; 1,2 | до 5,0 | 1,7; 5,0 | до 5,0/5,0 |
| Скорость передвижения: - транспортная, км/ч; - рабочая, м/ч | $\frac{1,2-5,0}{до 150}$ | $\frac{0-5,0}{до 5000}$ | $\frac{0,5-2,0}{до 500}$ | $\frac{0-1,6}{0-200; 0-500}$ |
| Система выдерживания уклона | по тросу | по лучу лазерного излучателя | | |
| Диаметр укладываемых труб, мм | до 200 | до 400 | до 200 | до 350 |
| Масса, кг | 47500 | 30000 | 30000 | 35000 |
| Удельное давление на грунт, МПа | 0,068 | 0,03 | 0,0365 | 0,0365 |
| Обслуживающий персонал, чел. | 2 | 2 | 2 | 2 |

Наблюдениями в полевых условиях и теоретическими проработками было установлено, что при строительстве дренажных коллекторов необходимо выполнение следующих видов работ:

1. При полумеханизированном способе – разбивка трассы; подготовка корыта; доставка и раскладка труб; доставка объемно-фильтрующего материала (ОФМ); разработка выемки-траншеи, а в ней «водоотводящей» канавки, либо «полки»; создание подстилающего слоя; укладка трубопровода коллектора с нивелировкой; обсыпка труб предохранительным слоем минерального грунта и его трамбовка; обратная засыпка выемки-траншеи и рекультивация растительного слоя почвогрунта с планировкой поверхности трассы коллектора.

2. При комплексно-механизированном способе – разбивка трассы; срезка растительного слоя и планировка (грубая) поверхности пути; доставка и раскладка трубопровода для коллектора; доставка сыпучих объемно-фильтрующих материалов (ОФМ); установка коллектороукладчика и врезка его, разработка им траншеи с одновременной подачей ОФМ и труб на дно через бункер; обсыпка труб предохранительным слоем; механизированное уплотнение грунта; обратная засыпка траншеи и рекультивация растительного слоя почвогрунта с планировкой поверхности трассы коллектора.

Главной особенностью внутрихозяйственных дренажных коллекторов является то, что функционально они обеспечивают сбор и транспортирование (отвод) грунтовых вод. Коллекторы, обладающие одновременно дренирующей способностью, принципиально отличаются по конструкции от названных выше. Они сложнее в технологическом исполнении, но гораздо более эффективны, работая на мелиоративных системах.

Для комплексно-механизированных способов устройства дренажных коллекторов, когда трубы укладывают узкотраншейным способом с использованием машин, показанных в таблице 2, наиболее технологичными

и удобными в применении являются гибкие полимерные трубы диаметром до 300 мм. Этот способ позволяет повысить уровень комплексной механизации на 50-57 %, сократить трудовые затраты в 3,0-3,5 раза, уменьшить выполнение земляных работ в 10-19 раз по сравнению с раздельным полумеханизированным способом, повысить производительность выработки от 20-30 м/смену до 200-300 м/смену, а также снизить себестоимость строительства в 1,7-2,2 раза. Эти работы выполняют преимущественно в летне-осенний период времени года, когда проведена уборка зерновых и овощных культур на большинстве орошаемых земель. Опыт и практика дает подтверждение в проведении этих мероприятий, однако многие виды коллекторно-дренажных работ возможно проводить и в зимний период времени, особенно тогда, когда высоки положения уровней грунтовых вод (УГВ), и в весенне-летний период, когда они нарастают. Исследования показывают, что положения УГВ находятся в течение года в динамике, поднимаясь и приближаясь к поверхности земли, то вновь опускаясь к осени и зимнему периоду времени. При интенсивном снижении УГВ на орошаемых землях обеспечивается более качественное строительство коллекторно-дренажной сети. Это подтверждено многолетними работами с дренажукладочными машинами в Ростовской и Воронежской областях, Ставропольском и Краснодарском краях.

Проводя анализ особенностей по операциям в технологических процессах строительства коллекторов на дренажных системах, видим, что здесь имеются большие возможности по снижению трудовых затрат и стоимости строительных работ путем повышения уровня их механизации, доводя по максимуму до комплексно-механизированного производства работ. Объем работ, выполняемых вручную, может быть сведен к минимальному, что очень важно в современных условиях.

Для того, чтобы получить ценовое соотношение стоимостных показателей по 2005 году, в сравнении с 1991 годом, необходимо перевести их

стоимостные показатели в соответствии с сегодняшним показателем $K_{Ц}$ на строительные-монтажные работы, например на $K_{Ц}=25,5$, и мы получим величины стоимости, соответствующие искомому кварталу текущего года.

Таким образом, мы рассмотрели технологические особенности, обобщили и установили основные технико-экономические показатели для оценки и сравнения и наметили пути совершенствования технологии строительства дренажных коллекторов.

В перспективе предстоит огромная работа по разработке средств механизации, формированию комплексов специализированных основных (ведущих) и вспомогательных машин, по строительству коллекторно-дренажной сети на орошаемых землях и подтопленных территориях в различных регионах Российской Федерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Миронов В.И. Технология и механизация дренажных работ в зоне орошения. Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ, 2002. -120 с.

УДК 626.862.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ГЛУБОКОГО ЗАКРЫТОГО ДРЕНАЖА ПРИ МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ В ОРОШАЕМОЙ ЗОНЕ

В.И. Миронов, Н.В. Литвинова
ФГНУ «РосНИИПМ»,
А.В. Лещенко, А.В. Миронов, А.В. Гербст
ФГОУ ВПО «НГМА»

Первая крупная Нижне-Донская оросительная система, созданная в начале 60-х годов прошлого века в Ростовской области, позволила резко расширить объемы орошаемых площадей, ухудшив их мелиоративное состояние. Это мы видим из материалов исследований, проведенных

П.Я. Кравченко, который отмечает, что за последние семь лет (начиная с 1954 года) на орошаемых землях произошло интенсивное поднятие уровней грунтовых вод (УГВ) по причине отсутствия первоначально построенного открытого и тем более закрытого дренажа [1]. В таблице 1 приведены результаты исследований (данные по П.Я.Кравченко) о динамике фактического изменения положений УГВ под воздействием Цимлянского водохранилища на территории области [2].

Таблица 1

Площади земель с залеганием УГВ, тыс.га

| Период времени года | Глубина залегания УГВ, тыс. га | | |
|---------------------|--------------------------------|------|------|
| | 0-1 | 1-2 | 2-3 |
| 1956 год | | | |
| Весна | 0,2 | 3,0 | 3,2 |
| Лето | 1,2 | 10,8 | 12,0 |
| Осень | 1,4 | 4,3 | 5,7 |
| 1957 год | | | |
| Весна | 2,2 | 6,3 | 8,3 |
| Лето | 0,8 | 9,3 | 10,2 |
| Осень | 0,2 | 4,3 | 4,5 |
| 1958 год | | | |
| Весна | 7,5 | 9,5 | 17,0 |
| Лето | 1,4 | 10,2 | 11,6 |
| Осень | 1,5 | 8,5 | 10,0 |
| 1959 год | | | |
| Весна | 8,4 | 10,6 | 19,0 |
| Лето | 2,5 | 13,0 | 15,0 |
| Осень | 4,0 | 9,7 | 13,7 |

В начале шестидесятых годов, как отмечалось рядом исследователей, уровни грунтовых вод на значительных площадях поднялись выше критически допустимых отметок, что неблагоприятно для основных сельскохозяйственных культур Нижне-Донской оросительной системы (таблица 1). Под напором вод Цимлянского водохранилища в отдельных районах и хозяйствах (Большевском, Потаповском, Висловском, Дубенцовском, Задано-Кагальницком, Мечетновском и др. с общей площадью свыше

8200 га) земли уже тогда находились под угрозой вторичного засоления [1, 2].

Основными причинами ухудшения мелиоративного состояния орошаемых земель являются:

- полное отсутствие или очень слабое дренирование и обустройство земель сельскохозяйственного назначения;

- неудовлетворительная организация работ по освоению, введение в эксплуатацию земель и пользование водой на оросительных системах и в хозяйствах;

- нерациональное размещение посевов сельскохозяйственных культур и наличие слаборазвитой сбросной сети, что обычно приводит к поднятию УГВ и заболачиванию земель;

- значительная фильтрация оросительной воды из каналов межхозяйственной, хозяйственной и внутрихозяйственной сети.

Исследования, проведенные в 60-е годы учеными НИМИ, в 80-е годы сотрудниками ЮжНИИГиМ, а в 90-е годы авторами данной статьи, показывают, что:

- регулирующая коллекторно-дренажная сеть по причине плотности залегания и низких фильтрационных свойств минеральных грунтов, с учетом нумерации их по типоразмерному ряду и способа устройства (раздельным, либо комплексно-механизированным: траншейным, узкотраншейным) должна быть уложена на достаточно необходимую глубину (таблица 2, 3) и с научно-обоснованными параметрами, реализуемыми в соответствующих им технологических процессах;

- сбросная коллекторно-дренажная сеть должна не создавать подпоров воды, служить надежной протокой для систем, а в отдельных случаях иметь системы перекачки, либо двойного регулирования на оросительных системах;

- закрытая коллекторно-дренажная сеть, с учетом рельефа местности,

должна укладываться с надежным устройством стыковых соединений и сопряжений с истоковым и устьевым сооружениями, колодцами и быть защищенной от попадания в них мусора и инородных включений [3, 4];

- дренажи и коллекторы, уложенные в зоне орошения на достаточно большие глубины ($H_d = 3,5-5,0$ м и $H_k = 4,0-6,5$ м), оказывают эффективное воздействие на прилегающие территории (хозяйства Жданова, Дубовский, Золотаревский и др. Ростовской области), способствуют не только снижению уровня УГВ, но и постепенному рассолению земель, улучшающих мелиоративное состояние. Основные параметры и показатели по наиболее широко применяемым способам строительства закрытого дренажа на орошаемых землях были обобщены и приведены в таблицах 2, 3.

Из опыта работы и результатов полевых исследований видно, что комплексно-механизированные методы строительства ЗГД являются в настоящее время более высокопроизводительными и эффективными в сравнении с другими, например, с отдельным полумеханизированным и механизированным бестраншейным методом. При реализации бестраншейного способа образуется зона наддренного кругового уплотнения из минеральных грунтов, что резко повышает гидравлические сопротивления и снижает водозаборную способность дренажных конструкций. Процесс разуплотнения на участках дренирования, как показывают исследования в полевых условиях, после работы дреноукладчика типа Д-251 длится от 3,5 до 15-20 лет, в зависимости от физико-механических характеристик разрабатываемых грунтов.

Таблица 2

**Основные технологические параметры закрытых дрен и коллекторов на орошаемых землях
Ростовской области, укладываемых раздельным способом**

| Нумерация КДС | Глубина – выемки, м дрены, м | Диаметр труб, мм | Уклон - i | Междреннее расстояние, м | Уд.протя- женность, м/га | Длина дрен, коллекторов, м |
|--|------------------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------------|--|-------------------------------|
| Дрены: | <u>2,5-4,7</u> 2,0-4,0 | 100-300 | 0,0015-0,004 | 100-480 | 25-200 | от 300 до 1500 |
| Коллекторы: - внутрихозяйственные по № 4-5 | <u>4,0-6,0</u> 3,0-5,0 | 200-400 | 0,001 | 800-1500 | 10-12 | >2000 |
| - межхозяйственные, магистральные по №5-6 | <u>4,5-8,0</u> 4,0-6,5 | 400-600 | 0,001 | >2000 | 4-5 | >3000 |
| Нумерация КДС | Глубина выемки, м | Ширина вы- емки, м | Заложение откосов, m | | Уд. объем вы- емки грун- та, м ³ /м | Ширина полосы ВОЗ, м |
| Дрены: | | | | | | |
| - по нумерации № 1-3 | 2,0-3,5 | 0,6-1,0 | 1:0,5 – 1:0,75 | | 6-18 | 20-30 |
| - то же по № 4 | до 4,7-5,0 | 1,0-1,2 | 1:1 - 1:1,25 | | 18-42 | 30-42 |
| Коллекторы: | | | | | | |
| - внутрихозяйственные по № 4-5 | 4,0-6,0 | 1,1-1,2 | 1:1 - 1:1,25 | | 30-52 | 40-55 |
| - межхозяйственные по № 5-6 | 4,5-8,0 | 1,2-1,8 | 1:1 - 1:1,5 | | 36-65 | 47-70 |

**Основные технологические параметры закрытого горизонтального дренажа на орошаемых землях
Ростовской области, укладываемого узкотраншейным способом**

| Глубина укладки дрен, H_d , м | <u>Длина дрены – L_d, м</u> Диаметр труб – D_t , мм | <u>Междреннее расстояние – B, м</u> Уклон дрены – i , % | Положение УГВ на междренье – h_r , м | Отношение – K_ϕ/q |
|---------------------------------|---|---|--|------------------------|
| 1,75 | $\frac{\leq 300}{50-75}$ | $\frac{\leq 50-100}{0,01-0,04}$ | $> 1,0$ | 150-200 |
| 2,0 | $\frac{\leq 400}{50-75}$ | $\frac{\leq 100}{0,01-0,03}$ | $> 1,0-1,1$ | 200 |
| 2,25 | $\frac{\leq 500}{75}$ | $\frac{\leq 120}{0,01-0,03}$ | $> 1,1-1,2$ | 225 |
| 2,5 | $\frac{\leq 600}{75-100}$ | $\frac{\leq 120-130}{0,01-0,025}$ | $> 1,3$ | 225-250 |
| 2,75 | $\frac{\leq 800}{75-100}$ | $\frac{\leq 140}{0,01-0,02}$ | $> 1,3-1,4$ | 300 |
| 3,0 | $\frac{\leq 1000}{100-125}$ | $\frac{\leq 150}{0,01-0,02}$ | $> 1,4-1,5$ | 400 |
| 3,25 | $\frac{\leq 1500}{100-125}$ | $\frac{\leq 150-170}{0,001-0,015}$ | $> 1,5$ | 400-425 |
| 3,5 | $\frac{\leq 1800}{125-150}$ | $\frac{\leq 170-200}{0,001-0,01}$ | $> 1,5-1,7$ | 425-450 |
| 4,0 | $\frac{\leq 2000}{125-150}$ | $\frac{\leq 200-250}{0,001-0,01}$ | $> 1,7-1,9$ | 450-470 |

Определенный интерес с точки зрения повышения уровня механизации, качества строительства и снижения себестоимости укладки дренажа в орошаемой зоне представляет опыт и направления работ зарубежных стран. В США, Германии и Нидерландах, где дренаукладчики типа Бокей-411 АД, 6057 «Хайконс», Супер-Гигант-525 способны разрабатывать не только траншеи глубиной $H_T = 3,5$ м, но и значительно более глубокие, например, доходя от $H_T = 4,5$ м до $H_T = 6,0$ м, а отдельные типы дренаукладочных машин даже способны отрывать траншеи глубиной до $H_T = 7,0$ м (Голландия) узкотраншейным способом. Данный способ при укладке высокотехнологичных полимерных труб весьма перспективен, имея перед другими способами ряд существенных преимуществ по нескольким технико-экономическим показателям одновременно: снижение сроков и повышение темпов строительства закрытого дренажа, сведение к минимуму объемов земляных работ при сохранении верхнего плодородного слоя и разрушении минеральных грунтов по глубине с наименьшим поперечным сечением, сокращение трудовых и стоимостных затрат на единицу длины коллекторно-дренажной выемки-траншеи.

Таким образом, исследования, проведенные на Донских оросительных системах показали, что:

1. Большая часть конструкций закрытого горизонтального дренажа (ЗГД), построенного раздельным (полумеханизированным) способом на орошаемых землях работает с большими гидравлическими сопротивлениями (ξ) и имеет низкую водозаборную способность (μ), не выполняя при этом своих основных мелиоративных функций.

2. По причине недостаточной эффективности работы ЗГД, наличия плотности сложения у разрабатываемых грунтов в выемках-траншеях (суглинки обычные и лессовидные, глины) возможно одним из путей улучшения качества работы является: увеличение глубины укладки дренажа (до $H_T = 3,5-5,0$ м) и уменьшение междренних расстояний (B) от 300-350 м до

140-200 м, но с учетом физико-механического состава разрабатываемых грунтов на каждом конкретном участке дренирования.

3. Большую роль на водозаборную способность дренажа оказывают: водопроницаемость покрытия труб защитно-фильтрующими материалами (ЗФМ), объемная обсыпка дренажной конструкции (ОФМ) и проработка обратной засыпки в виде минеральных грунтов по глубине и длине в выемке-траншее, что важно для обеспечения необходимых фильтрационных свойств дренажных конструкций.

В дренах эффективнее работают крупнопористые материалы и фильтры, а также трубопроводы, уложенные частично или полностью в грунты с ненарушенной структурой сложения (с естественной пористостью).

Между технологическими операциями – разработкой выемки-траншеи, укладкой дренажа и его обратной засыпкой (присыпкой) не должно быть разрывов во времени, их необходимо выполнять в одну технологическую операцию. Эти недостатки во многом ликвидируются при применении комплексно-механизированных технологических процессов строительства ЗГД на орошаемых землях.

4. Комплексно-механизированные технологии строительства ЗГД дреноукладчиками обеспечивают непрерывность процесса разработки траншей, укладки дренажных труб, обсыпки их объемно-фильтрующими материалами и обратную присыпку (частично) трубопровода минеральными грунтами по всей его длине, что заранее предопределяет повышение качества укладки дренажных конструкций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кравченко П.Я. Пути коренного улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель Нижне-Донской оросительной системы Ростовской области: Сб. Тр. НИМИ. – Ростов н/Д: Изд-во РГУ. – Т. VII.

– С.79-94.

2. Шульга Н.Н., Кравченко П.Я., Липатов П.С. и др. Результаты обследования орошаемых земель Семикаракорского района в 1960 году: Отчет о НИР. – Новочеркасск, 1960.

3. Филиппов Ю.Г., Джанумов Р.Г. Методика контроля водозаборной способности закрытых трубчатых дрен на орошаемых землях: Сев. Кав. ЦНТИ. Информ. листок №272-72. – Ростов н/Д, 1972.

4. Джанумов Р.Г. Исследование водозаборной способности закрытых дрен на Донских оросительных системах: Дис. ... канд. техн. наук. – Новочеркасск, 1973. – 183 с.

УДК 628.16.004.12:57.017.35

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РЫХЛИТЕЛЯ НА КАЧЕСТВО РЕГЕНЕРАЦИИ ДВУХСЛОЙНОГО ФИЛЬТРА

В.Н. Лозовой, А.П. Васильченко
ФГНУ «РосНИИПМ»

Регенерация двухслойной фильтрующей загрузки является важным фактором в эксплуатации медленных фильтров. Проведенные опыты по процессу кольматации при скорости фильтрования 0,4-0,5 м/ч показали, что основная масса загрязнений приходится на 22-25 сантиметровый слой загрузки. Но небольшая часть загрязнений проникает в загрузку и глубже, и если ее не извлекать оттуда, то через 15-20 фильтроциклов произойдет внутреннее загрязнение загрузки, что приведет к снижению производительности фильтра и потребуются полная перемывка этой загрузки, а это весьма трудоемкая работа.

Самым эффективным методом регенерации безреагентных фильтров по результатам наших исследований является гидравлический метод с ис-

пользованием системы напорных несвободных водяных струй, обеспечивающих размыв и вынос практически всех загрязнений из фильтрующей загрузки при одновременной классификации грансостава загрузки в направлении движения фильтруемой воды.

Исследования проводились на модели медленного фильтра, загруженного следующими материалами: ОДМ-2Ф и кварцевым песком. Регенерация (восстановление первоначальных свойств фильтрующей загрузки) осуществлялась конически сходящимся насадком. Насадок был выполнен из полиэтилена в двух конструкциях (рисунок 1):

- первая конструкция представляла собой насадок, конически сходящийся с центральным отверстием $d_o = 6, 8, 10$ мм;

- вторая конструкция – это насадок, конически сходящийся с боковыми прорезями с эквивалентным диаметром $d_{экр} = 14,0; 15,8$ и $17,6$ мм.



Рис. 1. Конструкции насадков гидравлического рыхлителя

- 1 – насадок, конически сходящийся с центральным отверстием;
2 – насадок, конически сходящийся с боковыми прорезями

Модель медленного фильтра позволяет проводить замеры напора перед выходным отверстием насадка, скорости движения насадка относительно загрузки, ширину и глубину зоны размыва загрузки.

Напор перед насадком на установке измерялся манометром. Глубину

H и ширину B зоны размыва замеряли мерной линейкой. Перед установкой насадка с центральным отверстием и боковыми прорезями на напорную трубу лабораторной установки, были сняты показания расхода Q из насадков при различном давлении P . Расчетным путем были определены скорости истечения воды из насадков V_c .

Проведение серии опытов по размыву двухслойных загрузок со стационарными насадками, установленными на уровне зернистой загрузки в средней части лотка у прозрачной передней стенки, позволило получить зависимость глубины размыва зернистой загрузки H и ширины размыва B от скорости истечения воды из конически сходящихся насадков с центральными отверстиями при $d_o = 6, 8, 10$ мм и конически сходящийся с боковыми прорезями с эквивалентным диаметром $d_{\text{экв}} = 14,0; 15,8$ и $17,6$ мм (рисунок 2, 3, 4).

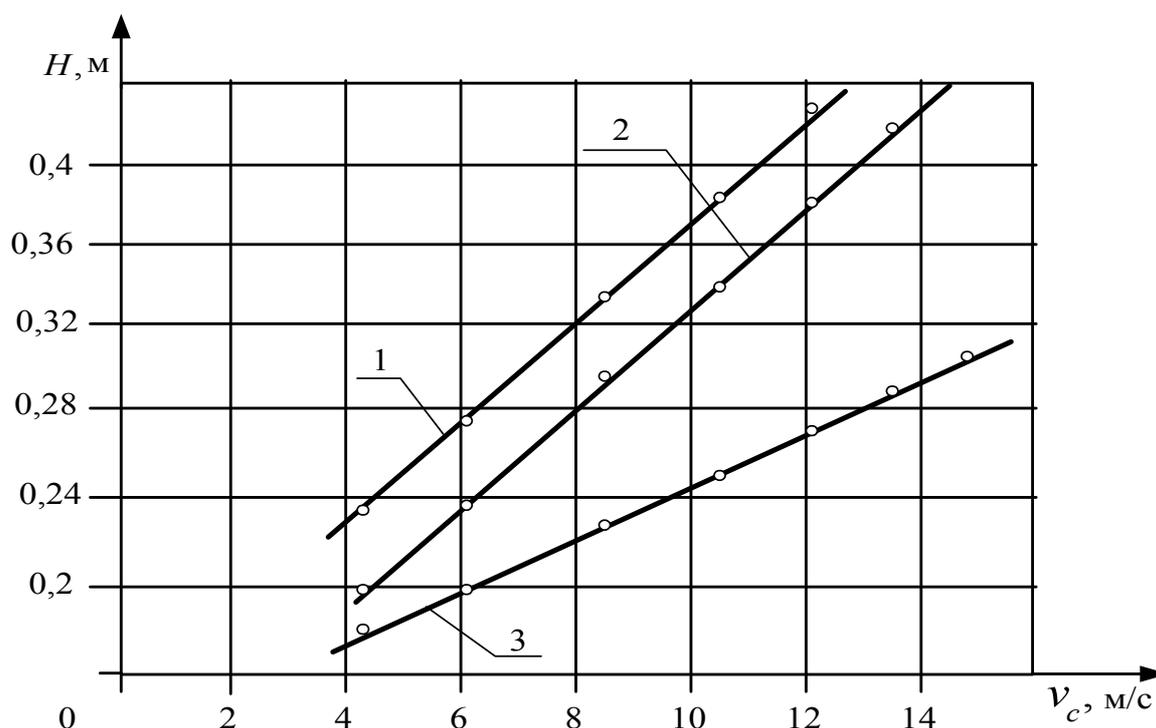


Рис. 2. Зависимость глубины зоны размыва H зернистой загрузки от скорости истечения воды V_c из стационарного насадка с центральным отверстием
 1 – $d_o = 10,0$ мм; 2 – $d_o = 8,0$ мм; 3 – $d_o = 6,0$ мм

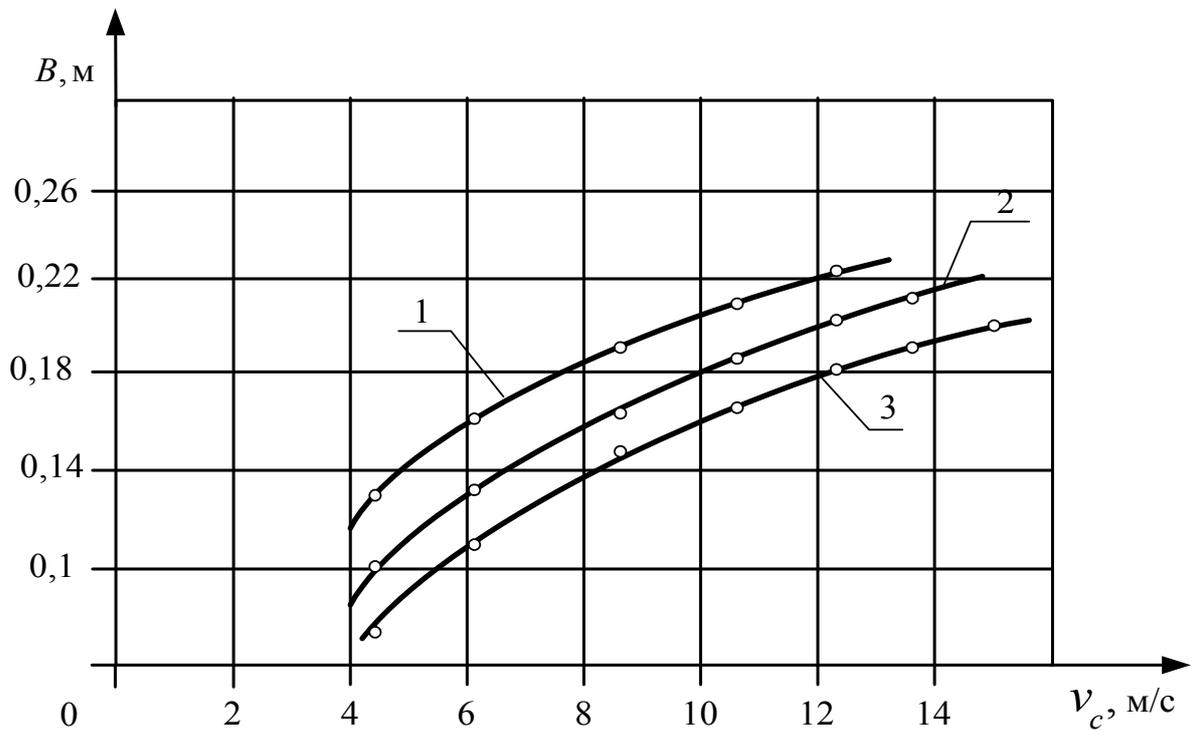


Рис. 3. Зависимость ширины зоны размыва B зернистой загрузки от скорости истечения воды V_c из стационарного насадка с центральным отверстием

1 – $d_o = 10,0$ мм; 2 – $d_o = 8,0$ мм; 3 – $d_o = 6,0$ мм;

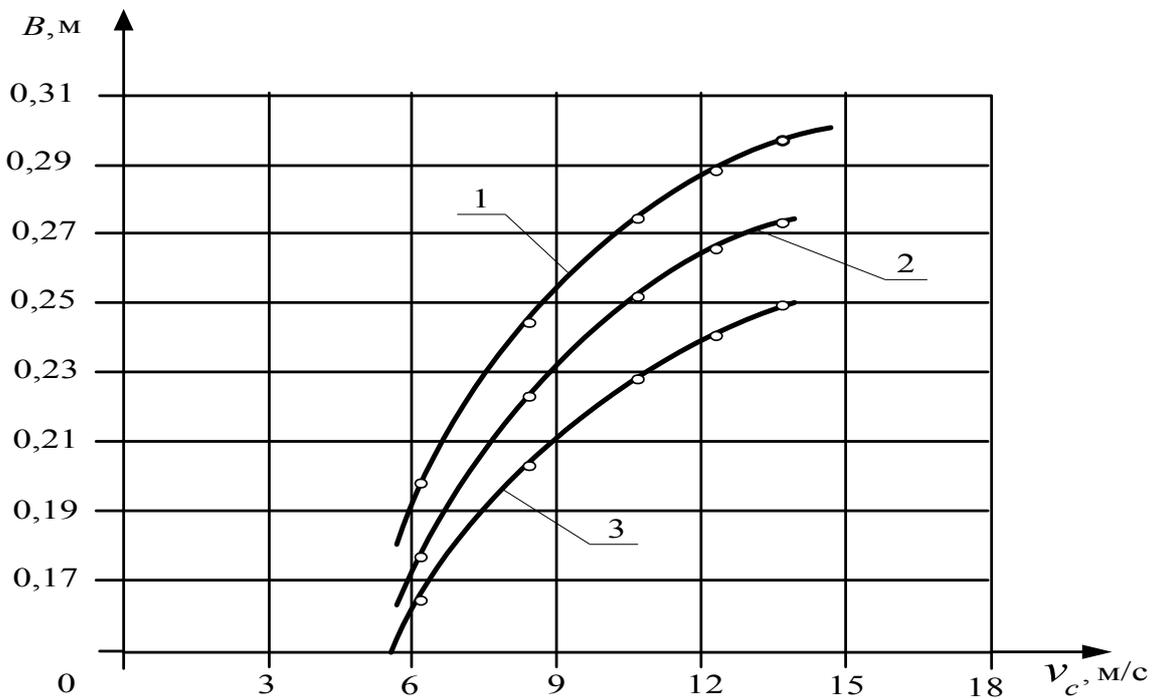


Рис. 4. Зависимость ширины зоны размыва B двухслойной загрузки от скорости истечения воды V_c из стационарного конически сходящегося насадка с боковыми прорезями

1 – $d_{экр} = 17,6$ мм, 2 – $d_{экр} = 15,8$ мм, 3 – $d_{экр} = 14,0$ мм.

Выводы

- ширина B зоны размыва коническим насадком двухслойной фильтрующей загрузки из материала ОДМ-2Ф и кварцевого песка зависит от диаметра выходного отверстия насадка d ;

- наибольшая ширина размыва зернистой двухслойной загрузки из ОДМ-2Ф и кварцевого песка получена при использовании конически сходящегося насадка с боковыми щелями и эквивалентным диаметром $d_{\text{ЭКВ}} = 17,6$ мм.

УДК 628.16.067: 57.017.35

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РЫХЛИТЕЛЯ НА ХАРАКТЕР ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СОРТИРОВКИ ФИЛЬТРУЮЩЕЙ ЗАГРУЗКИ ФИЛЬТРОВ

В.Н. Лозовой, А.П. Васильченко
ФГНУ «РосНИИПМ»

При эксплуатации медленных фильтров большую роль играет их регенерация. При регенерации двухслойной фильтрующей загрузки гидравлическим методом с использованием системы напорных несвободных водяных струй происходит размыв и взвешивание этой загрузки с последующем ее осаждением. Проведенные нами исследования показали, что гидравлический способ регенерации позволяет произвести разделение слоев ОДМ-2Ф и кварцевого песка. Это имеет большое значение, так как в двухслойной загрузке идет объемное фильтрование, т.е. загрязнения проникают практически на всю глубину ОДМ-2Ф и лишь небольшая часть этих загрязнений проникает в кварцевый песок. Поэтому чем меньше процентное содержание кварцевого песка в верхнем слое загрузки, тем больше межзернового пространства материала ОДМ-2Ф в этом слое. Это приводит

к тому, что не образуется грязевая пленка, которая оказывает основное сопротивление фильтрационному потоку, а значит, увеличивается фильтроцикл.

Процентное содержание ОДМ-2Ф в верхнем слое загрузки после регенерации зависит от интенсивности промывки, глубины погружения насадка, скорости перемещения насадка и скорости истечения струи.

Исследованиями установлено, что при движении насадка по поверхности загрузки в верхний 20-сантиметровый слой можно выделить в среднем около 70 % ОДМ-2Ф (рис 1). При таком содержании ОДМ-2Ф образуется смешанная загрузка.

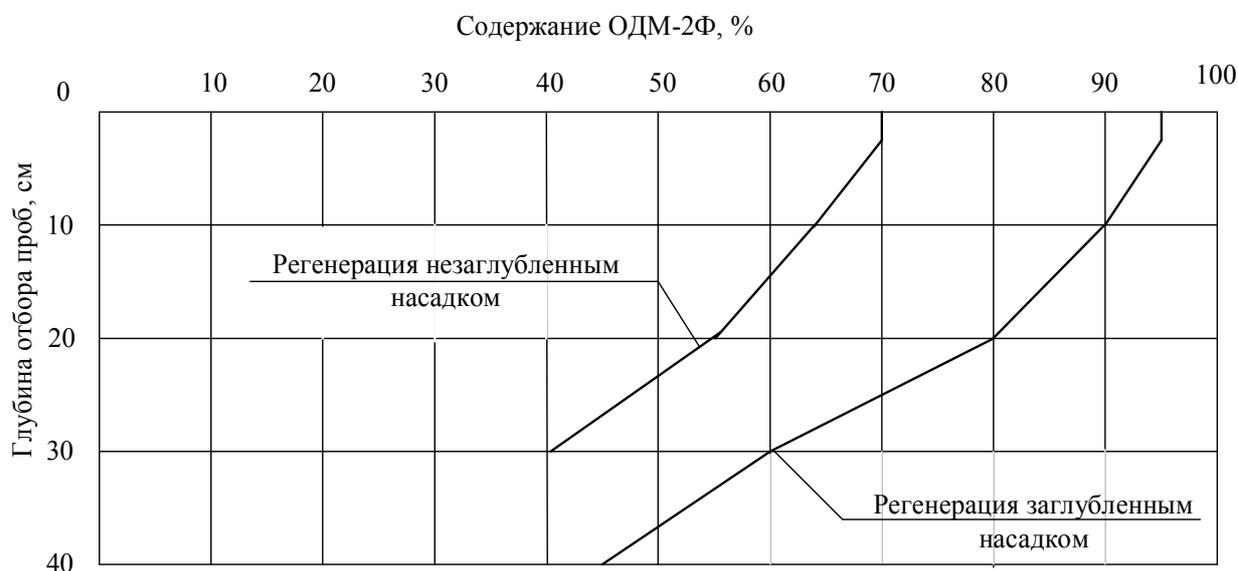


Рис. 1. Распределение ОДМ-2Ф в фильтрующей загрузке при ее регенерации

Регенерация с заглубленным насадком позволяет выделить в верхний слой загрузки до 95 % ОДМ- 2Ф (рис. 1, 2). При регенерации заглубленным насадком промывная вода, выходя через боковые прорезы, создает обратный ток – снизу вверх. Поэтому в силу разности удельных весов ОДМ-2Ф и кварцевого песка, а также размеров частиц, происходит разделение слоев загрузки.



Рис. 2. Распределение ОДМ-2Ф в верхнем слое загрузки в зависимости от заглубления насадка

Исследования скорости перемещения насадка на разделение слоев загрузки показали, что с увеличением скорости перемещения насадка уменьшается содержание ОДМ-2Ф в верхнем слое загрузки (рис. 3). Так, например, при статическом положении в верхнюю часть загрузки можно выделить до 95 % ОДМ-2Ф, при скорости перемещения насадка $V_n = 0,01 \text{ м/с}$ в верхнюю часть загрузки выделяется до 90 %, при скорости перемещения насадка $V_n = 0,02 \text{ м/с}$ выделяется до 85 %, а при $V_n = 0,04 \text{ м/с}$ содержание ОДМ-2Ф уменьшается до 80 %. При скорости перемещения насадка $> 0,04 \text{ м/с}$ образуется смешанная загрузка, так как в этом случае в верхнюю часть удается вы делить только 65-70 % ОДМ-2Ф. Кроме того, при $V_n > 0,04 \text{ м/с}$ начинают появляться большие тяговые сопротивления. Это объясняется тем, что при $V_n > 0,02-0,04 \text{ м/с}$ времени контакта промывной воды с загрузкой недостаточно для гидравлической сортировки и размыва загрузки перед насадком по направлению движения. Поэтому во время регенерации скорость перемещения тележки рыхлителя не должна превышать 0,01 м/с.

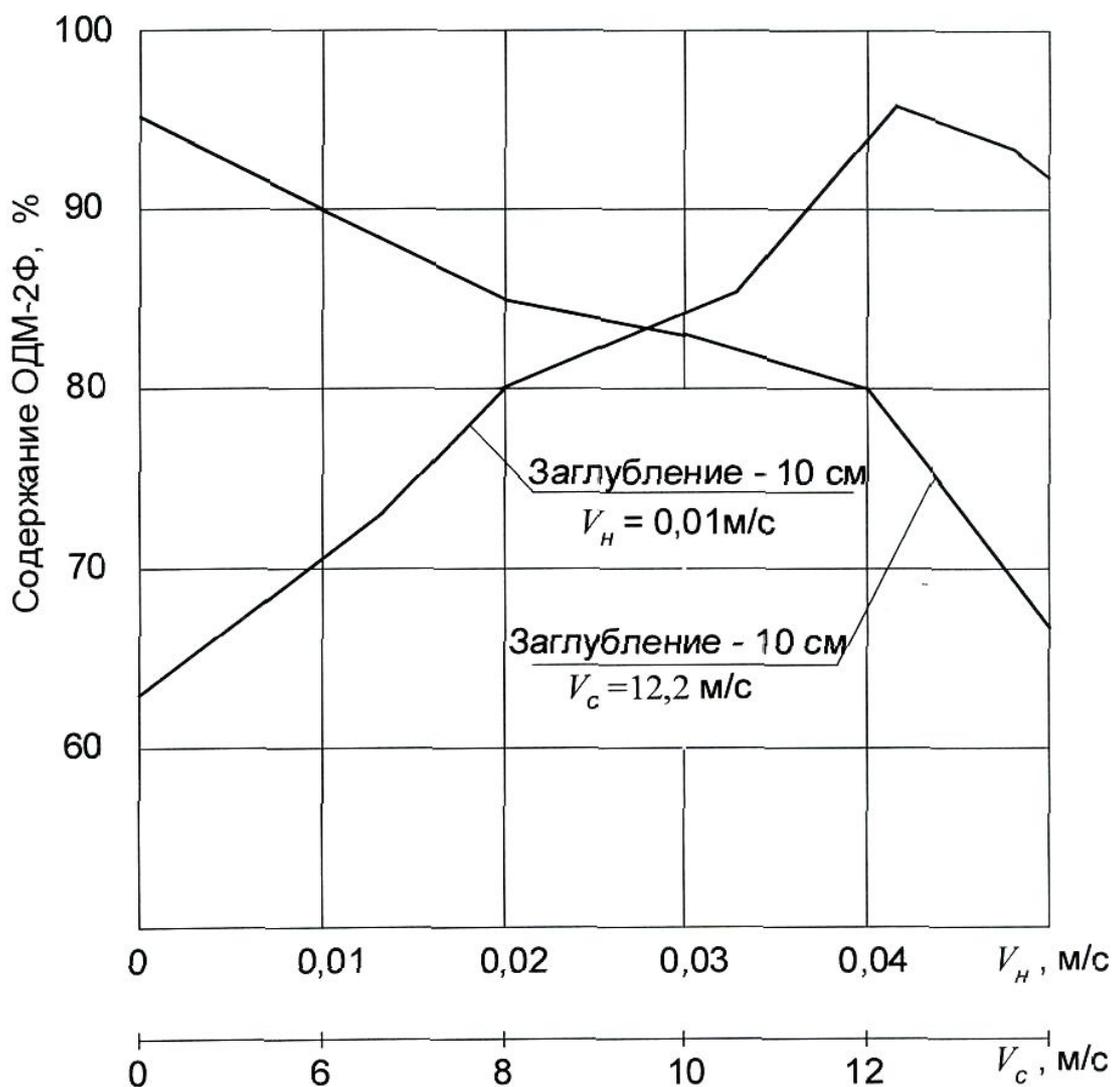


Рис. 3. Распределение ОДМ-2Ф в верхнем слое загрузки в зависимости от скорости перемещения насадка и скорости истечения струи

Исследования влияния скорости истечения струи на разделение слоев загрузки показали, что с увеличением скорости процентное содержание ОДМ-2Ф увеличивается, достигая своего максимального значения (рис. 3). Дальнейшее увеличение скорости истечения приводит к снижению содержания ОДМ-2Ф. Максимальное количество ОДМ-2Ф было получено при скорости, равной 12,2 м/с. На наш взгляд, это объясняется следующим. При увеличении скорости истечения струи из насадка в верхнюю часть загрузки начинают выноситься все более крупные частицы ОДМ-2Ф, поэтому его процентное содержание увеличивается. При превышении скоро-

сти истечения струи критического значения, равного 12,2 м/с, в верхнюю часть загрузки начинает выноситься и песок. Поэтому во время гидравлической сортировки загрузки скорость истечения должна быть равна 12,2 м/с.

Выводы

Наилучшими условиями для гидравлической сортировки двухслойной загрузки являются:

- глубина заглабления насадка не более 10 см;
- скорость истечения струи $V_c = 12,2$ м/с;
- скорость перемещения насадка $V_n = 0,01$ м/с.

УДК 628.16.067-948: 57.017.35

СУЩЕСТВУЮЩИЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ВОДОПРОНИЦАЕМОСТИ ЗАГРУЗКИ МЕДЛЕННЫХ ФИЛЬТРОВ

В.Н. Лозовой, А.П. Васильченко
ФГНУ «РосНИИПМ»

В водопроводной практике известно несколько методов восстановления пропускной способности медленных фильтров, которая является важнейшим процессом при эксплуатации безреагентных очистных сооружений.

Наиболее распространенным методом регенерации медленных фильтров до недавнего времени являлся ручной метод, при котором верхний загрязненный слой толщиной 2-3 см снимался вручную и удалялся за пределы фильтра. Однако ручная чистка – весьма трудоемкая и продолжительная операция, требующая значительных затрат. К тому же условия труда во время снятия загрязненного слоя песка и выгрузки его на поверхность из пределов фильтра отрицательно сказываются на здоровье людей.

Существовало также несколько полумеханизированных и механизированных методов, позволяющих облегчить или заменить ручной труд по снятию загрязненного слоя песка или по его промывке.

Позднее была предложена промывка передвижными трубами. Площадь фильтра отмывалась по частям этими трубами, смонтированными в передвижной агрегат. Промывные трубы с насадками, погруженные в слой песка, передвигались по площади фильтра, последовательно отмывая отдельные участки.

Методы очистки медленных фильтров не совершенствовались до 70-х годов прошлого века, так как для очистки воды при водоснабжении городов стали использовать скорые фильтры.

За последние 45-50 лет у нас в стране проведены значительные исследования, направленные на усовершенствование конструкций и эксплуатации медленных фильтров. Наиболее значительными исследованиями, имеющими практическое значение, можно назвать работы по усовершенствованию конструкции медленных фильтров и их регенерации, проведенные во ВНИИГиМе, НГМА и ФГНУ «РосНИИПМ».

Во ВНИИГиМе Е.А. Силиным (1961, 1965 гг.) на опытной установке проводились исследования по регенерации медленного фильтра системой низконапорных передвижных струй воды, истекаемых из дырчатой трубы с удалением отмытых загрязнений горизонтальным потоком воды [1]. В данном случае струи использовались не для извлечения загрязнений из толщи песка, а для размыва верхнего загрязненного слоя, позволяющего интенсифицировать процесс взвешивания илистых частиц горизонтальным потоком воды. Глубина промываемого слоя песка при этом не превышала 4-5 см. Применение данного способа позволило сократить время простоя фильтра во время регенераций. Однако, вследствие малой глубины промываемого слоя, загрязнения, проникающие на глубину более 5 см, постепенно там накапливались, образуя внутреннюю загрязненность загрузки,

что в свою очередь вызывало прогрессирующее снижение производительности фильтра и необходимость через 15-20 фильтроциклов производить полную промывку всего фильтрующего слоя.

В Новочеркасской государственной мелиоративной академии (бывший НИМИ) в лабораторных условиях инженером В.С.Кутузовым (1964-1966 гг.) под руководством профессора В.С. Оводова проводились исследования регенерации медленного фильтра горизонтальным потоком воды при одновременном механическом рыхлении верхнего загрязненного слоя песка зубчатой бороной [2].

В РосНИИПМ (бывший ЮжНИИГиМ) в производственных условиях П.С. Мирошниченко и В.Н. Лозовым (1966-1967 гг.) также под руководством профессора В.С. Оводова проводились исследования работы медленного фильтра, регенерируемого горизонтальным потоком воды при одновременном механическом рыхлении верхнего слоя песка [3]. В процессе исследований механический рыхлитель был значительно усовершенствован и упрощен.

Вышеуказанные методы регенерации, обеспечивающие удовлетворительную промывку верхнего слоя песчаной загрузки толщиной до 5 см, не обеспечивают удаления загрязнений, проникающих в более глубокие слои фильтра и образующих внутреннюю загрязненность песчаной загрузки. Внутреннее загрязнение фильтра с каждым последующим фильтроциклом возрастает и через 15-20 фильтроциклов приводит к снижению его производительности в полтора-два раза. Кроме того, при вышеприведенных методах регенерации фильтров имеет место рост начальных потерь напора после каждого фильтроцикла, а следовательно, происходит сокращение продолжительности каждого фильтроцикла. Это вызывает необходимость производить полную промывку всего фильтрующего слоя, а процесс этот длительный и очень трудоемкий.

К недостаткам медленных фильтров, регенерируемых с помощью

механического рыхлителя, следует также отнести большую металлоемкость конструкции этого рыхлителя и большие тяговые сопротивления при перемещении такого рыхлителя, что вызывает довольно частый выход его из строя.

В РосНИИПМ в лабораторных и производственных условиях В.Н. Лозовым (1972-1975 гг.) проводились исследования по усовершенствованию оборудования и технологии регенерации медленных однослойных фильтров системой напорных несвободных водяных струй с одновременным усовершенствованием и самой конструкции медленного фильтра [4].

На основании этих исследований, в ЦНИИЭП инженерного оборудования в 1979-1980 гг. были разработаны типовые проекты медленных фильтров (рисунок 1) на производительность от 1600 до 12000 м³/сутки, которые широко внедрялись на групповых и локальных водопроводах в Ростовской области и Ставропольском крае.

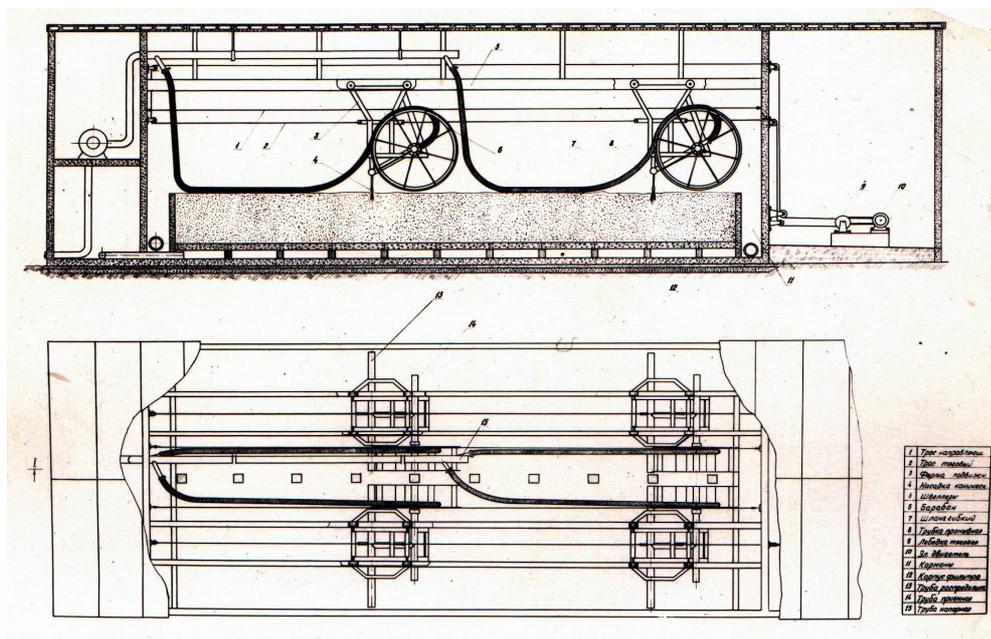


Рис. 1. Схема усовершенствованной конструкции медленного однослойного фильтра с гидравлической регенерацией фильтрующей загрузки

Проекты рассчитаны на возможность блочной компоновки водопроводных очистных сооружений, а также перспективное развитие их в ука-

занном диапазоне производительностей. С помощью этих проектов решались с наибольшим экономическим эффектом вопросы безреагентной очистки воды крупных сельскохозяйственных регионов России

.Однако после нескольких лет эксплуатации медленных фильтров, построенных по проектам ЦНИИЭП инженерного оборудования, были выявлены следующие недостатки таких очистных сооружений:

- скорости фильтрования, равные 0,1-0,2 м/ч, очень малы, что вынуждает строить очистные сооружения с большими площадями фильтрования, а это ведет к удорожанию строительства таких сооружений и к проблемам их регенерации;

- конструкция промывного устройства (гидравлический рыхлитель) очень громоздка и не надежна в работе. Барабан, на который наматывается гибкий шланг длиной 30-50 м, с промывной водой весит до 300-400 кг плюс вес рыхлителя с кареткой;

- трос, который приводит во вращение барабаны рыхлителя, выходит из строя в течение одного года, т.к. постоянно контактирует с водой, а его потребность на одну секцию фильтра составляет 80-100 м;

- гибкий шланг очень часто не наматывается виток к витку, и зачастую навивается на этот шланг, что приводит к перекосам всего гидравлического рыхлителя и заклиниванию его в подвесных швеллерах;

- насадки рыхлителя, выполненные из металла, через несколько лет подвергаются коррозии, и выходное отверстие сопла, которое должно быть диаметром 8 мм, становится равным 12-15 мм. Это ухудшает технологию промывки фильтра.

В связи с этим, в ФГНУ «РосНИИПМ» в 1991-1994 гг. были продолжены исследования по усовершенствованию конструкции и технологии очистки воды на медленных фильтрах [5]. Был предложен новый способ фильтрования воды на медленных фильтрах с использованием двухслойной фильтрующей загрузки из дробленого керамзита и кварцевого песка

(А. с. № 1681888 «Способ фильтрования»). Новый способ позволил повысить скорости фильтрования воды до 0,4-0,5 м/ч и снизить площади застройки медленных фильтров вдвое при неизменной производительности очистных сооружений.

Были проведены работы и по усовершенствованию промывного устройства для регенерации двухслойных медленных фильтров. Было получено Авторское свидетельство № 1611383 «Устройство для регенерации двухслойных медленных фильтров». Однако развал СССР и прекращение финансирования науки не позволили завершить важные работы по усовершенствованию безреагентных методов очистки воды.

В 2000 году в ФГНУ «РосНИИПМ» исследования по усовершенствованию конструкции и технологии очистки воды на медленных фильтрах были продолжены [6, 7]. В результате было разработано усовершенствованное оборудование по регенерации медленных фильтров в виде усовершенствованного гидравлического рыхлителя (рисунок 2).



Рис. 2. Усовершенствованное оборудование по регенерации медленных фильтров

Данный гидравлический рыхлитель внедрен на очистных сооружениях г. Константиновска, п. Луговой и п. Опенки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Силин Е.А. Теоретические основы процесса верхней промывки песчаных фильтров // Обводнение и с.-х. водоснабжение: Сб. науч. тр. / ВНИИГиМ. - М.: Колос, 1965. – Т. 45. – С. 57-82.
2. Кутузов В.С. О регенерации медленных фильтров // Безреагентная очистка воды: Тезисы. докл. науч.-техн. конф. - Одесса, 1965. - С. 48-50.
3. Мирошниченко П.С., Лозовой В.Н. Механизация и автоматизация медленного фильтра // Гидротехника и мелиорация. - 1969. - № 7. - С. 96-102.
4. Лозовой В.Н. Разработка и исследование способа регенерации медленных фильтров системой напорных несвободных водяных струй: Дис. ... канд. техн. наук. – Новочеркасск, 1975. – 299 с.
5. Разработать и внедрить новую высокоэффективную конструкцию многослойного безреагентного фильтра с усовершенствованной гидравлической регенерацией на базе компактных блоков с производительностью каждого 500 и 1000 м³/сут. для условий Ростовской области: Отчет о НИР /НПО «Югмелиорация»; Руководитель В.Н. Лозовой. - Новочеркасск, 1993. – 94 с.
6. Лозовой В.Н. Назначение и особенности медленных фильтров регенерируемых гидравлическим способом // Совершенствование технологии и средств механизации производственных процессов в АПК: Тезисы докл. межвуз. науч.-техн. конф. // В.Н. Лозовой, Е.Н. Зуйкина; НГМА. – Новочеркасск, 2001. – С. 53-54.
7. Лозовой В.Н. Исследование возможности модернизации работы медленных фильтров // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: Сб. науч. тр. / В.Н. Лозовой, Е.Н. Зуйкина; ФГНУ «РосНИИПМ». – М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2002.- Вып. 34. – С. 175-180.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТА РЕГЕНЕРАЦИИ ФИЛЬТРУЮЩЕЙ ЗАГРУЗКИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СКОРОСТИ ИСТЕЧЕНИЯ СТРУИ, ДИАМЕТРА НАСАДКА И СКОРОСТИ ЕГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ

В.Н. Лозовой, А.П. Васильченко
ФГНУ «РосНИИПМ»

Одним из факторов, влияющих на долгую и качественную работу фильтрующей загрузки, является ее регенерация. При фильтровании воды через двухслойную загрузку происходит ее загрязнение, что приводит к снижению производительности фильтра. При проведении регенерации двухслойной фильтрующей загрузки системой напорных несвободных водяных струй происходит отмыв загрузки от загрязнений. Нами были проведены опыты по выявлению факторов, влияющих на качество регенерации фильтрующей загрузки, таких как скорость истечения струи, диаметр насадка и скорость его перемещения.

В первой части опытов изучался эффект регенерации в зависимости от скорости истечения струи V_c и диаметра насадка d_n . Скорость истечения струи V_c задавалась от 6,04 до 13,6 м/с. Скорость перемещения насадка принималась равной $V_n = 0,01$ м/с. Мутность исходной воды при кольматировании загрузки была в пределах $M_{исх} = 50-100$ мг/дм³, скорость фильтрования $V_f = 0,4$ м/ч. Загрязненность загрузки перед кольматированием в среднем была 2,6 мг/см³. Пробы загрузки отбирались после четырех проходов насадка. Данные опытов приводятся в таблице 1.

Таблица 1

Изучение эффекта регенерации в зависимости от скорости истечения струи V_c и диаметра насадка d_H

| №№ проб | Глубина отбора проб, см | Содержание загрязнений в пробе, мг/см ³ | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|-------------------------|--|--------|--------|--------|--------|--------|-------------------|-------|-------|-------------------|-------|-------|--|
| | | По завершению кольматации | | | | | | После регенерации | | | | | | |
| | | № опыта | | | | | | № опыта | | | № опыта | | | |
| | | | | | | | | d_0 насадки | | | $d_{ЭКВ}$ насадки | | | |
| | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | | |
| | | | | | | 6 | 8 | 10 | 14,0 | 15,8 | 17,6 | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | |
| $V_c = 6,04 \text{ м/с (2,0)}^*$ | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0-2 | 328,37 | 154,13 | 216,24 | 312,35 | 162,27 | 102,15 | 15,42 | 13,83 | 12,74 | 14,43 | 12,42 | 11,94 | |
| 2 | 2-5 | 256,91 | 112,1 | 103,52 | 127,82 | 124,69 | 78,32 | 8,65 | 7,72 | 6,55 | 7,67 | 7,63 | 7,57 | |
| 3 | 5-10 | 138,26 | 73,28 | 65,33 | 61,6 | 53,44 | 31,61 | 5,87 | 3,9 | 3,43 | 3,83 | 3,87 | 3,8 | |
| 4 | 10-20 | 69,48 | 40,83 | 28,15 | 24,39 | 34,59 | 12,73 | 3,9 | 2,87 | 2,32 | 2,82 | 2,74 | 2,68 | |
| 5 | 20-30 | 26,09 | 15,24 | 11,49 | 17,87 | 13,82 | 5,13 | 26,05 | 6,51 | 4,57 | 6,38 | 6,27 | 6,13 | |
| $V_c = 8,6 \text{ м/с (4,0)}^*$ | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0-2 | 215,34 | 156,14 | 251,26 | 104,56 | 308,43 | 187,26 | 14,54 | 13,37 | 12,28 | 13,6 | 12,1 | 11,67 | |
| 2 | 2-5 | 128,16 | 97,20 | 143,55 | 87,21 | 205,86 | 100,91 | 7,42 | 6,92 | 5,8 | 6,82 | 6,85 | 6,8 | |
| 3 | 5-10 | 46,79 | 42,86 | 86,49 | 48,63 | 119,31 | 49,38 | 4,76 | 3,25 | 3,07 | 3,2 | 3,24 | 3,2 | |
| 4 | 10-20 | 21,67 | 26,48 | 49,1 | 25,98 | 57,25 | 22,27 | 3,24 | 2,76 | 2,5 | 2,7 | 2,65 | 2,61 | |
| 5 | 20-30 | 6,95 | 9,79 | 16,82 | 12,57 | 24,81 | 9,38 | 6,28 | 3,18 | 1,53 | 3,21 | 3,15 | 3,1 | |
| $V_c = 10,5 \text{ м/с (6,0)}^*$ | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0-2 | 257,24 | 335,86 | 83,71 | 215,42 | 112,57 | 197,46 | 13,78 | 12,49 | 11,66 | 12,53 | 11,45 | 10,88 | |
| 2 | 2-5 | 125,13 | 175,13 | 63,46 | 129,15 | 84,39 | 125,12 | 6,64 | 6,2 | 5,57 | 6,13 | 6,1 | 6,1 | |
| 3 | 5-10 | 49,16 | 116,54 | 28,96 | 73,96 | 42,31 | 66,81 | 3,95 | 2,95 | 2,64 | 2,89 | 2,88 | 2,85 | |

Продолжение таблицы 1

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|------|-------|------|------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 4 | 10-20 | 21,85 | 72,63 | 15,77 | 33,10 | 27,50 | 38,54 | 2,67 | 2,34 | 1,75 | 2,35 | 2,27 | 2,2 |
| 5 | 20-30 | 8,62 | 39,11 | 6,19 | 18,38 | 14,62 | 15,81 | 5,83 | 2,0 | 1,38 | 2,05 | 1,96 | 1,89 |
| $V_c = 12,2 \text{ м/с (8,0)}^*$ | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0-2 | 95,26 | 168,18 | 230,67 | 87,10 | 192,63 | 298,26 | 11,84 | 10,35 | 9,38 | 10,26 | 9,85 | 9,54 |
| 2 | 2-5 | 58,12 | 121,92 | 138,11 | 65,34 | 146,54 | 167,39 | 5,31 | 4,86 | 4,32 | 4,84 | 4,81 | 4,77 |
| 3 | 5-10 | 24,59 | 49,44 | 62,63 | 31,88 | 89,13 | 58,11 | 3,45 | 2,45 | 2,25 | 2,4 | 2,42 | 2,38 |
| 4 | 10-20 | 10,7 | 26,30 | 31,09 | 18,73 | 46,84 | 41,68 | 2,27 | 1,92 | 1,5 | 1,9 | 1,85 | 1,8 |
| 5 | 20-30 | 5,63 | 11,0 | 10,24 | 7,94 | 16,43 | 17,39 | 3,48 | 1,57 | 1,24 | 1,55 | 1,50 | 1,44 |
| $V_c = 13,6 \text{ м/с (10,0)}^*$ | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0-2 | 152,88 | 179,46 | 226,19 | 97,26 | 218,37 | 331,65 | 11,53 | 10,14 | 9,17 | 10,28 | 9,52 | 9,28 |
| 2 | 2-5 | 89,10 | 95,22 | 168,60 | 59,41 | 121,34 | 235,13 | 5,15 | 4,72 | 3,98 | 4,7 | 4,73 | 4,67 |
| 3 | 5-10 | 46,88 | 45,39 | 116,75 | 38,68 | 69,53 | 138,25 | 3,24 | 2,13 | 2,0 | 2,15 | 2,07 | 2,0 |
| 4 | 10-20 | 29,12 | 16,12 | 69,19 | 21,23 | 41,76 | 59,06 | 2,2 | 1,76 | 1,25 | 1,72 | 1,68 | 1,64 |
| 5 | 20-30 | 11,26 | 5,95 | 24,89 | 7,54 | 11,20 | 27,98 | 3,31 | 1,5 | 1,19 | 1,52 | 1,46 | 1,38 |

ПРИМЕЧАНИЕ: * – в скобках указан напор в метрах водяного столба, соответствующий данной скорости истечения струи.

Во второй части опытов изучался эффект регенерации в зависимости от скорости перемещения насадка V_H и диаметра насадка d_H . Скорость перемещения насадка V_H задавалась от 0,01 - 0,04 м/с. Скорость истечения струи назначалась $V_C = 12,2$ м/с. Мутность исходной воды при кольматировании загрузки принималась $M_{исх} = 50 - 100$ мг/дм³, скорость фильтрации $V_\phi = 0,4$ м/ч. Загрязненность загрузки перед кольматированием в среднем была 2,2 мг/см³. Пробы загрузки отбирались после четырех проходов насадка. Данные опытов приводятся в таблице 2.

Таким образом, по проведенным исследованиям можно сделать следующие выводы:

- при увеличении скорости истечения струи с 6,04 до 12,2 м/с эффект регенерации заметно возрастает, однако при дальнейшем увеличении скорости истечения струи до 13,6 м/с ее эффект возрастает незначительно, оставаясь практически таким же, как и при скорости 12,2 м/с. Значение скорости истечения струи $V_C = 12,2$ м/с является оптимальным;

- при неизменных параметрах струи определяющим фактором в отношении эффекта регенерации является скорость перемещения насадка V_H . С увеличением V_H время нахождения фильтрационной загрузки во взвешенном состоянии сокращается, что приводит к снижению эффекта регенерации, так как кольматирующие частицы не успевают отделиться от частиц загрузки и переместиться в находящийся на ее поверхности слой воды. Оптимальной скоростью перемещения насадка принимается скорость $V_H = 0,01$ м/с.

Таблица 2

Изучение эффекта регенерации в зависимости от скорости перемещения струи V_H и диаметра насадки d_H

| №№ проб | Глубина отбора проб см | Содержание загрязнений в пробе, мг/см ³ | | | | | | | | | | | |
|------------------|------------------------|--|--------|--------|--------|--------|--------|-------------------|-------|-------|--------------------------|-------|-------|
| | | По завершению кольматации | | | | | | После регенерации | | | | | |
| | | № опыта | | | | | | № опыта | | | № опыта | | |
| | | | | | | | | d_0 насадки | | | $d_{э\text{кв}}$ насадки | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| | | | | | | | | 6 | 8 | 10 | 14,0 | 15,8 | 17,6 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| $V_H = 0,01$ м/с | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0-2 | 256,54 | 315,26 | 85,68 | 221,47 | 115,52 | 189,34 | 12,23 | 10,67 | 9,86 | 11,75 | 10,89 | 9,93 |
| 2 | 2-5 | 124,21 | 162,35 | 64,49 | 132,63 | 86,31 | 127,28 | 6,36 | 5,18 | 4,70 | 4,95 | 4,84 | 4,75 |
| 3 | 5-10 | 53,37 | 114,87 | 30,35 | 74,15 | 44,67 | 68,15 | 3,97 | 3,12 | 2,25 | 2,86 | 2,79 | 2,6 |
| 4 | 10-20 | 24,62 | 67,39 | 16,51 | 32,89 | 25,5 | 34,29 | 2,85 | 2,41 | 1,65 | 2,27 | 2,1 | 1,94 |
| 5 | 20-30 | 10,75 | 29,12 | 7,24 | 17,52 | 12,13 | 13,97 | 4,64 | 1,73 | 1,35 | 1,62 | 1,57 | 1,5 |
| $V_H = 0,02$ м/с | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0-2 | 193,82 | 167,38 | 231,62 | 141,36 | 96,73 | 302,37 | 13,42 | 11,26 | 10,51 | 11,37 | 12,43 | 10,72 |
| 2 | 2-5 | 145,13 | 122,72 | 136,43 | 84,94 | 60,56 | 168,24 | 6,87 | 5,52 | 5,16 | 5,46 | 5,57 | 5,35 |
| 3 | 5-10 | 86,67 | 51,53 | 59,37 | 33,5 | 23,84 | 57,98 | 4,23 | 3,67 | 2,89 | 3,48 | 3,26 | 3,14 |
| 4 | 10-20 | 47,38 | 25,2 | 32,16 | 19,12 | 12,35 | 30,86 | 3,36 | 2,76 | 1,95 | 2,42 | 2,34 | 2,26 |
| 5 | 20-30 | 15,49 | 10,61 | 11,85 | 8,43 | 6,23 | 13,79 | 6,37 | 2,24 | 1,62 | 2,16 | 2,0 | 1,92 |
| $V_H = 0,03$ м/с | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0-2 | 325,36 | 155,21 | 220,84 | 311,34 | 161,23 | 143,64 | 16,32 | 14,23 | 13,35 | 14,58 | 13,94 | 13,76 |
| 2 | 2-5 | 262,74 | 110,43 | 104,5 | 127,8 | 126,72 | 79,13 | 8,76 | 7,84 | 7,18 | 7,72 | 7,53 | 7,38 |
| 3 | 5-10 | 137,58 | 74,95 | 66,23 | 63,29 | 53,54 | 38,95 | 6,98 | 6,15 | 5,26 | 5,95 | 6,11 | 5,82 |
| 4 | 10-20 | 70,1 | 39,8 | 29,65 | 25,16 | 33,86 | 23,4 | 6,1 | 5,29 | 4,43 | 5,14 | 4,9 | 4,74 |

Продолжение таблицы 2

| | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 5 | 20-30 | 24,95 | 16,14 | 11,3 | 19,58 | 13,17 | 9,82 | 12,23 | 6,56 | 5,77 | 6,32 | 6,15 | 5,91 |
| $V_H = 0,04$ м/с | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0-2 | 259,38 | 323,74 | 190,23 | 217,25 | 158,46 | 193,54 | 19,16 | 18,29 | 17,46 | 18,18 | 17,73 | 17,48 |
| 2 | 2-5 | 131,57 | 170,16 | 82,75 | 126,74 | 80,35 | 121,75 | 13,42 | 12,83 | 12,32 | 12,74 | 12,5 | 12,36 |
| 3 | 5-10 | 69,92 | 119,5 | 36,38 | 57,86 | 38,67 | 62,3 | 12,73 | 12,2 | 11,79 | 12,09 | 11,92 | 11,75 |
| 4 | 10-20 | 45,8 | 74,67 | 22,6 | 35,39 | 26,1 | 39,46 | 12,38 | 11,75 | 10,68 | 11,55 | 11,38 | 11,2 |
| 5 | 20-30 | 23,69 | 25,94 | 10,55 | 19,17 | 15,82 | 16,28 | 17,6 | 15,88 | 7,43 | 12,62 | 11,86 | 11,53 |

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСХОДА ВОДЫ НА ОТКРЫТОМ ВОДОТОКЕ С ПРИЗМАТИЧЕСКИМ РУСЛОМ ПО МЕТОДУ «УКЛОН–ПЛОЩАДЬ»

А.Е. Ивахненко, В.Т.Клишин, М.А. Варичев
ФГНУ «РосНИИПМ»

Вода – незаменимый для человечества ресурс, требующий учета. Отсюда проистекает необходимость постоянного совершенствования методов и средств гидрологических наблюдений.

Современный водоучет ориентирован на оптимизацию методов наблюдений по важнейшему критерию – повышению точности и достоверности результатов измерений при экономии или, по крайней мере, без существенного увеличения затрат времени и средств.

В способе определения расхода воды по методу «уклон-площадь» одним из основных компонентов является уклон свободной поверхности потока воды [1, 2]. Вместе с тем метод «уклон-площадь» является недостаточно изученным и практически не применялся на мелиоративных системах в силу отсутствия достаточно точных измерительных приборов.

Значение расхода определяется общим падением уровня на участке канала. Исходя из этого, следует измерять уклон водной поверхности приборами, точность которых обеспечит определение расхода с допустимой погрешностью.

Остановимся на способах для измерения уклонов. Самый надежный способ измерения последних – это определение перепада уровней с помощью уровнемерных устройств при известном расстоянии между створами. Применение различных успокоителей и защиты от волнения существенно повышает точность измерений уровней, а следовательно, и уклонов. На наш взгляд, для больших и средних каналов вычисление расхода путем измерения уклона водной поверхности является достаточно целесообраз-

ным в силу возможности автоматизации измерений. Предлагаемый в статье способ по методу «уклон-площадь» является новым для определения расхода воды на открытом водотоке с призматическим руслом. Сущность метода заключается в определении расхода воды по перепаду уровней воды в двух измерительных створах.

Иллюстрация к способу определения расхода воды по методу «уклон-площадь» представлена на рис.1.

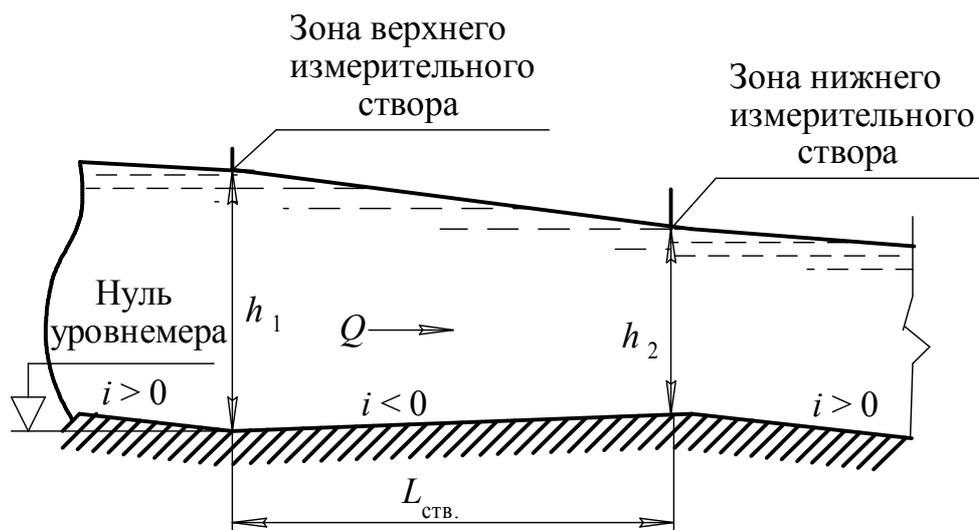


Рис. 1. К определению расхода воды в призматических руслах по методу «уклон-площадь»: $L_{\text{ств}}$ – длина измерительного участка между измерительными створами, равная $(10-15)b$; h_1 – глубина потока в верхнем измерительном створе; h_2 – глубина потока в нижнем измерительном створе; Q – расход

Целью усовершенствования способа является повышение точности определения расходов воды на открытом водотоке с призматическим руслом. Этот способ может использоваться в системе водораспределения и водоучета.

Цель достигается использованием одного уровнемерного устройства для измерения уровней в верхнем и нижнем измерительных створах, что дает возможность существенно снизить погрешность измерения уровней, гидрометрический колодец позволяет исключить пульсацию уровня воды, что также повышает точность измерения.

Устройство измерительного участка канала (рис. 2) состоит из: измерительного канала 1, гидрометрического колодца 5, подводящей трубы с зоны верхнего измерительного створа 2, запорного клапана 3, подводящей трубы с зоны нижнего измерительного створа 6 и уровнемера 4.

Последовательность операций при определении расхода по предлагаемому способу следующая. Запорный клапан открывает водоток между подводящей трубой 2 и гидрометрическим колодцем. По окончании заполнения гидрометрического колодца регистрируется первое показание уровнемера (h_1). Затем запорный клапан закрывает водоток между гидрометрическим колодцем и подводящей трубой 2, открывается водоток между гидрометрическим колодцем и подводящей трубой 6, при этом вода в гидрометрическом колодце убывает до уровня поверхности воды нижнего измерительного створа. По окончании изменения уровня регистрируется второе показание уровнемера (h_2)

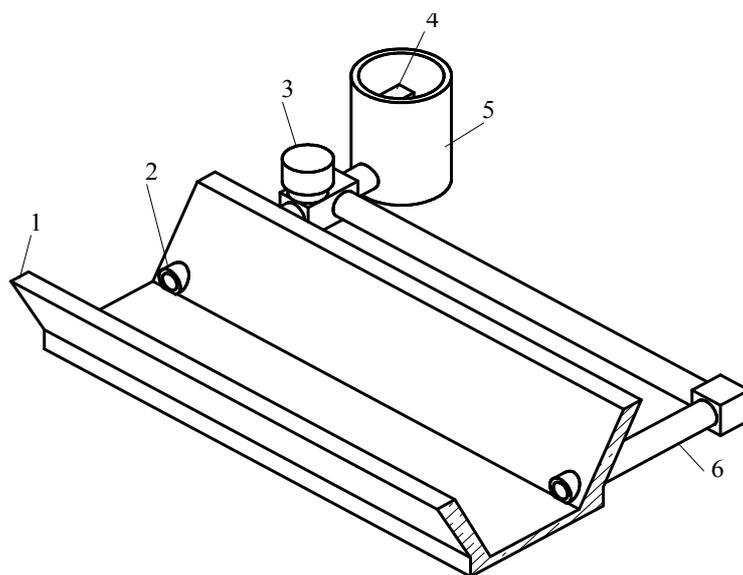


Рис. 2. К новому способу определения расхода воды на открытом водотоке с призматическим руслом по методу «уклон-площадь»: 1 – измерительный канал; 2 – подводящая труба с зоны верхнего измерительного створа; 3 – запорный клапан; 4 – уровнемер; 5 – гидрометрический колодец; 6 – подводящая труба с зоны нижнего измерительного створа

Искомый расход Q находится решением уравнения, приведенного ниже, относительно Q :

$$Q^2 \sum_{i=1}^k \left(\frac{\alpha B}{g \omega^3 l_{\text{ств}}} (h_2 - h_1 + i_0 l_{\text{ств}}) - \frac{1}{\omega^2 C^2 R} \right) \frac{1}{k} l_{\text{ств}} i - (h_2 - h_1) = 0,$$

где i_0 – уклон дна русла;

Q – расход;

ω – площадь живого сечения в створе;

C – коэффициент Шези;

R – гидравлический радиус;

α – коэффициент скорости, равный 1,1;

B – ширина потока по свободной поверхности;

g – ускорение свободного падения, равное $9,8 \text{ м/с}^2$.

Решение находится методом половинного деления (метод бисекций) [3], который является типично машинным, так как легко поддается алгоритмизации, обладает достаточно быстрой сходимостью.

Предлагаемое усовершенствование способа измерения расхода воды обеспечивает:

- повышение точности и достоверности определения расходов воды за счет более точного измерения уровней воды в верхнем и нижнем измерительных створах, так как измерения производятся одним измерительным прибором (уровнемером);

- возможность автоматизации процесса измерений;

- исключение пульсаций уровней воды с помощью гидрометрического успокоительного колодца и запорного клапана;

- исключает необходимость в нивелировке нулей створов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Железняков Г.В., Данилович Б.Б. Точность гидрологических измерений и расчетов. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – 240 с.
2. Железняков Г.В. Теоретические основы гидрометрии. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 291 с.
3. Волков Е.А. Численные методы. – 2-е изд., испр. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. – 248 с.

УДК 631.582:631.67:633

НАБОР СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В СЕВООБОРОТЕ ПРИ ПЕРИОДИЧЕСКОМ ОРОШЕНИИ

С.М. Васильев, Е.С. Корепанова
ФГНУ «РосНИИПМ»

Периодическое орошение полей севооборотов направлено на предотвращение отрицательных последствий регулярного орошения. Основной целью периодического орошения полей севооборотов является предотвращение деградации почвы путем исключения участка из режима искусственного орошения на срок ротации севооборота. При построении севооборота на периодически орошаемых землях учитывали, что каждая культура не только выполняет свою роль предшественника (определяя запасы гумуса, азота и других элементов плодородия), но и противоэрозионную и санитарно-защитную роль. На орошаемых полях размещали отзывчивые на полив высокорентабельные культуры. На богаре – менее рентабельные культуры, которые дают устойчивые урожаи. Учитывалась экологическая устойчивость агроландшафта [1].

Исследования в данном направлении проводились на полях ОАО «Нива» Веселовского района Ростовской области.

Схема севооборота (территориальная организация, набор культур и их ротация) строилась с учетом местных почвенно-климатических условий (несмотря на орошение части полей севооборота).

В случаях повышенной обеспеченности осадками и теплой зимой, когда возможна гидравлическая связь почвенных вод с грунтовыми, предусматривали дополнительные сезоны богарного использования полей севооборота, выращивая культуры, использующие влагу капиллярной каймы (озимая пшеница, рожь, люцерна и др.). Особое внимание в оросительные сезоны необходимо уделять наблюдениям за уровнем грунтовых вод и не допускать их подъема до критической глубины.

Культуры, обладающие достаточно высокой урожайностью в богарном режиме, располагали на участках, по завершению на них периода орошения. Эти культуры выполняли биологическое дренирование почвогрунтов с соседних орошаемых участков, что вероятно влияло на повышение урожайности [2].

Наиболее продуктивные сельскохозяйственные культуры при периодическом орошении (богарный период) – кормовые: люцерна, люцерно-злаковые смеси, кукуруза, суданка, сорго, их смеси с подсолнечником и соей, кормовая свекла; зерновые: кукуруза, озимая пшеница. Наиболее продуктивные сельскохозяйственные культуры при промежуточном посеве – озимые: рожь, тритикале; яровые: горох + овес, подсолнечник, рапс яровой, ячмень и их смеси; поукосные: кукуруза, сорго, сорго-суданковые гибриды, смеси кукурузы с сорго и др.; пожнивные: кукуруза, просо, гречиха, сорго-суданковые гибриды, горохо-овсянные смеси и др. Севообороты на периодически орошаемых землях могут быть представлены овоще-кормовыми четырех-, шести- и восьмипольными севооборотами без многолетних трав.

Как оказалось, весьма эффективны при орошении совмещенные и смешанные посевы двух или большего количества культур – люцерны и

других кормовых или зерновых культур, кукурузы и сои, кукурузы, гороха на корм.

Все выращиваемые сельскохозяйственные культуры при периодическом орошении разделяли на две группы: а) зерновые; б) однолетние и многолетние бобовые, кукуруза, свекла и др.

В процентном соотношении на периодически орошаемых площадях севооборота размещали 30 % зерновых; в том числе 9,4 % кукурузы на зерно; 8,2 % озимой пшеницы; 5,3 % ячменя; 34,2 % многолетних и 9,8 % однолетних трав; 15,6 % кукурузы на силос; 6,4 % картофеля и овощей; 4,0 % технических культур.

В таблице 1 представлены рекомендуемые требования к составу культур в севооборотах по IV агроклиматической зоне Ростовской области.

Таблица 1

Удельный вес культур в севооборотах на периодически орошаемых землях

| Зона | Удельный вес группы культур в общей площади, % | | | |
|---------------------------|--|----------|-------------------|-------------|
| | кормовые | зерновые | овощные, бахчевые | технические |
| IV агроклиматическая зона | 67,5 | 17,1 | 11,6 | 3,8 |

В зависимости от хозяйственной направленности предприятия и набора выращиваемых сельскохозяйственных культур, в условиях периодического орошения доля орошаемых площадей зависела от размеров и концентрации поливных земель. Ориентировочная доля периодически орошаемых площадей в севообороте представлена в таблице 2.

Таблица 2

Доля периодически орошаемых площадей в структуре севооборота

| Доля орошаемых площадей от общей площади севооборота, % | Содержание, % в структуре культур | | |
|---|-----------------------------------|----------|----------|
| | овощи | зерновые | кормовые |
| до 20 | 5-10 | 35-40 | 50-60 |
| 20-40 | 10-15 | 15-30 | 60-75 |

Число полей севооборота и их размеры устанавливали с учетом площади орошения полустационарной оросительной системой, обеспечения необходимого санитарного разрыва, возврата культуры на прежнее место. В таблице 3 дается характеристика севооборотов на полях, на которых использовалась технология периодического орошения.

Таблица 3

Основные характеристики севооборотов при периодическом орошении сельскохозяйственных культур

| Вид севооборота | Число полей в севообороте, шт. | Число орошаемых полей, шт. | Площадь поля севооборота, га |
|-----------------|--------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| Овощной | 4-8 | 2-4 | 30-50 |
| Овоще-кормовой | 6-8 | 3-4 | 40-50 |

Для проведения дальнейших исследований были выбраны опытные участки в ЗАО «Нива». За исходную гипотезу принято – чем в более засушливой зоне находится севооборот, тем менее продолжительное время поле может находиться в условиях искусственного орошения. Периодическое орошение производилось на семипольном овощном севообороте, имеющем сравнительно небольшие орошаемые участки (60-150 га).

Режим орошения сельскохозяйственных культур в севообороте устанавливался с учетом глубины залегания грунтовых вод, особенностей развития корневой системы, подвижности питательных веществ и выпадающих осадков. Для восстановления естественного плодородия использовался семипольный севооборот: 1 – люцерна на сено; 2 – люцерна на семена; 3, 4 – озимая пшеница; 5 – кукуруза на зерно; 6, 7 – овощные культуры.

Каждое поле севооборота находилось в условиях периодического орошения в течение 28 % продолжительности ротации севооборота. Орошались овощные культуры, озимая пшеница и другие малоотзывчивые на полив культуры располагались на богаре. По итогам исследований установлено, что прибавки урожайности от орошения на опытном севообороте существенно не изменились, на полях наблюдался стабильный мелиоративный режим. Подъема уровня грунтовых вод не происходило за счет

биологического дренирования озимой пшеницей излишков влаги. Запасы гумуса в пахотном слое (в % от общего) увеличились на 0,8 %. При периодическом орошении оросительная норма была в 1-2 раза ниже, чем рекомендованная для данной агроклиматической зоны. За период исследований увеличения количества легкорастворимых солей и воднорастворимого гумуса не происходило. Данные наблюдений за грунтовыми водами и водно-солевым режимом почвы в обобщенном виде представлены в таблице 4.

Таблица 4

Мелиоративное состояние полей при периодическом орошении

| Номера полей | Средний уровень грунтовых вод, м | Содержание солей в метровом слое почвы | | Минерализация грунтовых вод г/дм ³ | | |
|--------------|----------------------------------|--|-------|---|-------|-------|
| | | 1 год | 2 год | № скв. | 1 год | 2 год |
| 6 | 4,3 | 0,131 | 0,134 | 1 | 3,980 | 4,072 |
| 7 | 4,8 | 0,148 | 0,143 | 2 | 3,710 | 3,690 |
| 1 | 4,7 | 0,093 | 0,741 | 3 | 3,486 | 3,350 |

Таким образом, разработанные схемы севооборота при использовании технологии периодического орошения сельскохозяйственных культур на юге Ростовской области имеют реальные перспективы. При проведении теоретических исследований установлено, что стабильность урожая сельскохозяйственных культур в севооборотах от каждого из влияющих факторов (геоморфологических, климатических, гидрологических, геоботанических, почвенных и др.) при периодическом орошении всегда повышается по сравнению с непрерывным долговременным орошением за счет некоторого улучшения водно-физических и физико-химических свойств почв.

ЛИТЕРАТУРА

1. Щедрин В.Н. Орошение сегодня: проблемы и перспективы. – М.: ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2004. – 255 с.
2. Шумаков Б.Б., Бобченко В.И. Технология гидроциклических богарных комплексных мелиораций // Научно-технические достижения. - Т. 1. Технология мелиорации земель. Спец. выпуск. - М.: ЦБНТИ, 1989.

ПРОНИЦАЕМОСТЬ ТОНКОСТЕННЫХ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ ЭКРАНОВ НА ОТКРЫТОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

В.Ц. Челахов
ФГНУ «РосНИИПМ»

Проницаемость противofильтрационных экранов характеризует интенсивность переноса жидкостей или газов через его толщину. Интенсивность переноса зависит от структуры самого материала. Количественно проницаемость тонкостенных бетонных конструкций оценивается коэффициентом фильтрации флюида (водонепроницаемости или газонепроницаемости) [1, 2].

Для железобетонных плит облицовки каналов оросительной сети особое значение имеет влагоперенос не только с точки зрения предотвращения фильтрационных потерь воды, но и с позиций долговечности рассматриваемых объектов, с учетом коррозионных процессов, протекающих в материале сооружения при наличии водной среды.

Проникновение в бетон жидкостей напрямую зависит от размера пор и капилляров и обусловлено природой движущих сил переноса. Поскольку плотные бетоны, использующиеся в мелиоративном строительстве, обычно практически не фильтруют воду, наиболее распространенной характеристикой их проницаемости является показатель водонепроницаемости, поскольку эта характеристика предопределяет другие эксплуатационные свойства – морозостойкость, коррозионную стойкость.

Существующие методы оценки проницаемости бетона плит облицовки разделены на 7 групп (таблица).

Помимо приведенной классификации методы определения проницаемости бетонных конструкций можно подразделить на два вида:

- 1) методы, при которых испытания проводят на выбуренных из кон-

струкции образцах;

2) методы, при которых испытания проводят непосредственно на сооружениях и конструкциях.

Таблица

Группы методов определения проницаемости бетона

| Группа | Особенность метода | Источник |
|--------|---|--|
| 1 | Измерение количества воды, проходящей через бетон за определенный промежуток времени при переменной разности давлений | В.В. Стольников, 1962 |
| 2 | Измерение количества профильтровавшейся воды при нормированном постоянном давлении в течение заданного времени | Метод ЦНИИОМТП, 1969 |
| 3 | Определение коэффициента фильтрации при постоянном давлении по измеренному количеству фильтрата и времени фильтрации | ГОСТ 19426-74 |
| 4 | Изменение просачивания заданного количества профильтровавшейся воды при нормированном постоянном давлении | Метод ВНИИГиМ, (полевая лаборатория, 1977) |
| 5 | Измерение максимального давления, при котором через образец не просачивается вода | ГОСТ 12730.5-78 |
| 6 | Определение числа атмосферо-часов до начала просачивания воды при ступенчатом возрастании напора | М.Ю. Лещинский, 1980 |
| 7 | Определение скорости падения давления внутри определенного резервуара | М.Ю. Лещинский, 1980 |

Следует отметить, что свойства бетона в конструкциях могут сильно отличаться от свойств образцов, изготовленных из той же самой смеси. В нашем случае требовалось в процессе натурных исследований оценить фактическую проницаемость в уже возведенных и эксплуатируемых сооружениях, для которых отсутствуют контрольные образцы из того же бетона, находившиеся тот же срок в тех же условиях.

Определить водонепроницаемость бетона в тонкостенных конструкциях оросительных систем можно с помощью различных переносных приборов: компрессионным прибором ВНИИГиМ, крепление прибора на поверхности облицовки канала осуществляется с помощью анкеров, заделываемых в шурупы; прибором ЦНИИС, который предусматривает использование вакуум-коллектора и проведение испытаний сразу несколькими

камерами; фильтратомером ФМ-2 ДонпромстройНИИпроекта; прибором ВНИИ ВОДГЕО. Для оценки водонепроницаемости железобетонных плит облицовки использовали модернизированный метод водонепроницаемости бетона, разработанный ДонНИИ.

Оценку производили следующим образом: перед началом испытаний рабочий орган установки располагали на листе стекла толщиной 5...6 мм с предварительно нанесенным слоем герметика; металлический колокол прижимался рукой к контрольной поверхности на несколько минут до отвердения герметика и далее с помощью вакуум-насоса Камовского доводили разрежение в полости рабочего органа до 0,96 атм. Если достигнутое показание вакуумметра в течение пяти минут не изменялось, то система признавалась работоспособной и производились испытания.

При использовании этого метода оценки водонепроницаемости следили за тем, чтобы на исследуемой поверхности не было трещин, выбоин.

Определение прочности бетона противofильтрационных экранов на каналах Багаевско-Садковской оросительной системы производили неразрушающим методом с использованием молотка Н.П. Кашкарова. Молоток состоит из головки и рукоятки. Рабочая часть головки снабжена стальным шариком диаметром 15,87 мм. Между конусом головки и шариком имеется отверстие, в которое вставляли эталонный стержень диаметром 12 мм и длиной 100 мм из круглой прутковой стали.

Прочность определяли следующим образом. Молотком ударяли по исследуемой поверхности, при этом шарик при ударе образовывал сферические отпечатки на эталонном стержне и поверхности плит. В процессе исследований следили за тем, чтобы расстояние между центрами соседних отпечатков было не менее 10 мм, а на поверхности плит – не менее 30 мм. Результаты натурных исследований показателей водонепроницаемости, проводимых на облицованных плитами НПК каналах, представлены на рисунке 1.

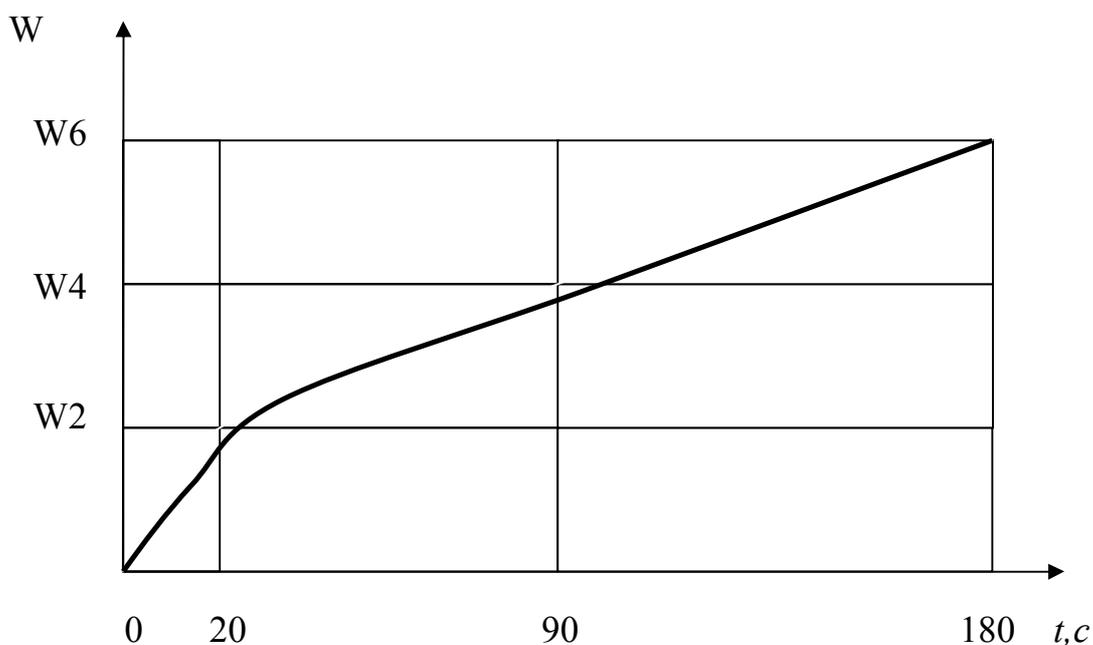


Рис. 1. Результаты натуральных исследований водонепроницаемости:
W2, W4, W6 – марка плит по водонепроницаемости в зависимости от градиента напора, соответственно: 133, 266 и 399

Прочность определяли по градуировочной зависимости для используемого молотка ($R_{сж} - dб/dэ$; по усредненной величине соотношения $dб/dэ$ в 8-10 точках). Результаты натуральных исследований представлены на рисунке 2.

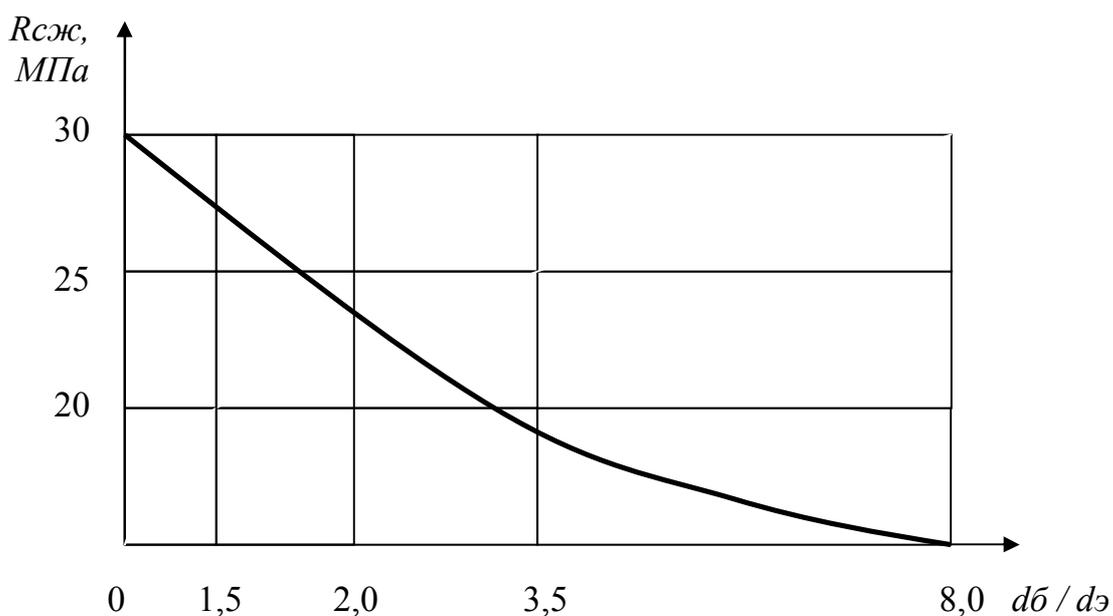


Рис. 2. Прочностные характеристики плит облицовки после 19 лет эксплуатации канала БГ-Р-7

На основании проведенных натурных исследований установлено, что прочность плит облицовки на 67,9 % соответствует классу В 22 по прочности и 54,2 % плит – водонепроницаемости марки W6. Это свидетельствует о довольно значительном снижении основных характеристик обследуемой облицовки, что позволяет предполагать в дальнейшем увеличение числа аварийных ситуаций и снижения надежности [3, 4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Чеховский Ю.В. Конические проницаемости бетона. – М.: Стройиздат, 1968. – 360 с.
2. Чеховский Ю.В., Рейтлингер С.А. Механизм переноса газов и жидкостей через бетон и методы исследования структуры пор. – М.: Стройиздат, 1961. – 126 с.
3. Лещинский М.Ю. Испытание бетона. – М.: Стройиздат, 1980. – 360 с.
4. Кашкаров Н.П. Контроль прочности бетона и раствора в изделиях и сооружениях. -М.: Стройиздат, 1967. - 132 с.

УДК 631.459:631.67

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ИРРИГАЦИОННОЙ ЭРОЗИИ НА ВОДОСБОРАХ НИЖНЕГО ДОНА

С.М. Васильев
ФГНУ «РосНИИПМ»

Орошение на территориях Багаевско-Садковской и Нижне-Донской оросительных систем в большинстве случаев осуществляется дождеванием. Орошаемые земли характеризуются по механическому составу как среднесуглинистые, тяжелосуглинистые и глинистые. Орошение большеуклонных участков производится дождевальными машинами ДДА-100М,

ДДА-100МА, реже – ДДН-70, ДДН-100, ДДН-5. Эти машины обладают высокой интенсивностью дождя. Основное негативное влияние ирригационной эрозии заключается в нарушении режимов работы временной и постоянной внутрихозяйственной оросительной сети [1]. В обследованных хозяйствах Багаевского, Веселовского, Семикаракорского, Мартыновского районов, на территориях которых расположены изучаемые объекты, величина гумусового горизонта составляет 0,1-0,4 м. Смыв с одного погонного метра временной оросительной сети достигает 0,4-0,9 м³ в год, а в некоторых случаях свыше 2 м³.

Если в начальный период времени при орошении дождеванием почвы способны поглощать воды больше подаваемого слоя, то в дальнейшем, за счет влияния диаметра капли дождя и ее динамического воздействия на структуру верхнего слоя почвы, эта способность значительно сокращается. Используемые дальнеструйные и среднеструйные машины в эрозионном отношении наиболее опасны. При позиционном поливе среднеструйных дождевальных машин и работе по сектору дальнеструйных в первоначальный период времени наблюдается интенсивное водопоглощение с одновременным разрушением структуры, далее – по мере насыщения почвы влагой. В результате несоответствия фактической впитывающей способности почв и интенсивности дождя происходят формирование жидкого стока и образование струй воды, передвигающихся по уклону поля.

Для проведения расчетов по определению использовали модель EPIC [1]. Модель основана на универсальном уравнении USLE, а также на модифицированном MUSLE. Таким образом, расчетное уравнение выглядит следующим образом:

$$E = R \cdot K \cdot P \cdot LS, \quad (1)$$

где E – величина эрозии, т/га; R – смытый слой, т/га; K – коэффициент размываемости почвы; P – коэффициент противоэрозионных мероприятий; LS – коэффициент наклона и крутизны.

Коэффициент размываемости почвы (K) - потери почвы т/га единицу эрозийности дождя в стандартных условиях [2, 3] . Этот фактор является основным параметром уравнения (1) и оценивается для максимального уровня почвы в начале каждого года и моделируется как функция:

$$K = f(SAN, SIL, CLA, C, ROK),$$

где SAN – содержание песка, %; SIL – содержание ила, %; CLA – содержание глины, %; C – содержание гумуса, %; ROK – содержание крупных фракций в почве, %.

$$K = [2+0,3 \exp(-0,0256 SAN(1-SIL/100))][SIL/(CLA+SIL)]^{0,3} [0,25 \cdot C/(C+\exp(3,72-2,95 C)) [1-0,7SN_1/(SN_1+\exp(-5,51+22,95SN_1))] \exp(-0,3ROK)], \quad (2)$$

$$SN_1 = 1 - SAN/100.$$

Данное уравнение допускает изменение коэффициента размываемости почвы K в пределах от 0,1 до 0,5. Первый член уравнения дает меньшие значения K для почв с высоким содержанием крупных фракций и большие значения для почв с низким содержанием. Последние можно оценить с помощью произведения коэффициентов песка и ила, деленных на 100. Выражение для почв с большим содержанием песка представляет собой разность между коэффициентом содержания песка и оценкой почв с низким содержанием песка. Второй член произведения приводит коэффициент K для почв с высоким содержанием глины по сравнению с содержанием ила. Третий член произведения приводит коэффициент K для почв с высоким содержанием гумуса. Четвертый сомножитель приводит коэффициент K для почв с очень высоким содержанием ($SAN > 70$ %). Пятый член произведения приводит коэффициент K для почв с содержанием крупных фракций (в расчетах не использовался).

Следовательно, уравнение (2) примет вид:

$$K = [2+0,3 \exp(-0,0256 SAN(1-SIL/100))][SIL/(CLA+SIL)]^{0,3} \times [0,25 C/(C+\exp(3,72-2,95 C)) [1-0,7SN_1/(SN_1+\exp(-5,51+22,95SN_1))].$$

Для расчета коэффициента размываемости почвы (K_i) использовали схему модели EPIC:

$$K_i = K1_i K2_i K3_i K4_i,$$

$$K1_i = [2+0,3 \exp(-0,0256 SAN_i(1-SIL_i/100))],$$

$$K2_i = [SIL_i/(CLAI_i+SIL_i)]^{0,3},$$

$$K3_i = [1 - 0,7SN1_i/(SN1_i+\exp(-5,51+22,95SN1_i))],$$

$$K4_i = [0,25Ci/(Ci+\exp(3,72-2,95Ci)),$$

где SAN_i – содержание песка или частиц размера больше 0,1 мм (%) в (i,j) ячейке; SIL_i – содержание ила или частиц с размером от 0,1 до 0,001 мм (%) в (i,j) ячейке; $CLAI_i$ – содержание глины, т.е. частиц размером менее 0,001 мм (%) в (i,j) ячейке; Ci – содержание гумуса (%) в (i,j) ячейке, $SN1_i = 1 - SAN_i/100$.

Значения параметров SAN_i , SIL_i , $CLAI_i$ находились по данным о механическом составе почв для каждой (i,j) ячейки.

Коэффициент противоэрозионных мероприятий (P) определялся из зависимости (1).

Коэффициент наклона и крутизны (LS). Значение фактора рассчитывается как функция $LS = f(L,S)$ по уравнению:

$$LS = (L/22,1)^z (65,4 1S^2 + 4,56S + 0,065),$$

где S – уклон, м/м; L – длина склона, м; z – параметр, зависящий от уклона.

$$z = 0,3 S/(S + \exp(-1,47-61,09 S))+0,2.$$

Жидкий сток определяли по зависимости:

$$W = [I - K_{\phi}] 10 AT,$$

где I – средняя интенсивность дождевания;

K_{ϕ} – фактическое значение скорости впитывания воды почвой при дождевании, мм/мин;

A – площадь полива, га;

T – продолжительность полива, мин.

Твердый сток, соответствующий жидкому стоку при существующих параметрах дождя и геоморфологии поля, определяли по зависимости [1]:

$$R = 0,35[I - K_0(0,001E_k S T - 0,41E_k S - 0,0002 T^2 + 0,004T + 0,89)] AT + 148,03 S - 1,944,$$

где E_k – кинетическая энергия дождя;

K_0 – впитывание воды почвой, установленное стандартным методом, мм/мин.

Полевые опыты проводили на стоковых площадках. Скорость впитывания определялась по зависимости:

$$K_0 = (H - h) t,$$

где H – слой подаваемой влаги на площадку, $H = I t$; I – интенсивность дождения мм/мин; t – время, через которое производится отбор стока; h – слой не впитавшейся воды, $h = Q / A^l$; Q – объем стока, м³; A^l – площадь стоковой площадки.

Для расчета коэффициента размывания была использована информация о механическом составе почв, орошаемых водами Багаевско-Садковской и Нижне-Донской оросительных систем.

Для расчета коэффициента наклона и крутизны использовались натурные данные по исследуемым участкам.

Результаты расчета величины коэффициента размываемости почв приведены в таблицах 1-6.

Таблица 1

Результаты расчета коэффициентов размываемости почв Багаевского района (Багаевско-Садковская оросительная система)

| Почвы | K | $K1$ | $K2$ | $K3$ | $K4$ |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Черноземы обыкновенные, выщелоченные | 0,535 | 2,228 | 0,798 | 0,967 | 0,311 |
| Черноземы южные | 0,586 | 2,194 | 0,890 | 0,972 | 0,309 |
| Черноземы обыкновенные | 0,622 | 2,244 | 0,905 | 0,995 | 0,308 |
| Лугово-черноземные | 0,388 | 2,156 | 0,832 | 0,821 | 0,264 |
| Темно-каштановые | 0,269 | 2,127 | 0,786 | 0,803 | 0,201 |
| Каштановые | 0,277 | 2,092 | 0,745 | 0,870 | 0,205 |

Таблица 2

**Результаты расчета коэффициентов размываемости почв
Веселовского района (Багаевско-Садковская оросительная система)**

| Почвы | <i>K</i> | <i>K1</i> | <i>K2</i> | <i>K3</i> | <i>K4</i> |
|--------------------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Черноземы обыкновенные, выщелоченные | 0,536 | 2,217 | 0,799 | 0,952 | 0,318 |
| Черноземы южные | 0,615 | 2,201 | 0,903 | 0,992 | 0,312 |
| Черноземы обыкновенные | 0,657 | 2,246 | 0,909 | 0,985 | 0,327 |
| Лугово-черноземные | 0,420 | 2,185 | 0,847 | 0,831 | 0,273 |
| Темно-каштановые | 0,326 | 2,147 | 0,795 | 0,810 | 0,236 |
| Каштановые | 0,356 | 2,126 | 0,768 | 0,881 | 0,248 |

Таблица 3

**Результаты расчета коэффициентов размываемости почв
Семикаракорского района
(Багаевско-Садковская оросительная система)**

| Почвы | <i>K</i> | <i>K1</i> | <i>K2</i> | <i>K3</i> | <i>K4</i> |
|--------------------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Черноземы обыкновенные, выщелоченные | 0,487 | 2,226 | 0,722 | 0,935 | 0,324 |
| Черноземы южные | 0,605 | 2,221 | 0,867 | 0,989 | 0,318 |
| Черноземы обыкновенные | 0,652 | 2,245 | 0,910 | 0,974 | 0,328 |
| Лугово-черноземные | 0,421 | 2,191 | 0,842 | 0,829 | 0,275 |
| Темно-каштановые | 0,317 | 2,151 | 0,789 | 0,811 | 0,231 |
| Каштановые | 0,287 | 2,092 | 0,757 | 0,871 | 0,208 |

Таблица 4

**Результаты расчета коэффициентов размываемости почв
Семикаракорского района (Нижне-Донская оросительная система)**

| Почвы | <i>K</i> | <i>K1</i> | <i>K2</i> | <i>K3</i> | <i>K4</i> |
|--------------------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Черноземы обыкновенные, выщелоченные | 0,567 | 2,234 | 0,781 | 0,864 | 0,376 |
| Черноземы южные | 0,630 | 2,223 | 0,889 | 0,976 | 0,327 |
| Черноземы обыкновенные | 0,694 | 2,235 | 0,931 | 0,968 | 0,345 |
| Лугово-черноземные | 0,434 | 2,194 | 0,846 | 0,831 | 0,282 |
| Темно-каштановые | 0,350 | 2,152 | 0,790 | 0,812 | 0,254 |
| Каштановые | 0,286 | 2,091 | 0,762 | 0,869 | 0,207 |

Таблица 5

**Результаты расчета коэффициентов размываемости почв
Мартыновского района (Нижне-Донская оросительная система)**

| Почвы | <i>K</i> | <i>K1</i> | <i>K2</i> | <i>K3</i> | <i>K4</i> |
|--------------------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Черноземы обыкновенные, выщелоченные | 0,611 | 2,219 | 0,825 | 0,872 | 0,383 |
| Черноземы южные | 0,601 | 2,212 | 0,869 | 0,953 | 0,328 |
| Черноземы обыкновенные | 0,680 | 2,221 | 0,932 | 0,959 | 0,343 |
| Лугово-черноземные | 0,438 | 2,195 | 0,848 | 0,829 | 0,284 |
| Темно-каштановые | 0,356 | 2,154 | 0,791 | 0,818 | 0,256 |
| Каштановые | 0,290 | 2,092 | 0,763 | 0,866 | 0,210 |

Таблица 6

**Результаты расчета коэффициентов размываемости почв
Волгодонского района (Нижне-Донская оросительная система)**

| Почвы | <i>K</i> | <i>K1</i> | <i>K2</i> | <i>K3</i> | <i>K4</i> |
|--------------------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Черноземы обыкновенные, выщелоченные | 0,483 | 2,214 | 0,751 | 0,821 | 0,354 |
| Черноземы южные | 0,589 | 2,219 | 0,862 | 0,954 | 0,323 |
| Черноземы обыкновенные | 0,628 | 2,231 | 0,928 | 0,952 | 0,319 |
| Лугово-черноземные | 0,429 | 2,182 | 0,841 | 0,828 | 0,283 |
| Темно-каштановые | 0,493 | 2,156 | 0,919 | 0,991 | 0,251 |
| Каштановые | 0,284 | 2,103 | 0,759 | 0,856 | 0,208 |

Величина коэффициента для черноземов *K* варьирует в пределах 0,284-0,680, что связано с разным механическим составом почв. Для черноземов величина варьирования находится в пределах 0,483-0,694, это объясняется схожим механическим составом, а диапазон варьирования определяет степень сопротивляемости почв эрозии.

Полученные результаты по количеству смытой почвы, сравнивали с допустимыми пределами культурных орошаемых почв [4] (таблица 7).

Таблица 7

**Сравнительный анализ натуральных данных потерь почв при эрозии
с допустимыми, мм/год**

| Почвы | Допустимый предел смыва | Наименования районов | | | | |
|------------------------|-------------------------|----------------------|-------------|--------------|-----------------|--------------|
| | | Багаевский | Веселовский | Мартыновский | Семикаракорский | Волгодонский |
| Черноземы обыкновенные | 0,18-0,24 | 0,21-0,29 | 0,20-0,30 | 0,21-0,36 | 0,20-0,28 | 0,19-0,31 |
| Черноземы южные | 0,22 | 0,19-0,25 | 0,21-0,29 | 0,23-0,36 | 0,20-0,34 | 0,22-0,26 |
| Лугово-черноземные | 0,58 | 0,48-0,67 | 0,52-0,79 | 0,56-0,80 | 0,56-0,71 | 0,49-0,66 |
| Темно-каштановые | 0,15 | 0,19-0,23 | 0,16-0,25 | 0,17-0,24 | 0,18-0,26 | 0,16-0,24 |
| Каштановые | 0,13 | 0,12-0,18 | 0,14-0,21 | 0,13-0,20 | 0,12-0,19 | 0,12-0,17 |

Участки-представители находятся на территориях КФХ «Золоторевский», «Кузнецовский» Семикаракорского района, КФХ «Кудиновский» Багаевского района (Багаевско-Садковская ОС). Наблюдается размыв

верхней части временного оросителя и отложение продуктов эрозии в его донной части, что приводит к заилению оросителей. Необходимость их периодической чистки требует увеличения расходов воды.

Наиболее эрозионно опасными являются Мартыновский, Волгодонской районы, земли которых орошаются водами Нижне-Донской оросительной системы, и Веселовский район – Багаевско-Садковская ОС.

Рассмотренные районы характеризуются низкой эрозионной устойчивостью грунтов и большими уклонами (до 0,02) орошаемых участков.

Во всех временных оросителях с уклонами 0,001-0,003 происходит перемещение продуктов эрозии, часть которых откладывается в нижней части орошаемого участка, вызывая неравномерное распределение почвогрунта, что приводит к пестроте урожайности. Остальной смытый почвогрунт выносится за пределы орошаемого участка. Здесь наблюдается нарушение технологии орошения, заключающееся в недопустимости технического сброса оросительной воды из временных оросителей. В среднем минимальная величина технического сброса составляет 20-30 % от объема воды, подаваемой на орошаемый участок. Такие технические сбросы зачастую попадают в постоянную открытую сеть, вызывая отложение наносов, что приводит к загрязнению оросительной воды, зарастанию некоторых участков влаголюбивой растительностью и частичному разрушению облицовок.

Эрозионные процессы временной оросительной сети происходят и во внутрихозяйственных каналах, обслуживающих овоще-плодовые хозяйства ЗАО «Нива» Веселовского района (Багаевско-Садковская ОС) и плодоягодные хозяйства КФХ «Семикаракорский», КФХ «Бакланниковский» и др. (Нижне-Донская ОС). В аналогичной ситуации находятся и участковые распределительные каналы, уклоны которых превышают уклоны временных оросителей. Продукты эрозии внутрихозяйственных каналов и участковых распределителей вызывают не только собственное

заиление, но и заиление временных оросителей, загрязнение водоприемников при технических сбросах.

По полученным данным определено влияние уклонов на количество смываемого грунта (рисунок 1).

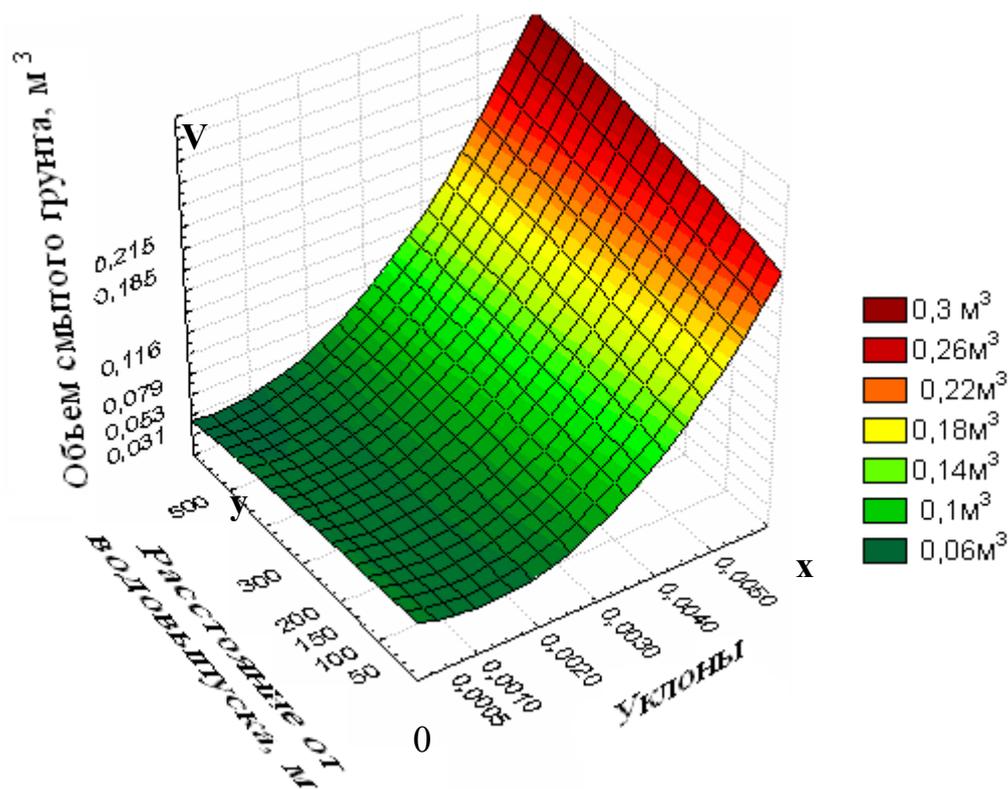


Рис. 1. Влияние уклонов внутрихозяйственной открытой оросительной сети на объем смываемого V грунта (m^3), с 1 м.п., в зависимости от уклонов (x) и расстояний от водовыпусков (y)

$$R^2 = 0,995:$$

$V = 310,23 + 19,37 x + 1,37 y - 86394,06 x x + 0,022 x y - 0,00079 y y$,
 где V – объем смытого грунта, m^3 ; x – уклон; y – расстояние от водовыпуска, м.

ЛИТЕРАТУРА

1. Решетникова М.С. Моделирование процесса водной эрозии: Тез. докладов. – Ростов н/Д, 2001. – 22 с.
2. Полуэктов Е.В. Эрозия почв на Дону и меры борьбы с ней. – Ростов-н/Д: Изд-во. Рост. ун-та, 1984. – 161 с.

3. Шикула Н.К., Рожков А.С., Трегубов П.С. Картирование территорий по интенсивности эрозийных процессов: Тр. междунар. конгресса почвоведов. – М., 1976. – Т.11. – 245 с.

4. Мелиорация и водное хозяйство: Справочник / Под ред. Б.Б. Шумакова. – М.: Агропромиздат. – Т. 6. Орошение. – 1987. – 415 с.

УДК 631.352.9

ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ РЕЗАНИЯ ШНЕКОВОГО РЕЖУЩЕГО АППАРАТА

Т. А. Погоров
ФГНУ «РосНИИПМ»

Шнековый режущий аппарат скашивает, измельчает и транспортирует измельченную массу. У этого режущего аппарата ножи установлены на периферии витков шнека (рис.1), их траектория движения в горизонтальной плоскости не повторяется, следовательно, отсутствуют площадки повторного среза стеблей растений, что позволяет шнековому режущему аппарату осуществлять процесс резания стеблей растений с меньшими затратами мощности, чем при работе серийно выпускаемых режущих аппаратов роторного типа.

Уравнение движения фиксированной точки лезвия шнекового режущего аппарата в параметрической форме имеет вид:

$$x = R \cdot \left(\frac{\alpha}{\lambda} \pm \cos \beta \cdot \sin \alpha \right);$$

$$y = -R \cdot \cos \alpha;$$

$$z = \pm R \cdot \sin \beta \cdot \sin \alpha,$$

где $\lambda = u/V_m$ – отношение окружной скорости к поступательной; R – радиус цилиндрической поверхности шнека по концам ножей; α – угол поворота шнека, отсчитывается от нижнего крайнего положения точки; β – угол

подъема винтовой линии шнека (угол установки ножей к фронтальному положению). При вращении в направлении сверху вниз ставится знак «минус», при вращении в противоположном направлении – «плюс».

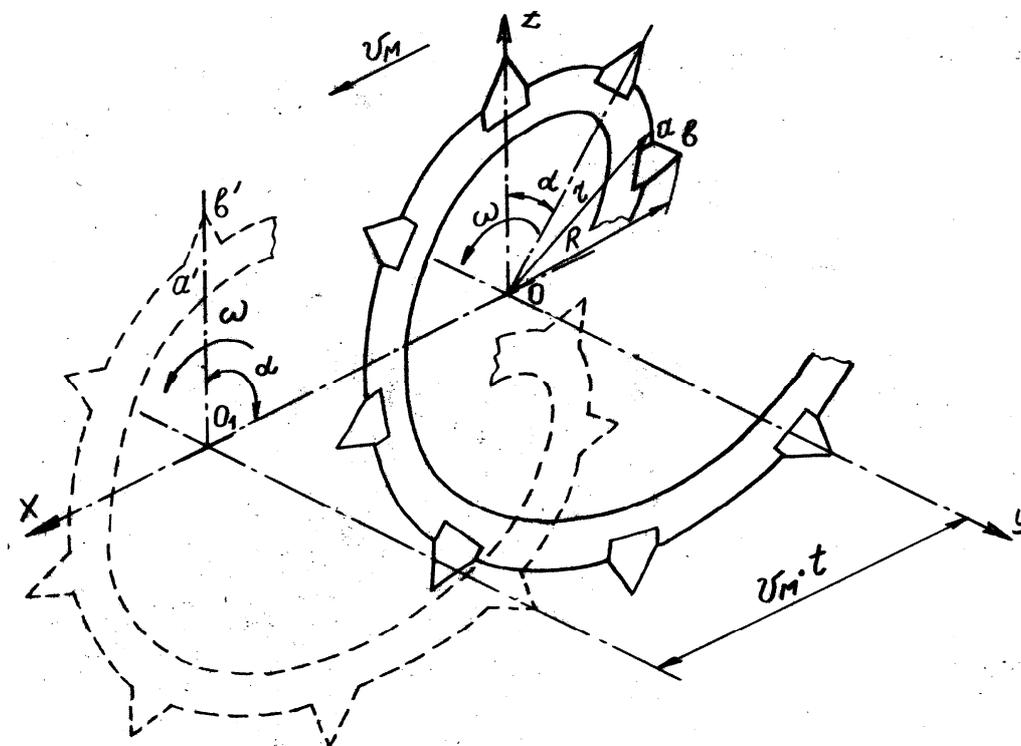


Рис.1. Схема работы шнекового режущего аппарата

Подача. Работа шнекового режущего аппарата (бесподпорного резания) характеризуется тем, что его ножи, закрепленные на винтовой поверхности шнека, участвуют в двух движениях: во вращательном вокруг горизонтальной оси с угловой скоростью ω , и переносном вместе с машиной со скоростью V_m (рис. 2).

Для построения траектории движения точек А и В лезвия определим перемещение L машины за время t одного оборота шнека:

$$L = V_m \cdot t = V_m \cdot \frac{\pi \cdot D}{u} = \pi \cdot D \cdot \frac{1}{\lambda},$$

где L – подача; D – диаметр цилиндрической поверхности по концам ножей.

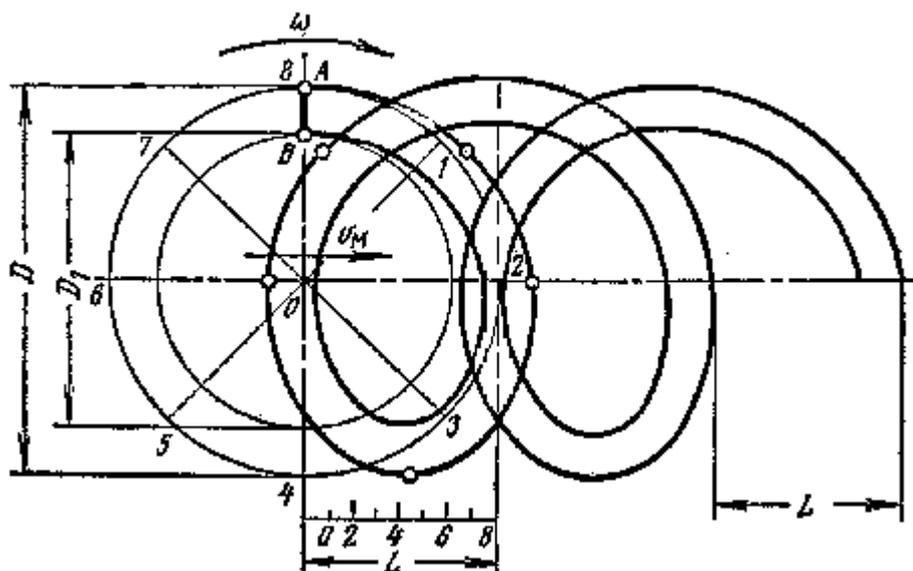


Рис. 2. Схема работы режущего аппарата шнекового типа

Таким образом, с увеличением числа ножей на шаге винтовой линии шнека или с увеличением скоростного параметра λ подача уменьшается. Растения срезаются и измельчаются лучше. Однако при чрезмерном увеличении λ при постоянной поступательной скорости увеличивается расход энергии на скашивание, измельчение и транспортировку массы растений. Наиболее удовлетворительные показатели при скашивании грубостебельной растительности (камыш, рогоз, осот, мелкий кустарник и т.д.) достигаются при $\lambda \geq 22$. Зависимость подачи L от скоростного параметра λ приведена на рисунке 3.

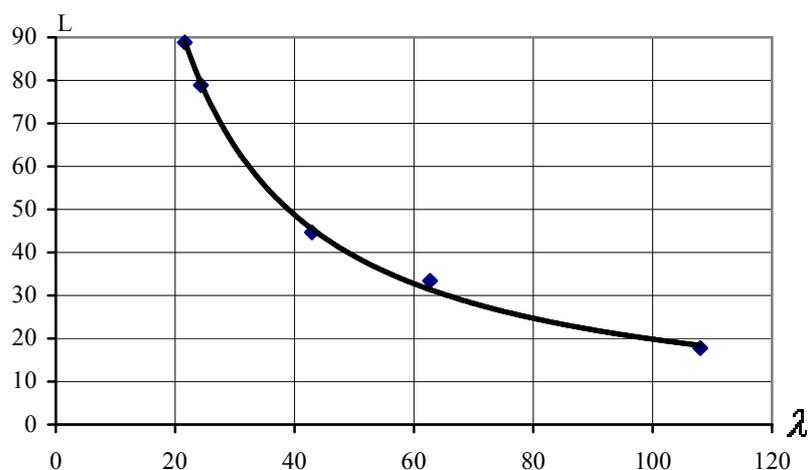


Рис. 3. Зависимость подачи L от скоростного параметра λ

Исходя из условия равенства окружной скорости и скорости прямолинейного движения шнека, найдем радиус r производящей окружности, определяющей характер траектории движения рабочего органа, показанного на рисунке 2. Для этого в масштабе построим график (рис. 4), на котором обозначим для точки A_0 окружную скорость u . Соединив ее конец с центром O , получим прямую, отображающую график изменения окружных скоростей точек радиуса A_0O . Если по горизонтали отложить значение скорости V_M , то легко определяется отрезок $OB_0 = r$. Движение шнека происходит таким образом, как если бы цилиндр радиусом r перекатывался без скольжения по прямой CD со скоростью V_M .

При этом точки лезвия ножа, закрепленного на периферии витка шнека, движутся по удлинненным циклоидам.

Используя рисунок 4,б, запишем параметрические уравнения удлинненной циклоиды в функции угла φ :

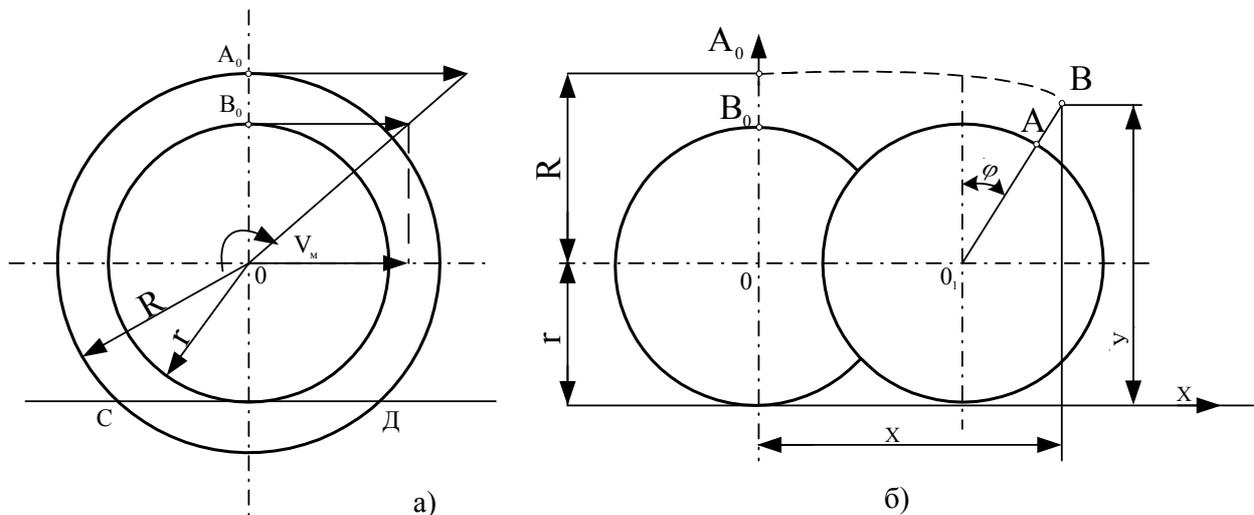


Рис. 4. Определение площади подачи:
а – радиуса r ; б – координат точки траектории

$$\begin{aligned} x &= r \cdot \varphi + R \cdot \sin \varphi, \\ y &= r + R \cdot \cos \varphi. \end{aligned} \quad (1)$$

Согласно уравнению (1), при одном обороте шнека ($\varphi=2\pi$) режущий аппарат пройдет путь величиной $2\pi r$. Следовательно, подачу для шнекового режущего аппарата можно определить по формуле:

$$L = 2\pi r.$$

Площадь подачи:

$$F = LD,$$

а площадь нагрузки на лезвие:

$$F_H = F/z,$$

где z – число ножей шнекового режущего аппарата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник конструктора с.-х. машин / В.И. Александров, Н.Б. Бореев, И.П. Безручкин и др. – М.: Машиностроение, 1967. – Т. 2. – С. 121-131.
2. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Г.Е.Листопад, А.Н.Семенов, Г.К. Демидов и др. – М.: Колос, 1976. – С. 583-585.
3. Бать М.И., Джанелидзе Г.Ю., Кельзон А.С. Теоретическая механика в примерах и задачах. – М.: Наука, 1972. – Т.1. – С. 216-232.

УДК 556.135

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИСПАРЯЕМОСТИ ПО ГИДРОМЕТЕОПАРАМЕТРАМ

И.В. Ольгаренко
ФГОУ ВПО НГМА

Из-за трудоемкости проведения непосредственных измерений суммарного испарения на больших орошаемых массивах, его рассчитывают с помощью моделей связи интенсивности испарения с влияющими на него метеорологическими факторами, наблюдаемыми сетью метеостанций.

Интенсивность суммарного испарения зависит от влажности почвы, физиологических свойств растений, метеорологических условий и уровня агротехники. При оптимальных влагозапасах в почве водопотребление за-

висит от состояния растительного покрова и теплоэнергетических условий внешней среды. Теоретической основой расчетных методов определения испарения служит то, что при оптимальной влагообеспеченности растений существует тесная связь между испарением влаги сельскохозяйственным полем и энергетическими ресурсами атмосферы, которые оцениваются таким комплексным показателем как испаряемость.

К числу факторов, определяющих величину испаряемости, можно отнести, во-первых, способность воздуха воспринимать водяной пар, которая количественно характеризуется дефицитом влажности воздуха. Другим фактором, определяющим испаряемость как максимально возможное испарение с предельно увлажненной поверхности, является количество тепловой энергии, которое может расходовать на испарение данная поверхность в единицу времени и определяется методом теплового баланса.

Третий фактор, влияющий на испаряемость, – интенсивность турбулентного влагообмена, характеризующая способность слоев воздуха, прилегающих к поверхности, переносить водяной пар от поверхности в вышележащие слои. Все три фактора непосредственно влияют на величину испаряемости и поэтому она выступает как комплексная характеристика внешней среды, в которой произрастают растения. Испарение с почвы, транспирация растений, а следовательно, и суммарное испарение при оптимальных влагозапасах почвы пропорциональны испаряемости.

Процесс тепловлагообмена системы «почва-растение-атмосфера» характеризуется за любой промежуток времени балансами прихода и расхода влаги и тепла, непрерывно связанными с суммарным испарением, обуславливающим в значительном мере биологические процессы роста и развития растений. Поэтому совместное рассмотрение водного и теплового балансов позволит получить результаты, в наибольшей степени соответствующие действительности.

Для определения испаряемости E_0 за короткие промежутки времени

С.И. Харченко предложена формула:

$$E_{\omega}=16,7 \cdot (a \cdot Q - n \cdot b),$$

где: a , b – эмпирические параметры (таблица);

n – промежуток времени;

Q – суммарная радиация.

Таблица

Эмпирические параметры для расчета испаряемости E_{ω}

| Метеостанции | Параметры | |
|----------------|-----------|-------|
| | A | b |
| Ростов-на-Дону | 1,593 | 0,017 |
| Веселый | 1,675 | 0,026 |
| Азов | 1,912 | 0,013 |
| Багаевская | 2,170 | 0,017 |

Ряд авторов предлагают принимать за испаряемость величину испарения с водной поверхности, измеренной с помощью испарителей. Однако недостаточное количество таких данных заставляет применять расчетные эмпирические методы определения испаряемости. Расчетные формулы строятся на основании результатов сопоставления измеренных величин испарения с водной поверхности с дефицитом влажности воздуха или температурой.

Анализ данных 258 суточных наблюдений, по данным В.П. Остапчика, показал большую тесноту связи испарения с суммарным испарением, коэффициента корреляции $R=0,84-0,88$; $D=0,72$; $\sigma=1,1$ мм. Связь испарения с водной поверхности с дефицитом влажности воздуха характеризовалась следующими показателями: $R=0,79-0,81$; $D=0,63$; $\sigma=1,4$ мм, а с другими элементами метеорологического режима она была более слабой. Высокая теснота связи между испарением с водной поверхности и суммарным испарением с орошаемых полей объясняется тем, что они формируются в целом под влиянием одинаковых факторов. Данные по испарителям ГГИ-3000 репрезентативны, в однородных равнинных условиях в радиусе не более 50 км.

А.Р. Константинов принимает за испаряемость испарение с оптимально увлажненного луга площадью 20 м^2 или по исправленным на сезонный и суточный ход величин температуры и влажности воздуха.

Однако, по мнению С.И. Харченко, испаряемость с оптимально увлажненного луга по величине и ходу близка к испаряемости при возделывании колосовых культур и не соответствует испаряемости с технических культур, к тому же наблюдения за испарением с оптимально увлажненного луга отсутствуют.

Э.М. Ольдекопом предложена формула для определения испаряемости за месяц:

$$E_{\omega} = m \cdot d\phi,$$

где m – коэффициент, равный 22,7 для теплой половины года; 16,0 – для холодной; $d\phi$ – дефицит влажности воздуха, %;

Н.Н. Иванов предложил для определения месячных величин испаряемости формулу:

$$E_{\omega} = 0,0018 \cdot (t + 25)^2 \cdot (100 - r),$$

где: t и r – среднемесячная температура воздуха ($^{\circ}\text{C}$) и относительная влажность воздуха (%).

Величина максимального испарения, согласно Г.Т. Селянинову, может быть выражена:

$$E_{\omega} = 0,1 \cdot \sum t,$$

где t – сумма среднесуточных температур воздуха за рассматриваемый период, $^{\circ}\text{C}$.

В.П. Остапчиком предложена формула:

$$E_{\omega} = a \cdot (d\phi)^{BT},$$

где a – эмпирический коэффициент;

$d\phi$ – среднесуточные значения влажности воздуха в %;

B, T – параметры, зависящие от теплообеспеченности вегетационного периода.

Расчет испаряемости по связям ее с дефицитом естественного увлажнения, температурой или влажностью воздуха вполне закономерен, но эти связи представляют собой лишь корреляционные зависимости между факторами, являющимися следствиями одной и той же причины – притока солнечной энергии. Связь испарения с температурой и влажностью воздуха часто нарушается адвекцией сухих или влажных воздушных масс с других территорий, тем более в условиях неоднородности подстилающей поверхности. Эти недостатки корреляционных связей испарения с температурой, влажностью, дефицитом влажности воздуха иногда являются причиной значительных ошибок расчета испаряемости за короткие интервалы.

В настоящее время массовые наблюдения за испаряемостью на сельскохозяйственных полях не ведутся. На сети метеостанций измеряются температура, влажность воздуха, скорость ветра. Поэтому большое значение для повышения точности определения суммарного испарения имеет выбор косвенного метода расчета испаряемости по данным наблюдений сети метеостанций, наиболее точно отражающего ее связь с климатическими условиями.

Повышение точности расчетов суммарного испарения можно обеспечить путем введения в расчетные формулы вместо значений дефицита влажности воздуха величины испарения из испарометра ГГИ-3000. Этот показатель является комплексной характеристикой, отражающей влияние на суммарное испарение совокупности метеорологических факторов. Однако для более точного расчета определения испарения с водной поверхности целесообразно воспользоваться региональной формулой, параметры которой могут быть получены в результате математической обработки, многолетних (не менее 20 лет) данных об испарении с водной поверхности, температуре и дефиците влажности воздуха.

Для получения региональной зависимости, позволяющей определить величину испарения с водной поверхности для условий сухостепной зоны

Ростовской области, проведен сбор данных по испарению испарометра ГГИ-3000, температуре, дефициту влажности воздуха по различным метеостанциям Ростовской области. Фактические данные были сгруппированы и подвергнуты математической обработке, в результате получены уравнения вида:

$$E_{\omega}=A(d\varphi)^{b \cdot t}$$

где A и b – эмпирические параметры (таблица);

$d\varphi$ – дефицит влажности воздуха, мб/сут.;

t – среднесуточная температура воздуха, °С.

УДК 577.4 (471.61)

ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ЛАНДШАФТОВ НА ПРИМЕРЕ г. АКСАЙ

С.М.Васильев, А.В. Белоусова
ФГОУ ВПО «НГМА»

В настоящее время остро стоят вопросы рекультивации и охраны земель различного назначения, борьбы с загрязнением для повышения потребительской стоимости урбанизированных территорий.

Город Аксай находится в 5 км от Ростова-на-Дону и является составной частью Ростовской агломерации. Численность населения составляет около 41 тыс. человек. По уровню промышленной нагрузки Аксай относится к регионам со средним показателем антропогенного воздействия для Ростовской области (по данным экологического атласа Ростовской области объем эмиссии варьирует в пределах 1,1-10 т/км²), что объясняется преобладанием здесь средних и малых предприятий. Это прежде всего ЗАО «Аксайский стекольный завод», АО «Аксайкарддеталь» (тракторное и сельскохозяйственное машиностроение), ЗАО «Химпродукт», ЗАО «Асте-

роид» (промышленность строительных материалов), ООО «Горизонт» (металлопластиковые конструкции), АБЗ Аксайского ДРСУ (специализированное строительство), ЗАО «Юг - Мет» (переработка цветных металлов), АО «Мидель» (речной транспорт). Пищевая промышленность города представлена предприятиями: ОАО «Аксайский консервный завод», Хлебный комбинат Аксайский, ЗАО «Аксайский пивоваренный завод» и ряд других. Эти предприятия, а также транспорт являются потенциальными источниками загрязнения окружающей среды города.

По уровню транспортной нагрузки г. Аксай считается наиболее загруженным и имеет 6-й класс. Через город ежедневно проходит 4-6 тысяч автомобилей, что связано с пуском новой автомагистрали в Новочеркасск и Старочеркасск. При оценке техногенной нагрузки следует учитывать роль железнодорожного транспорта, так как вдоль всего берега Дона в пределах Аксая проходит крупнейшая железнодорожная магистраль.

По состоянию атмосферного воздуха город попадает в критическую зону (индекс 8-16), что в большей степени связано с расположением вблизи крупных промышленных предприятий.

По гидрологическим показателям вода р. Дон вблизи г. Аксая относится к 4 классу, т.е. вода грязная из-за повышенных концентраций нитритов, соединений меди и сульфатов, по питьевому качеству – к критической. Такое воздействие, несомненно, сказывается на всех природных компонентах городской среды: на атмосфере, поверхностных и подземных водах, растительности, а главным образом на почвах, поскольку они являются депонирующей средой.

Сегодня основным результатом развития процесса урбанизации является значительное отчуждение продуктивных земель под застройки и промышленные объекты, захламливание и нарушение земель, при этом площади таких земель повсеместно увеличиваются, что обуславливает несомненную актуальность темы исследований. В этой связи были прове-

дены геохимические исследования родников (15 источников), атмосферных выпадений (6 площадок атмосферических наблюдений), почв (119 точек апробирования) города (рис.1). Пробы обрабатывались с помощью спектрального полуколичественного анализа по 20 элементам. На основе программы «Arc View GIS 3.2» построены карты распределения химических элементов в атмосфере и почвах.



Рис. 1. Места проведения наблюдений (г. Аксай)

Материалы гидрогеохимических исследований показали, что практически во всех родниках на территории города вода отличается повышенной жесткостью и минерализацией. В большей части отобранных проб тип воды – сульфатно-кальциево-натриевый или сульфатно-магниево-кальциево-натриевый. Водородный показатель (рН) – от 7,9 до 8,71, это свидетельствует о слабощелочной реакции среды.

Среди родников в южной части города, на склонах надпойменной террасы, самым лучшим по качеству воды следует признать родник на Бу-

деновском спуске, точка наблюдения (т.н. 2). Только по жесткости (1,8 ПДК), минерализации (1,5 ПДК) и нитратам (1,7 ПДК) его вода не соответствует стандартам питьевых вод.

В роднике на ул. Набережной 41 (т.н. 4) превышены ПДК по минерализации, жесткости, содержанию сульфатов (в 2,4 раза) и хлоридов (1,1 ПДК). Помимо этого, в нем обнаружены самые высокие концентрации нитратов в 6,5 ПДК и нефтепродуктов в 4 ПДК. В воде из родников №№ 2, 4 и 5 наблюдается высокое содержание нитратов (от 76,22 до 293,5 мг/дм³ при ПДК в 45 мг/дм³), что связано, по-видимому, с бытовым загрязнением грунтовых вод. Загрязнением бытовыми сточными водами объясняется и большое количество взвесей (мутность) в водотоках на улице Набережная (т.н. 4, 5, 7 и 9).

Из всех исследуемых родников самым чистым оказался источник (т.н. 13), находящийся на территории музея – заповедника Мухина Балка, расположенной в северо-восточной части города. Почти все концентрации укладываются в рамки ПДК, за исключением минерализации (3,7 ПДК), жесткости воды (4 ПДК) и сульфатов (4 ПДК). Если СПАВ в родниковых водах пока не обнаружены, а фенолы находятся в ничтожных количествах, то по нефтепродуктам нормативы питьевых вод превышены в точках наблюдения 4 и 5 (в 4 и 5 раз соответственно).

Родниковые воды опробовались на содержание тяжелых металлов и других микроэлементов (цинк, марганец, медь, мышьяк, железо), ни по одному из них превышения значений ПДК не зафиксировано. Металлы в водотоках с нейтральной или слабощелочной реакцией среды мигрируют, как правило, не в растворенной форме.

В пределах города техногенный воздушный поток формируется в основном за счет пыле-газовых выбросов промышленных предприятий, ТЭЦ и котельных, выбросов автотранспорта, строительной пыли и продуктов дефляции загрязненного почвенного покрова.

Промышленные предприятия, котельные и ТЭЦ, строительные площадки и автотранспорт городов являются основными источниками загрязнения атмосферного воздуха пылью, оксидами серы, азота, углерода, углеводородов и других летучих органических соединений. Кроме основных загрязняющих веществ, традиционно определяемых в атмосферном воздухе природоохранными организациями, в выбросах предприятий присутствуют бензапирен, минеральные и жирные кислоты, фенолы, спирты, ацетаты, сложные эфиры, аммиак, металлы и другие соединения во всевозможных комбинациях.

Средняя пылевая нагрузка для г. Аксая (рис. 2) в 3 раза меньше, чем в Ростове-на-Дону, в 3,5 раза меньше, чем в Волгодонске, и даже меньше, чем в г. Зернограде. Но если сравнить по этому показателю г. Аксай и фоновый участок в районе ст. Вешенская, окажется, что минимальная наблюдаемая пылевая нагрузка на территории города (т.н. 4) в 8,6 раз выше фона, а средняя нагрузка в 15,5 раз выше фоновой. Максимальные значения массы твердофазных атмосферных выпадений наблюдаются вблизи федеральной автомагистрали М4 – «Дон» (т.н. 11). В центральной части города пылевая нагрузка в 1,7 раза больше, чем в периферийных районах.

Максимальная интенсивность выпадения пыли отмечена на 11-й площадке атмохимических наблюдений ($784,3 \text{ кг/км}^2$ в сутки). На данной территории среднесуточная концентрация пыли в воздухе незначительно превышает допустимые и равна $0,153 \text{ мг/м}^3$. В других районах города, где пылевая нагрузка равна $224,8\text{-}353,5 \text{ кг/ км}^2$ в сутки, среднесуточная концентрация пыли ниже ПДК.

В пределах города в состав атмосферной взвеси входят продукты эоловой эрозии местных почв, дорожная и строительная пыль, техногенные выбросы. Именно за счет строительной пыли, а точнее выбросов Цементного завода, повышенная атмохимическая нагрузка наблюдалась в точке наблюдения 10.

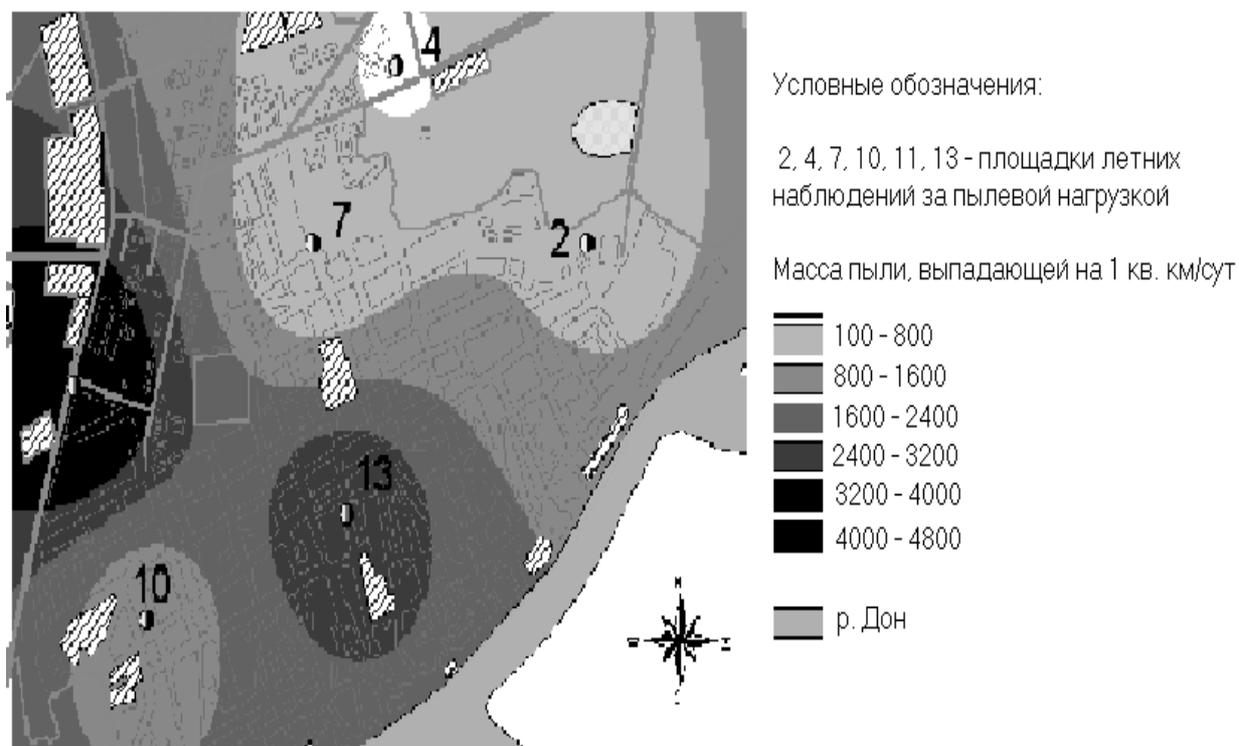


Рис. 2. Распределение пылевой нагрузки в г. Аксай, осредненное за 2001-2003 гг.

Предварительно проведенные атмосфернохимические исследования позволили выявить на территории города не только зоны распространения повышенной пылевой нагрузки, но также поля аномальных концентраций элементов в пыли. В состав комплексной геохимической аномалии входят цинк, стронций, хром, свинец, серебро, никель, кобальт, ванадий, молибден, олово и другие микроэлементы.

Атмосфернохимические аномалии цинка (рис. 3) занимают северо-восточную часть г. Аксая. Характерно уменьшение концентраций при движении с северо-востока на юго-запад, что соответствует конфигурации розы ветров. Пределы колебаний концентрации цинка составляют 600-2000 мг/кг на км² в сутки, при средних значениях 1100 мг/кг на км² в сутки.

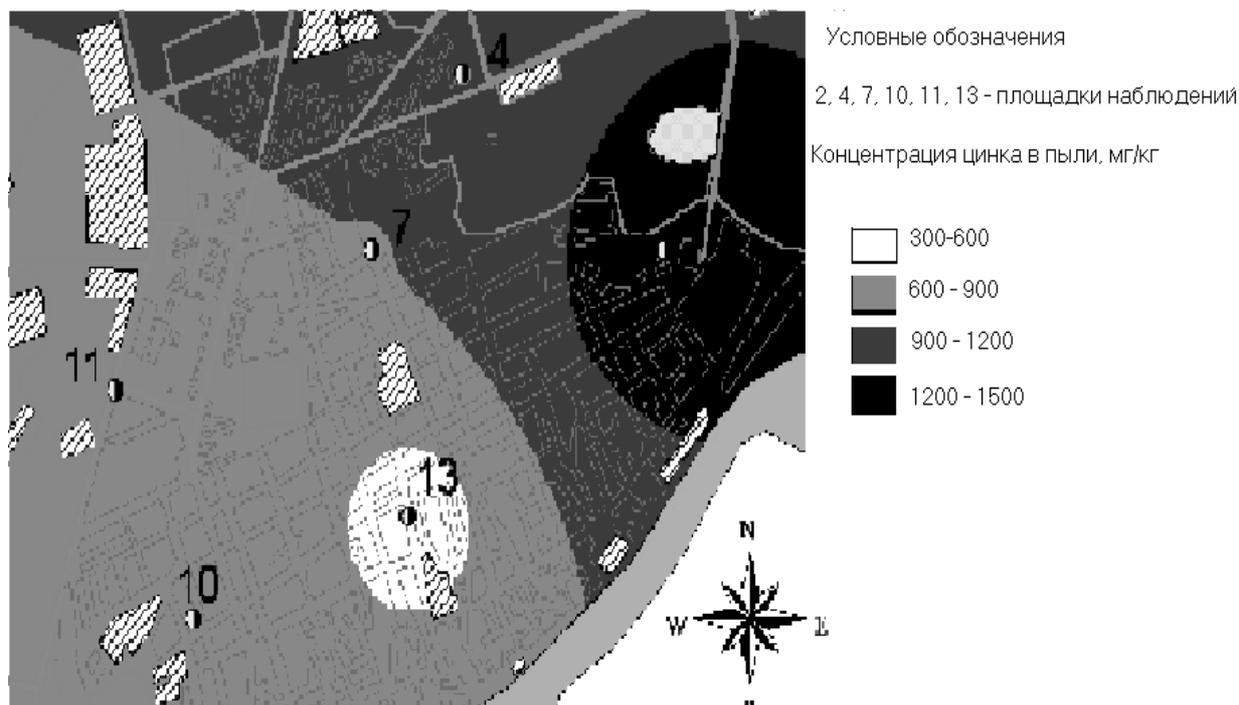


Рис. 3. Концентрация цинка 2002 г.

На основании проведенных исследований оценку загрязнения почв тяжелыми металлами проводили на основании коэффициента техногенной концентрации (таблица 1) по формуле:

$$K_{т.к.} = C_i / C_{фи}$$

где C_i – фактическое содержание i -го элемента в пробе, мг/кг;

$C_{фи}$ – фоновое содержание i -го элемента, мг/кг.

Таблица 1

**Коэффициенты техногенной концентрации цинка
в поверхностном слое урбанизированного ландшафта г. Аксай**

| № опытно-точек | $K_{т.к.} (Zn)$ 2000 г. | $K_{т.к.} (Zn)$ 2001 г. | $K_{т.к.} (Zn)$ 2002 г. |
|----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1 | 0,6 | 1,2 | 1,3 |
| 2 | 0,8 | 1,4 | 1,7 |
| 3 | 0,7 | 1,8 | 1,5 |
| 4 | 0,9 | 1,8 | 1,9 |
| 5 | 1,2 | 1,2 | 1,1 |
| 6 | 1,4 | 2,4 | 2,3 |
| 7 | 0,9 | 1,5 | 0,6 |
| 8 | 1,1 | 2 | 1,9 |

Для оценки и дальнейшего прогноза техногенного загрязнения пользовались методом планирования эксперимента с использованием симплекс-решетчатых планов Шефе. С этой целью относительное содержание каждого коэффициента техногенной концентрации рассматривали как одну из переменных X_i при выполнении условия:

$$\sum_{1 \leq i \leq 3} X_i = I,$$

где $X_i \geq 0$.

При построении диаграмм «состав-свойство» факторное пространство представлено в виде симплексов, в связи с чем координаты компонентов рассматриваемой системы определяли не в обычной Декартовой системе, а в специальной – симплексной, в которой относительные содержания коэффициента откладывали вдоль соответствующих сторон или граней симплекса (рис. 4).

В результате получена квадратичная модель вида:

$$K_{m.k.}(Zn)_{2002 \text{ г.}} = 16,89 + 40,96X - 42,39Y - 18,23X^2 - 6,93XY + 15,39Y^2.$$

Таблица 2

Корреляционные соотношения коэффициентов техногенной концентрации за период 2000-2002 гг.

| Показатель | $K_{m.k.}(Zn)$ 2000 г. | $K_{m.k.}(Zn)$ 2001 г. | $K_{m.k.}(Zn)$ 2002 г. |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| $K_{m.k.}(Zn)$ 2000 г. | 1,00 | 0,56 | 0,44 |
| $K_{m.k.}(Zn)$ 2001 г. | 0,56 | 1,00 | 0,68 |
| $K_{m.k.}(Zn)$ 2002 г. | 0,44 | 0,68 | 1,00 |

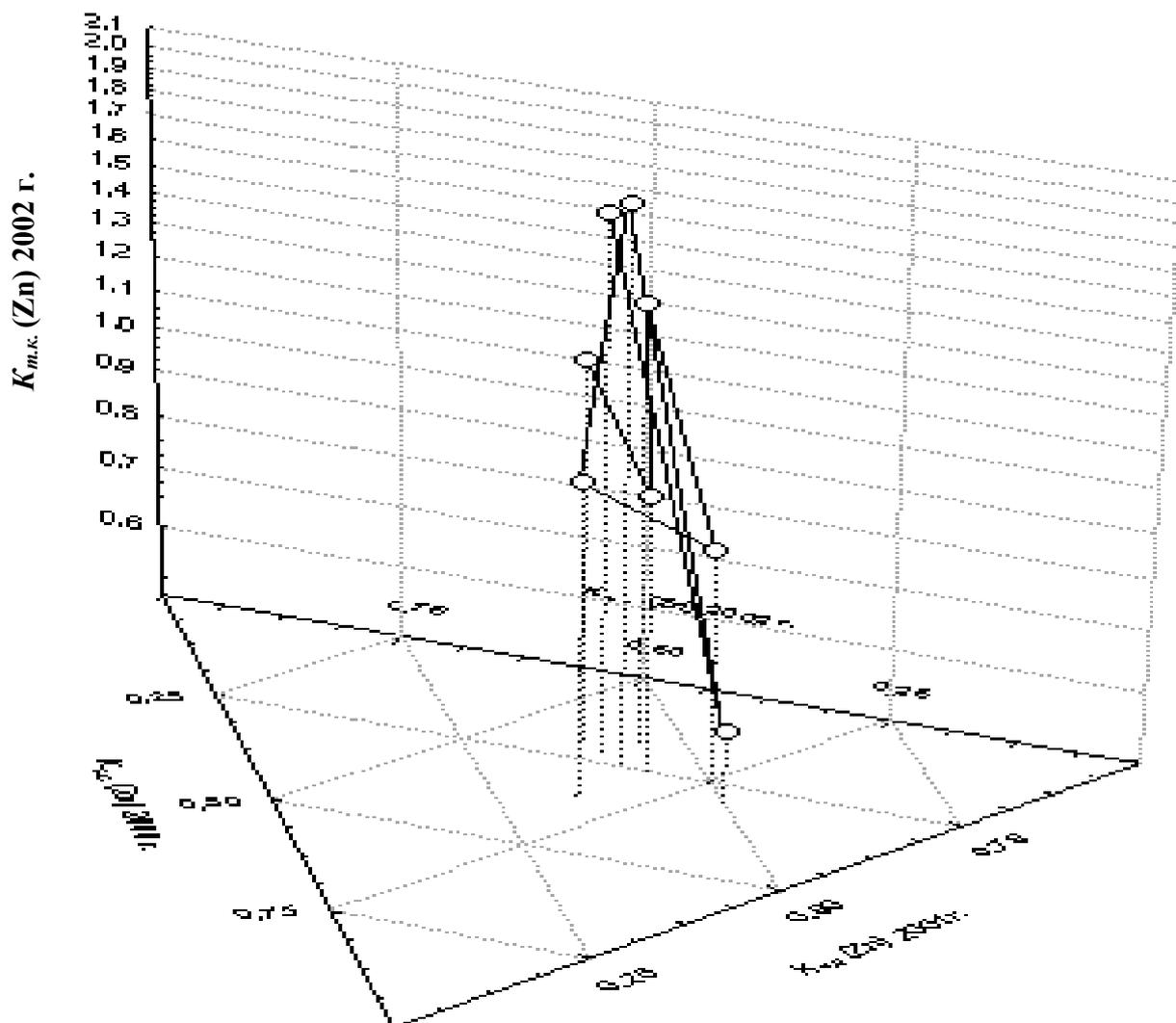


Рис. 4. Диаграмма роста корреляционного соотношения коэффициентов техногенного загрязнения по годам

Проведенный анализ коэффициентов техногенного загрязнения свидетельствует об относительном увеличении поступления количества цинка в почвенный слой, что снижает потребительскую стоимость территорий. Основное ядро загрязнения цинком (1100 мг/кг) приурочено к территории, граничащей с заводом «Химпродукт» (2, 4 и 6 опытные точки). Вторая зона сильнозагрязненных почв (ул. Шевченко) с концентрациями более 700 мг/кг обнаружена в центральной части города, где расположены многочисленные стихийные свалки бытового и строительного мусора (1, 3 и 8 опытные точки). На юге города загрязнение почв цинком картируется на территории вблизи частной автомастерской (5 и 7 опытные точки). И толь-

ко в заповеднике Мухина Балка содержание цинка в почвах соответствует природному распределению.

Сравнительно благополучное положение г. Аксая по запыленности ат-мосферного воздуха объясняется, в первую очередь, обилием зеленых насаждений в зоне одноэтажной застройки, что характерно для многих небольших городов. Именно растительность принимает на себя первый удар токсичных веществ и пыли, выбрасываемых предприятиями и автотранспортом. Поэтому при расширении города за счет строительства новых многоэтажных жилых кварталов без соответствующего пополнения зеленой зоны экологическая ситуация в городе будет существенно ухудшаться.

Литохимические аномалии цинка охватывают около 50 % площади г. Аксая. Выделяются 4 зоны с концентрациями 600-1200 мг/кг, в 2-4 раза превышающими ПДК (Кабата – Пендиас, 1991, Саев, 1990).

Свинцовые геохимические аномалии в 3-4 ПДК выявлены в северо-западной и северной части г. Аксая, а локальная аномалия, более 4 ПДК, зафиксирована, как и для остальных исследуемых элементов, в зоне влияния ЗАО «Химпродукт». Загрязнение, носящее линейный характер, прослеживается вдоль автомагистрали М 4 - «Дон». Причем, даже на удалении более чем на 200 м содержание свинца в почвах достигает 200-300 мг/кг. Наиболее благоприятной, с точки зрения концентраций свинца (менее 90 мг/кг), является центральная селитебная часть города (рис. 5).

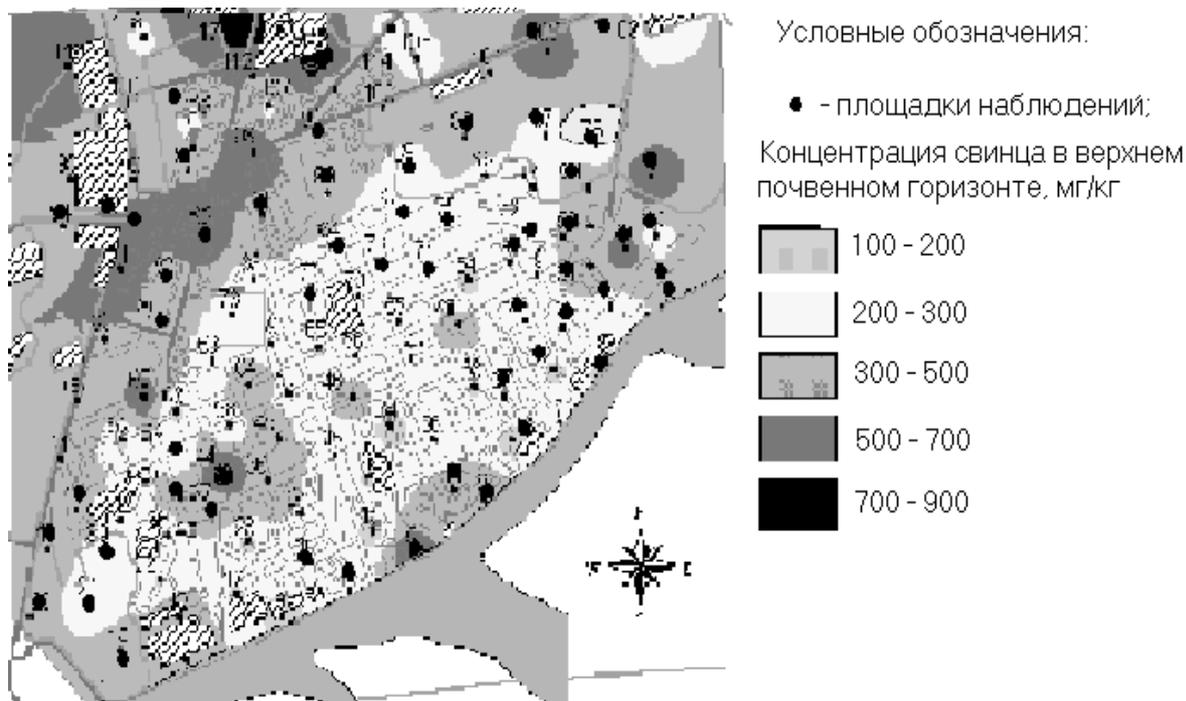


Рис. 5. Схематическая карта распределения свинца в верхнем почвенном горизонте

ПДК валового содержания хрома в почве установлена на уровне 100 мг/кг. Но даже среднее содержание хрома в черноземах незагрязненных ландшафтов, по данным многих авторов, 250-300 мг/кг (по А.П. Виноградову, среднее содержание хрома для черноземов – 286 мг/кг). По-видимому, разработка нормативов предельно-допустимых концентраций должна проводиться по зональному принципу, с учетом климатических и ландшафтно-геохимических условий. Если же пользоваться утвержденными ПДК, вся территория г. Аксая резко аномальна по содержанию хрома в почве. Загрязнение почв хромом, с учетом поправки на его среднее содержание в черноземах, одно из самых обширных по площади, занимает примерно 50 % территории города. Зоны превышения концентраций этого элемента в 2-3 ПДК расположены на севере и юго-востоке города и, очевидно, объясняются реликтовым загрязнением. Наиболее благоприятная

обстановка сложилась в центральной части г. Аксая, здесь его концентрация находится в пределах нормы.

Распределение меди в почвах города характеризуется аномально высокими концентрациями, до 400 мг/кг, при ПДК-100 мг/кг (Ю.Е. Сае́т, 1990), в селитебной зоне частного сектора, на пересечении ул. Свердлова и ул. Революции. Возникновение этой геохимической аномалии, очевидно, связано с использованием медного купороса для обработки садов и виноградников. Высокие концентрации меди, до 2 ПДК, обнаружены на северо-западе города, в зоне расположения основных промышленных предприятий. Самыми чистыми являются районы частного сектора правобережья Дона, где среднее содержание меди в почвах не превышает 80 мг/кг.

Анализ структур карт распределения исследуемых химических элементов в атмосфере и почвах показал, что геохимический фон города характеризуется наличием довольно мощной по площади и контрастности Zn-Pb-Cr аномалии.

Составленные по данным геохимического опробования экологические карты дают объективную информацию о качественном и количественном составе атмосферного и гидрохимического потока, об уровне техногенной нагрузки на конкретные территориально-структурные единицы, о степени загрязнения почвы, атмосферы и водных систем.

Основные выводы:

1. Гидрохимическим опробованием установлено повышенное содержание в родниковых водах сульфатов, гидрокарбонатов при высокой жесткости и минерализации. Проведенные исследования показали, что аксайские родники в своем большинстве не могут использоваться как источники питьевых вод. В каскадах прудов района Пороховой Балки установлено наличие химического загрязнения (концентрации цинка, свинца, мышьяка превышают ПДК). Вода в реке Аксай отличается повышенной минерали-

зацией и жесткостью и также не соответствует нормативам питьевых вод по ряду показателей, что связано с подпиткой речных вод загрязненными водами родников и ливневого стока из городских ландшафтов г. Аксая.

2. Средняя пылевая нагрузка в г. Аксае значительно ниже, чем в Новочеркасске или в других крупных промышленных центрах Нижнего Дона, но в 15,5 раз выше, чем на фоновом участке в Шолоховском районе. В наибольшей степени атмосфера загрязнена вблизи ул. Западной и вблизи строительных площадок. В среднем по городу масса твердофазных атмосферных выпадений составляет 402 кг/км^2 в сутки, что соответствует содержанию пыли в воздухе $0,11 \text{ мг/м}^3$, и не превышает ПДК для среднесуточных концентраций. Характерна высокая доля растворимых солей, что служит косвенным показателем формирования пылевой нагрузки за счет почвенной пыли.

4. В почвенном покрове зафиксированы литохимические аномалии цинка, свинца, хрома, меди, слабоконтрастные зоны повышенного содержания ванадия, марганца, молибдена, серебра, других металлов.

5. По суммарному показателю загрязнения почвы и атмосферы около 40 % площади г. Аксая можно отнести к зоне среднего загрязнения (по классификации Ю.Е. Саета) [1]. Несмотря на то, что на территории города есть островки, состояние окружающей среды которых соответствует установленным медико-гигиеническим нормативам, актуальным остается вопрос о проведении специальных исследований по улучшению элементов среды урбанизированного ландшафта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сает Ю.Е., Сорокина Е.П., Ревич Б.А. Геохимические методы при оценке интенсивности промышленного воздействия на окружающую среду // Влияние промышленных предприятий на окружающую среду. – Пушкино, 1984. - С. 172-173.

ИММОБИЛИЗАЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ УРБОЛАНДШАФТОВ

А.В. Белоусова
ФГОУ ВПО «НГМА»

Состояние и развитие человеческого общества в значительной мере обусловлены характером его взаимодействия с окружающей средой. Е. Одуму принадлежит известное высказывание: «...человек живет лучше всего, когда он действует как часть природы, ... в противном случае, подобно неразумному паразиту, он может начать так использовать своего хозяина, что рискует погубить самого себя» [1, 2]. Выдающийся ландшафтовед Д.Л. Арманд подчеркивал, что «путь, достойный человека, состоит не в том, чтобы без конца «побеждать» природу, а в том, чтобы наладить с ней мирное сосуществование. Для этого он должен научиться потреблять возобновляемых ресурсов не больше, чем он может воспроизвести, а выбрасывать отходов не больше, чем он сможет возратить в полезный круговорот природы [3].

В настоящее время сильное негативное воздействие на экологическое состояние природной среды оказывает промышленное производство, являющееся источником поступления различного рода загрязняющих веществ, в первую очередь тяжелых металлов. Так, благодаря бурному развитию промышленных соседей (г. Ростов-на-Дону и г. Новочеркасск), г. Аксай, не являясь крупным промышленным центром, в отдельных районах имеет высокий уровень загрязнения окружающей среды.

Наши исследования показали, что за счет осаждения поллютантов из атмосферного воздуха геохимический фон города характеризуется наличием довольно мощной по площади и контрастности Zn – Pb – Cr аномалии.

Литохимические аномалии цинка охватывают около 50 % площади

города, выделяются 4 зоны с концентрациями 600-1200 мг/кг, в 2 - 4 раза превышающими ПДК. Основное ядро загрязнения цинком (1100 мг/кг) приурочено к территории, граничащей с заводом «Химпродукт».

Аномалии свинца, в 3-4 раза превышающие ПДК, выявлены в северо-западной и северной части Аксая, а локальная аномалия, более 4 ПДК, зафиксирована, как и для остальных исследуемых элементов, в зоне влияния ЗАО «Химпродукт». Загрязнение, носящее линейный характер, прослеживается вдоль автомагистрали М-4 «Дон». Причем даже на удалении более чем на 200 м содержание свинца в почвах достигает 200-300 мг/кг.

Загрязнение почв хромом одно из самых обширных по площади, занимает примерно 50 % территории города. Зоны превышения концентраций этого элемента в 2-3 ПДК расположены на севере и юго-востоке города [4].

Загрязнение почв тяжелыми металлами имеет две отрицательные стороны. Во-первых, поступая по пищевым цепям из почвы в растения, а оттуда в организм животных и человека, тяжелые металлы вызывают снижение количества и качества урожая сельскохозяйственных растений и животноводческой продукции, рост заболеваемости населения и сокращение продолжительности жизни (наиболее опасны для человека Hg, Cd, Pb). Во-вторых, накапливаясь в почве в больших количествах, тяжелые металлы способны изменять многие ее свойства. Прежде всего, изменения затрагивают биологические свойства почвы: снижается общая численность микроорганизмов, сужается их видовой состав, изменяется структура микробиоценозов, падает интенсивность основных микробиологических процессов и активность почвенных ферментов. Сильное загрязнение тяжелыми металлами приводит к изменению и более консервативных признаков почвы, таких как гумусное состояние, структура, рН среды и др., результатом чего является частичная, а в ряде случаев и полная утрата поч-

венного плодородия.

Механизм токсического действия тяжелых металлов на живые организмы состоит в том, что они легко связываются с сульфогидральными группами белков. В результате нарушается проницаемость мембран и происходит ингибирование ферментов, что ведет к нарушению обмена веществ.

Почва, в отличие от других компонентов природной среды, не только геохимически аккумулирует компоненты загрязнений, но и выступает как природный буфер, контролирующий перенос химических элементов и соединений в атмосферу, гидросферу и живое вещество. Исходя из этого, можно сделать вывод, что почва берет на себя основной «удар» техногенного воздействия. На поверхность почвы тяжелые металлы поступают в различных формах, в виде оксидов и различных солей металлов растворимых и нерастворимых (сульфиды, сульфаты, арсениты и т.д.).

Попадая на поверхность почв, тяжелые металлы могут накапливаться или рассеиваться в зависимости от характера геохимических барьеров, свойственных данной территории. Большая часть тяжелых металлов, поступающих на поверхность почвы, закрепляется в верхних гумусных горизонтах. Тяжелые металлы сорбируются на поверхности почвенных частиц, связываются с органическим веществом почвы, в частности, в виде элементарно-органических соединений, аккумулируются в гидроокислах железа, входят в состав кристаллических решеток глинистых минералов, дают собственные минералы в результате изоморфного замещения, находятся в растворимом состоянии в почвенной влаге и газообразном состоянии в почвенном воздухе, являются составной частью почвенной биоты. Закрепление тяжелых металлов очень прочное и убывает в следующем порядке: $\text{Hg} > \text{Pb} > \text{Cu} > \text{Zn} > \text{Cd}$.

Защитная способность почв имеет свои пределы, поэтому охрана почв от загрязнения является весьма актуальной задачей. Целесообразнее

всего не допускать загрязнения почв тяжелыми металлами, так как их удаление из почвы – это очень сложная проблема. Для сокращения выбросов металлов в атмосферу, по мнению многих ученых, необходим постепенный переход производства на замкнутые технологические циклы. Однако практически нереально в кратчайшие сроки перевести многочисленные предприятия со старой технологией на новые замкнутые технологические циклы.

Но если загрязнение уже произошло, то почва требует санации, т.е. «оздоровления». В этих условиях необходимо использовать новые мелиоративные приемы, которые позволяют при минимальных затратах получить максимальную прибыль, обеспечивая при этом экологическую защиту ландшафта, в том числе и городского, поскольку сегодня максимальные концентрации населения приурочены, прежде всего, к городам и городским агломерациям.

В настоящее время, для уменьшения масштабов загрязнения почв тяжелыми металлами, с учетом экономической ситуации, целесообразно использовать недорогие, экологически безопасные и доступные мелиоранты. Таковым является трехкомпонентный минеральный сорбент, способный до 95 % аккумулировать ионы тяжелых металлов, состоящий из бентонитовой глины (Тарасовское месторождение Ростовской области), золошлаковой смеси Новочеркасской ГРЭС и синей глины (Мишкинское месторождение Ростовской области).

Проведенные исследования по снижению загрязнения почв промышленной зоны г. Аксая показали, что внесение в 10-сантиметровый слой 2-3 % монтмориллонита позволяет эффективно сорбировать ионы свинца, меди, цинка и хрома с их концентрациями 1-30 мг / 100 г почвы.

При использовании чистого бентонита выявлено, что внутренняя поверхность породообразующего минерала – монтмориллонита в 34 % случаев не используется вообще, а в 66 % используется частично. Для устра-

нения этого недостатка нами предлагается использовать золошлаковую смесь отвалов Новочеркасской ГРЭС средней фракции (2,5-5 мм) с предварительной обработкой зерен золы и шлака глинистой суспензией (некондиционная глина Мишкинского месторождения) и последующей добавкой бентонитового порошка. Дальнейшая обработка трехкомпонентной смеси заключается в просушке при температуре не более 70 °С. Это ограничение обусловлено тем, что ионообменная способность обожженных глин существенно снижается.

Полученный композитный минеральный сорбент отличается повышенной емкостью катионного обмена, в том числе за счет увеличения площади контакта, так как бентонитовая глина характеризуется микропористостью, а зерна золошлаковой смеси – макропористостью, хрупкостью структурного состояния и шероховатостью. При этом хрупкость кристаллоструктурного состояния позволяет увеличивать площадь контакта сорбента с загрязненной почвой вследствие его разрушения под механическим воздействием.

Добавка сорбента в почву производилась заделкой на глубину 10 см. Внесение сорбента на поверхность почвенного слоя нецелесообразно, так как его эффективность проявляется только при перемешивании с почвой.

Преимущества данного сорбента заключается в простоте приготовления и использования, в высокой ионообменной способности, в том, что он способен улучшить водно-физические свойства почвы и повысить содержание полезных микроэлементов, а также позволяет утилизировать отходы ГРЭС и некондиционную синюю глину.

Мероприятия по экологической защите урболандшафта направлены на улучшение состояния почв, во-первых, потому, что почва является «зеркалом ландшафта» (т.к. являясь депонирующей средой, она аккумулирует на поверхности все виды загрязнений, тем самым идентифицирует уровень экологической напряженности ландшафта), а во-вторых, одновре-

менно почва является средой обитания биоты и человека. Поэтому всегда при мелиорации почв вопросы охраны природы необходимо рассматривать в двух аспектах – экологической защиты ландшафта как среды формирования почвенного покрова и местообитания человека и биоты [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Шкура В.Н. и др. Мелиорация урбанизированных территорий // Мелиорация и водное хозяйство. – Вып. 2.-Т.1. / ФГОУ ВПО НГМА. – Новочеркасск, 2003. – С. 25-28.
2. Одум Е. Экология. – М.: Мир, 1968. – Т.1. – 326 с.
3. Арманд Д.Л. Наука о ландшафте. – М.: Мысль, 1975. – 288 с.
4. Белоусова А.В. Геохимические исследования состояния окружающей среды г. Аксая Ростовской области: Записки Горного института. – С.-Петербург, 2003. – Ч.2. – С. 13-17.
5. Обухов А.И., Ефремова Л.Л. Охрана и рекультивация почв, загрязненных тяжелыми металлами / Тяжелые металлы в окружающей среде и охрана природы. – М., 1988. – С. 23-36.

УДК 631.587:632.954.001.57

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГЕРБИГАЦИИ ПРИ ОБРАБОТКЕ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ

Г.И. Андреев, Н.Н. Беляев, Д.М. Оноприенко
Днепропетровский аграрный университет, Украина

Подача с поливной водой гербицидов для борьбы с вредителями постоянно привлекает к себе внимание. Данный метод получил название *гербигация*. Описание технологии применения данного метода приведено в работе [1]. В комплексе задач, решаемых при использовании данного метода, видное место занимает задача прогнозирования гербигации на обра-

батываемом участке под действием ряда факторов, например, ветра. Хорошо известно, что ветровой поток приводит к сносу раствора гербицида, в результате этого – неравномерность распределения препарата на обрабатываемой площади. Поэтому на поле находятся зоны, куда подано недостаточное количество препарата, и в результате задача защиты растений не выполнена. С другой стороны, есть зоны, куда попало избыточное количество препарата, что может быть губительным. Таким образом, возникает необходимость решения задачи предвычисления неравномерности обработки поля препаратом, если обработка проходила в ветреную погоду. Важно отметить и то, что снос гербицидов ветром приводит к загрязнению прилегающих к полю территорий.

Эффективным и экономичным методом такого предвычисления может служить вычислительный эксперимент с математической моделью рассматриваемого процесса. Необходимо отметить, что в научной литературе выделяются два направления математического моделирования процесса распыла гербицидов на поле.

Первое направление – это построение расчетных методик на базе аналитического решения уравнения переноса примесей в атмосфере. Наиболее полное описание данных методик приведено в работе [1]. Другое направление – это моделирование процесса рассеивания гербицидов на основе баллистической модели (рассмотрение движения отдельно взятой капли гербицида) в сочетании со статистическим подходом [2] (или без него). В этом случае расчет сводится к численному решению системы обыкновенных дифференциальных уравнений. Отметим, что у каждого направления есть как характерные недостатки, так и свои преимущества.

В данной работе рассматривается решение задачи о рассеивании пестицида в атмосфере на основе иного подхода – решения трехмерного уравнения переноса примесей.

Целью настоящей работы является создание метода расчета рассеи-

вания гербицидов от наземного, фронтально движущегося агрегата (типа ДДА) на основе численной модели процесса, который позволяет предвычислять качество обработки препаратом объекта с учетом следующих факторов:

- влияния скорости, направления ветра, а также дисперсности распыла препарата;
- влияния скорости движения агрегата, концентрации гербицида в растворе;
- учета различной высоты (при необходимости) выброса гербицидов на движущемся аппарате.

1. Математическая модель

Рассматривается задача распыла гербицидов, растворенных в воде, которые подаются на поле с агрегата типа ДДА-100МА.

Для описания рассеивания гербицидов после выхода из насадков используется следующее уравнение:

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} + \frac{\partial U \varphi}{\partial x} + \frac{\partial V \varphi}{\partial y} + \frac{\partial (W - W_s) \varphi}{\partial t} + \sigma \varphi = \mu \Delta \varphi + \sum_{i=1}^N q_i(t) \cdot \delta(r - r_i(t)), \quad (1)$$

где φ – концентрация гербицидов;

U, V, W – компоненты вектора скорости воздушной среды;

W_s – скорость гравитационного оседания гербицидов;

σ – коэффициент, учитывающий испарение капель;

μ – турбулентный коэффициент диффузии;

q_i – мощность точечных источников выброса гербицидов;

$r_i = (x_i, y_i, z_i)$ – координаты выброса гербицидов;

$\delta(r - r_i)$ – дельта-функция.

Постановка краевых условий для данного уравнения рассматривается в работе [3].

2. Метод решения

Для численного интегрирования уравнения (1) используется поперечно треугольная неявная разностная схема расщепления [3]. Расщепле-

ние выполняется таким образом, чтобы на каждом дробном шаге расчет реализовывался по схеме бегущего счета.

3. Алгоритм решения, практическая реализация

На базе численной модели создана программа расчета процесса рассеивания пестицида на основе алгоритмического языка FORTRAN. Решение задачи сводится к последовательности таких действий:

1. Задаются размеры обрабатываемого участка и прогнозируемая (или действительная) метеоситуация;
2. Вводится информация о концентрации гербицидов в поливной воде и высоте выброса препарата над поверхностью земли;
3. Задается скорость, маршрут движения агрегата, осуществляющего обработку поля;
4. Осуществляется решение уравнения (1) и определяется распределение концентрации гербицидов в воздушной среде, а также его количество, осевшего на растениях.

Практическое приложение рассмотренной модели проиллюстрируем на примере решения следующей задачи. Имеется поле размерами 200x150 м, для обработки его используется агрегат ДДА-100МА; скорость движения агрегата – 4 км/ч.; выброс раствора осуществляется на высоте 1,5 м; ширина фронта обработки – 120 м; концентрация препарата в подаваемой воде – $\varphi=1$ (в безразмерном виде); $W_s=0,02$ м/с; время испарения препарата – 20 с. Ставится задача исследования неравномерности распределения препарата на поле при различном направлении и скорости ветра.

Результаты вычислительного эксперимента с моделью представлены на рисунках 1-3. Расчет выполнен для скорости ветра – 6 м/с, азимут направления ветра – 135° . На данных рисунках показано количество препарата (в безразмерном виде), попавшего на конкретный участок поля. Зная требуемое количество пестицида, которое необходимо подать на 1 м^2 , можно определить зоны, требующие дополнительной обработки.

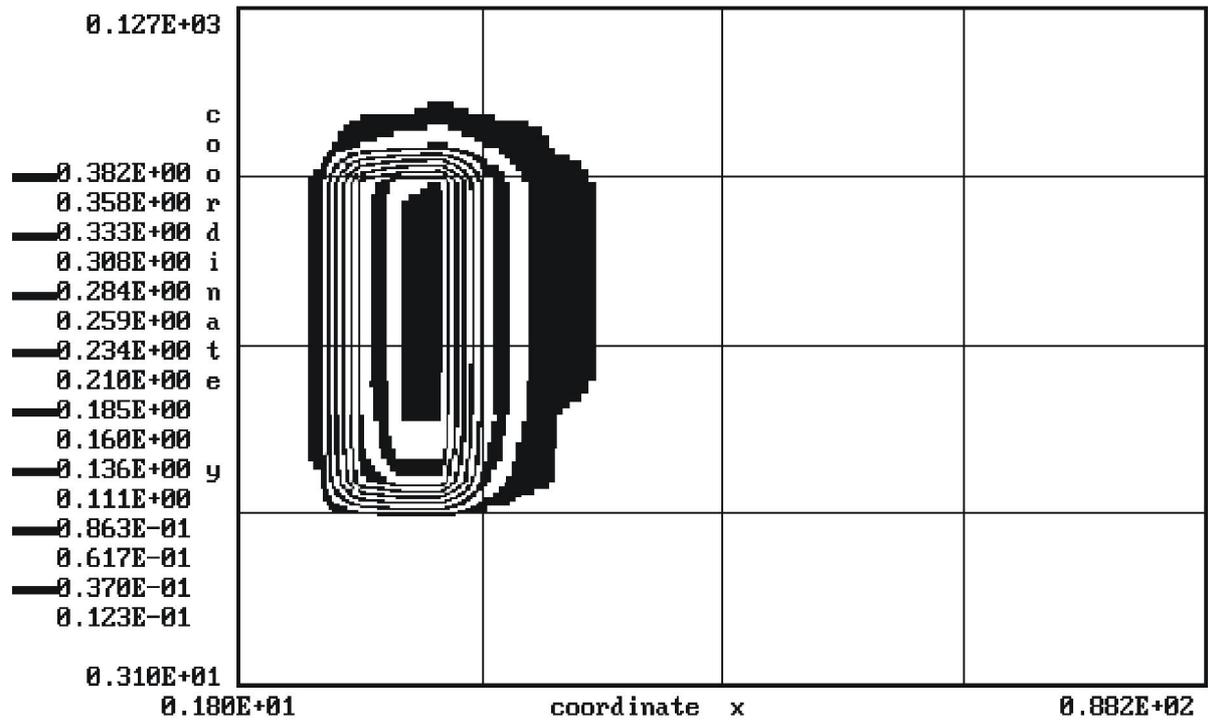


Рис.1. Распределение гербицидов на поверхности земли через 32 с после начала движения агрегата

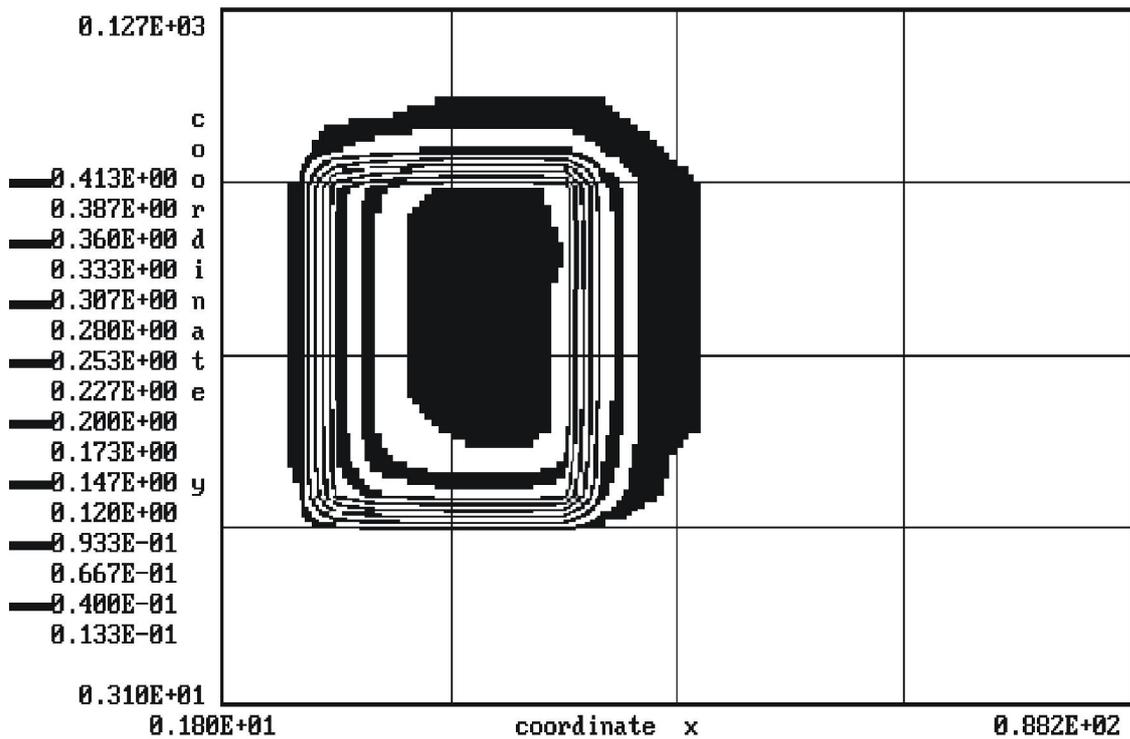


Рис.2. Распределение гербицидов на поверхности земли через 75 с после начала движения агрегата

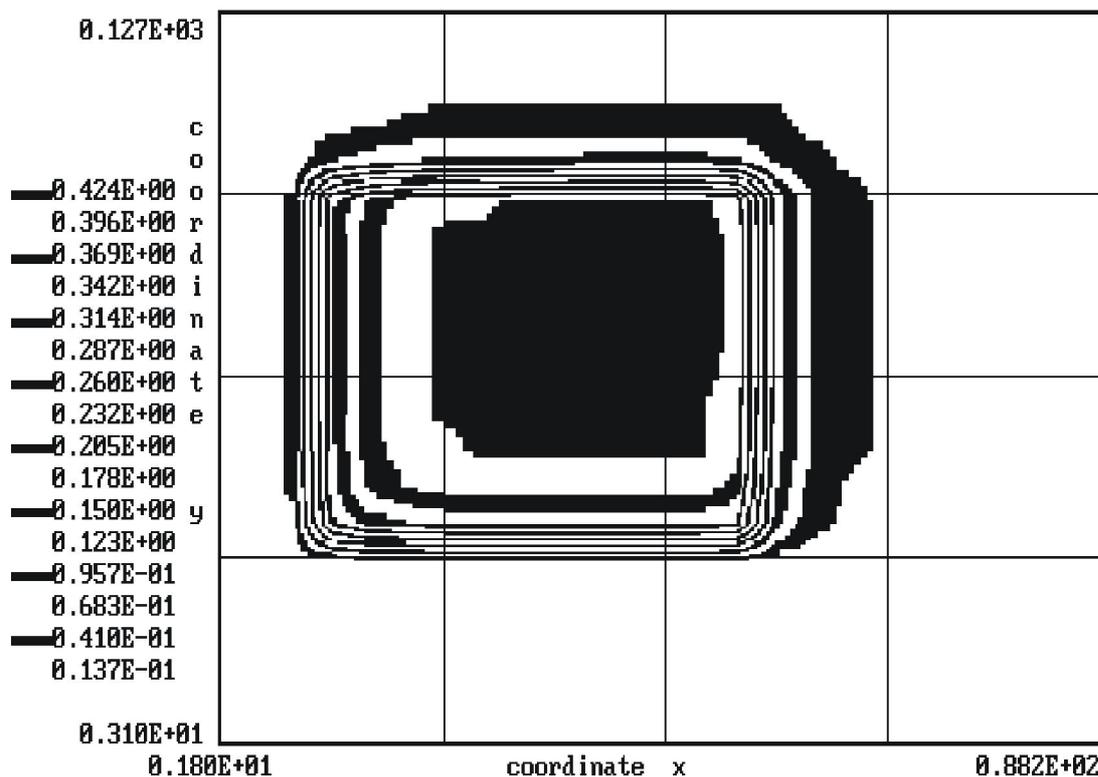


Рис.3. Распределение гербицидов на поверхности земли через 130 с после начала движения агрегата

В заключение отметим, что предложенный метод позволяет в режиме реального времени (расчет задачи требует около 3-4 с машинного времени) прогнозировать качество обработки объекта для конкретной метеоситуации, интенсивности подачи препарата, и тем самым научно обоснованно разрабатывать стратегию по обработке растений гербицидами в условиях орошения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дунский В.Ф., Никитин Н.В., Соколов М.С. Пестицидные аэрозоли. – М.: Наука.- 283 с.
2. S.J.Cox, D.W.Salt, B.E.Lee&M.G. Ford. A model for the capture of aerially sprayed pesticide by barley.-Wind Engineering into the 21st Century, Larsen, Larose&Livesey (end)©1999 Balkema, Rotterdam, ISBN 90 5809059 0.
3. Численное моделирование распространения загрязнения в окру-

жающей среде / М.З. Згуровский, В.В. Скопецкий, В.К. Хрущ, Н.Н. Беляев.
– Киев: Наукова думка, 1997. – 368 с.

УДК 631.674.3:626.82:633.18

МЕЛИОРИРУЮЩАЯ РОЛЬ ДРЕНАЖА НА РИСОВЫХ СИСТЕМАХ ДОЛИНЫ РЕКИ ЗАПАДНЫЙ МАНЫЧ

Г.А. Сенчуков, Д.Б.Кравченко
ФГНУ «РосНИИПМ»

За годы экономической перестройки резко снизились посевные площади риса (более, чем в два раза) и его урожайность, нарушилась ротация севооборотов, значительно увеличилась оросительная норма.

Нарушение ротации рисовых севооборотов отрицательно отразилось на мелиоративном состоянии орошаемых земель. Промытые за десятки лет почвогрунты на глубину 1-2 м стали вновь засоляться за счет подъема и испарения минерализованных грунтовых вод на рисовых полях, засеянных суходольными культурами (ячмень, овес, озимая пшеница и др.).

Многообразие естественно-исторических условий мелиорируемых объектов определяет необходимость тщательного учета конкретной обстановки при разработке вопросов, связанных с промывкой засоленных земель. Кроме этого, учитывая дефицит водных ресурсов, подавать на промывку большие промывные нормы (30-50 тыс м³/га), даже при культуре риса, экономически нецелесообразно.

При возделывании риса на засоленных землях непременным условием регулирования водно-солевого режима почв и грунтовых вод является исправно действующая и достаточно развитая дренажная сеть [1, 2, 3].

Дренажная сеть позволяет поддерживать уровень грунтовых вод ниже критического. Если минерализованные грунтовые воды стабилизируются выше критического уровня, то неизбежны процессы вторичного за-

соления почв под сопутствующими рису культурами. И хотя накопление солей под сопутствующими культурами – явление временное, т.к. при последующем возделывании риса соли опять промываются в нижележащие горизонты, на засоленных участках нередко наблюдается изреженность всходов и даже полное выпадение посева риса.

Происходит это там, где коллекторно-дренажная сеть не регулирует уровень грунтовых вод и не обеспечивает устойчивого рассоления почвогрунтов и грунтовых вод в пределах всего междренья.

Опреснение почв и грунтовых вод протекает неравномерно по междренью – чем ближе к дрене, тем интенсивнее. Посредине же междренья оно проявляется слабо или совсем не проявляется (в зависимости от междренных расстояний).

Ширина полосы активного действия дренажа определяется глубиной дренажного канала, а также фильтрационными свойствами почвогрунтов. Ширина застойной зоны при прочих равных условиях определяется расстоянием между дренами.

Чем глубже дрена, тем больше радиус ее действия, тем выше эффект рассоления. Ниже приводятся данные, характеризующие работу дренажа глубиной от 2,5 до 3-х метров в устье, при различных междренных расстояниях (100, 200, 300 и 300 «ос» метров).

Изменение уровня и минерализации грунтовых вод в центральной части междренья на опытном участке ЗАО «50 лет СССР». Пролетарская рисовая система характеризуется таблицей 1.

Анализ таблицы 1 показывает, что динамика и минерализация грунтовых вод находится в зависимости от междренных расстояний, исходной степени их засоления, а также возделываемых в севообороте сельскохозяйственных культур.

Динамика изменения минерализации грунтовых вод (г/л) посередине междренних расстояний (ЗАО «50 лет СССР», 2002-2003 гг.)

| Год | Междренье, м | | | | | | | |
|------|--------------|--------------|--------|--------------|--------|--------------|----------|--------------|
| | 100 | | 200 | | 300 | | 300 «ос» | |
| | УГВ, м | ∑ ионов, г/л | УГВ, м | ∑ ионов, г/л | УГВ, м | ∑ ионов, г/л | УГВ, м | ∑ ионов, г/л |
| 1970 | 1,83 | 15,38 | 0,98 | 23,65 | 0,85 | 5,46 | 0,68 | 11,79 |
| 1991 | 2,56 | 1,33 | 1,98 | 2,05 | 1,63 | 1,04 | 1,68 | 2,59 |
| 2002 | 2,37 | 1,59 | 1,96 | 2,81 | 1,90 | 2,69 | 2,20 | 4,05 |
| 2003 | 2,20 | 2,28 | 1,90 | 3,37 | 1,90 | 3,41 | 2,30 | 6,57 |

Опреснение грунтовых вод тем больше, чем меньше междреннее расстояние. При исходном засолении (1970 г.) в условиях междренья 100 м минерализация грунтовых вод составляла 15,38 г/л, к 1991 году она уменьшилась на 94,3 %, при 300 м соответственно на 81 %. Как показали исследования (2002-2003 гг.), наметилась тенденция повышения минерализации грунтовых вод. Так, при междренье 100 м минерализация увеличилась на 47,4 %, при 300 м – на 228 % по сравнению с данными 1991 года. Таким образом, чем больше междреннее расстояние, тем больше процент увеличения минерализации. Одной из основных причин повышения минерализации грунтовых вод явилось нарушение рисовых севооборотов за счет резкого сокращения доли риса в посевной площади.

В отношении химического состава грунтовых вод, то при междренних расстояниях 100, 200 и 300 м преобладают ионы SO_4 и Mg , при междренье 300 «ос» (ороситель – сброс) произошло значительное увеличение Cl , Mg и Na (таблица 2).

По результатам анализов, приведенных в таблице 2, видно, что при междреннем расстоянии 300 «ос» произошло увеличение иона Cl в 27 раз, Mg – в 2 раза и Na – в 9,4 раза по сравнению с междренним расстоянием 100 м. По отношению к междренью 200 м ион Cl увеличился в 12,4 раза, Mg – в 2 раза и Na – в 4,2 раза.

Таблица 2

Химический анализ грунтовых вод при различном междренном расстоянии (апрель, 2003 г.)

| Междреннее расстояние, м | ∑ ионов, г/л | мЛГ/ЭКВ | | | | | |
|--------------------------|--------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------|
| | | HCO ₃ ⁻ | SO ₄ ²⁻ | Cl ⁻ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ |
| 100 | 2,28 | 5,6 | 27,0 | 3,2 | 4,6 | 25,8 | 5,4 |
| 200 | 3,37 | 6,8 | 38,3 | 7,0 | 14,6 | 26,0 | 12,4 |
| 300 | 3,41 | 5,6 | 34,2 | 14,2 | 17,2 | 23,8 | 13,0 |
| 300 «ос» | 6,57 | 9,6 | 18,6 | 86,6 | 12,0 | 52,8 | 50,5 |

Увеличение минерализации при междренном расстоянии 300 «ос» до 6,5 г/л обусловлено тем, что в течение оросительного периода в каналах типа «ос» стоит вода и сбрасывается она только в период просушки чеков перед уборкой риса. Тогда эти каналы работают как дрены.

Рассоление почвогрунтов находится в прямой зависимости от параметров дренажа (таблица 3).

Таблица 3

Динамика выноса солей и объема сбросных вод за оросительный период (ЗАО «им. 50 лет СССР», 2003 г.)

| Месяц | Междреннее расстояние | | | | | |
|-------|-----------------------|------|--------------------|-------|--------------------|-------|
| | 100 | | 200 | | 300 | |
| | м ³ /га | т/га | м ³ /га | т/га | м ³ /га | т/га |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| IV | 752 | 3,2 | 688 | 2,95 | 589 | 2,3 |
| V | 1030 | 4,0 | 1090 | 4,5 | 656 | 2,7 |
| VI | 3445 | 10,9 | 3403 | 13,7 | 2871 | 15,0 |
| VII | 3622 | 11,3 | 3478,6 | 14,0 | 2672 | 14,8 |
| VIII | 2913 | 9,3 | 2593,3 | 10,2 | 1539 | 8,0 |
| IX | 1603 | 5,6 | 1567 | 6,4 | 923 | 4,3 |
| X | 505 | 2,5 | 412 | 1,8 | 315 | 0,65 |
| Итого | 13870 | 46,8 | 13232 | 53,55 | 9565 | 47,75 |

На основе проведенных исследований на опытно-дренажном рисовом участке, по динамике выноса солей и объему дренажно-сбросного стока (таблица 3) была установлена достаточно тесная связь между объемом сбросных вод и выносом солей при различных параметрах дренажа, позволяющая рассчитывать вынос солей по известным месячным объемам, используя уравнения (таблица 4).

Зависимость между объемом сбросных вод (м^3) и месячным выносом солей (г)

| Междреннее расстояние, м | Коэффициент корреляции | Вид уравнения |
|--------------------------|------------------------|-------------------------|
| 100 | 0,96 | $y_1=354,26x - 380,51$ |
| 200 | 0,93 | $y_2=251,43x - 41,318$ |
| 300 | 0,95 | $y_2=166,56x + 207,626$ |

Полученные уравнения могут быть использованы для ориентировочного прогнозного расчета ожидаемого выноса солей в условиях различного междренного расстояния. Результаты расчетов представлены графически (рисунок 1).

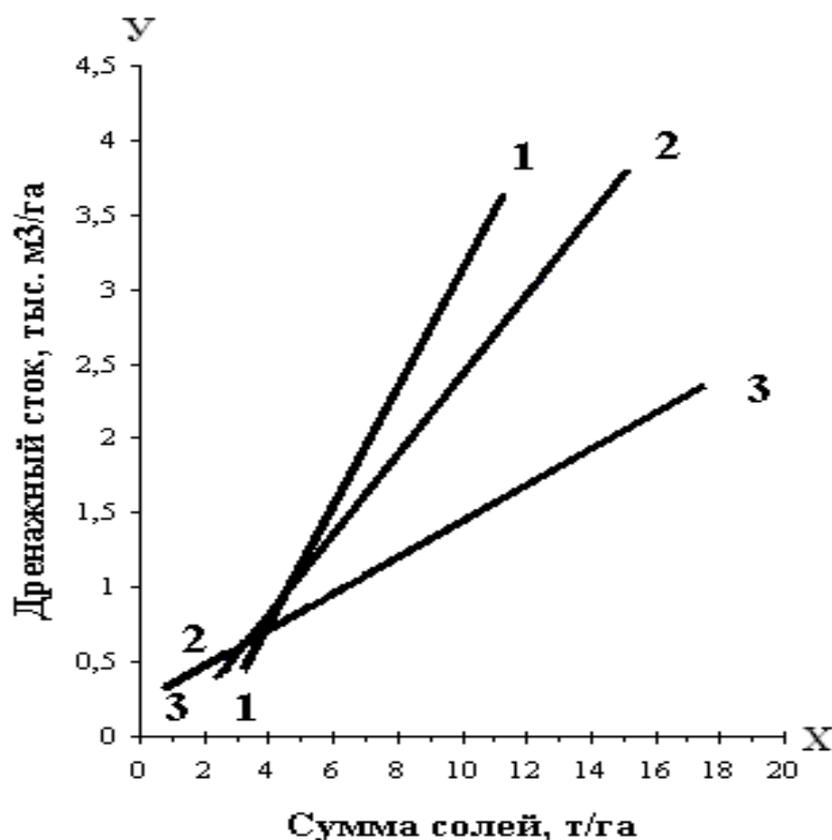


Рис. 1. Зависимость между дренажно-сбросными водами и выносом солей, при различном междренном расстоянии

Кривая 1 показывает, что при междренном расстоянии 100 м максимальный сток (y_{\max}) $3622 \text{ м}^3/\text{га}$, а вынос солей $11,3 \text{ т/га}$ при минимальном значении стока $505,0 \text{ м}^3/\text{га}$, вынос солей (x_{\min}) составляет $2,5 \text{ т/га}$. В условиях междренного расстояния 300 м, сток воды $y_{\max}=2871 \text{ м}^3$ с 1 га, а вынос

солей $x_{\max}=15$ т/га. В тех же условиях, но при минимальном значении $y_{\min}=315$ м³ с 1 га вынос составил всего лишь $x_{\min}=0,65$ т/га или в 4 раза меньше, чем при междренном расстоянии 100 м, и в 3 раза меньше, чем при 200 м.

В связи с большим сокращением посевов риса нарушен правильный севооборот, а следовательно, и планомерная промывка почв, что привело к накоплению солей по всем междренным расстояниям (таблица 5).

Таблица 5

Среднее содержание легкорастворимых солей посередине междренных расстояний

| Междренное расстояние, м | Глубина слоя, см | Сумма солей, г | | | Накопление солей к 2003 г., в (раз.) |
|--------------------------|------------------|----------------|---------|---------|--------------------------------------|
| | | 1991 г. | 2002 г. | 2003 г. | |
| 100 | 0-100 | 0,180 | 0,204 | 0,420 | в 2,30 раза |
| | 100-200 | 0,410 | 1,100 | 1,130 | в 2,75 раза |
| 200 | 0-100 | 0,200 | 0,461 | 0,527 | в 2,50 раза |
| | 100-200 | 0,442 | 0,858 | 1,210 | в 2,75 раза |
| 300 | 0-100 | 0,403 | 0,885 | 1,036 | в 2,80 раза |
| | 100-200 | 0,507 | 1,030 | 1,520 | в 3,00 раза |

Данные таблицы 5 показывают, что за 12 лет произошло накопление солей в слое 0-100 см при междренном расстоянии 100 м в 2,3 раза, при 200 м – в 2,5 и при 300 м – в 2,8 раза, в слое 100-200 м соответственно в 2,75, 2,75 и 3 раза по отношению к данным 1991 года. Наибольшее накопление солей произошло при междренном расстоянии 300 м.

В заключение необходимо отметить, что в условиях близкого залегания минерализованных грунтовых вод, большой комплексности почвенного покрова и засоленности почвогрунтов, высокой продуктивности земель рисовых севооборотов можно добиться лишь при наличии эффективной коллекторно-дренажной сети, сохранении севооборотов, хорошей планировки чеков и выполнения необходимых агрономелиоративных мероприятий, в противном случае имеется опасность возвращения к исходному засолению почв.

ЛИТЕРАТУРА

1. Величко Е.Б., Гаранин В.Г. Влияние режима работы дренажно-сбросной сети на урожай риса и повышение продуктивности почв рисовых полей. – М.: Наука, 1985.
2. Зайцев В.Б., Попов А.А., Фишер Э.Е. Вторичное засоление почв под рисом в сухостепной и полупустынной зонах // Гидротехника и мелиорация. – 1973. – № 4.
3. Тулякова З.Ф. Значение дренажа при освоении засоленных земель под рис. Теория и практика борьбы с заилением орошаемых земель: Сб. науч. тр. / ВАСХНИЛ. – М.: Колос, 1971.

УДК 626.861.5:551.311.21

УСТОЙЧИВОСТЬ СВЯЗНЫХ ГРУНТОВ РАЗМЫВУ И ФАКТОРЫ, ЕЕ ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ

В.П. Дьяков
ФГОУ ВПО «НГМА»

Оценка устойчивости русел рек и каналов, расчет и моделирование общего и местного размывов предполагают наличие научно обоснованной формулы для определения неразмывающих скоростей водного потока. В настоящее время в практике проектирования используются зависимости Ц.Е. Мирцхулавы и ЦНИИС, включенные в ряд действующих нормативных документов [1-3].

Широко известны работы Ц.Е. Мирцхулавы, предложившего во второй половине 1950-х гг. усталостную теорию размыва [4-6]. Она позволила объяснить ряд особенностей эрозии связных грунтов, в частности, наличие инкубационного периода до начала размыва, масштабный эффект и т.д. При выводе зависимостей Ц.Е. Мирцхулава исходил из допущения, что отрыв частиц грунта от остального массива происходит при действии макси-

мальных мгновенных донных скоростей потока у дна, в то время как усталость межагрегатных связей накапливается при воздействии всего спектра пульсационных скоростей. Это приводит, на наш взгляд, к завышению расчетных величин неразмывающих скоростей при малой продолжительности воздействия потока на грунт.

Менее известны исследования размыва связных грунтов, начатые в ЦНИИС в начале 1980-х годов [7]. Исследования базировались в основном на экспериментальных данных и теоретических разработках Ц.Е. Мирцхулавы. В результате была предложена полуэмпирическая зависимость, в явном виде не учитывающая усталостную природу размыва связных грунтов. Такой отход от общепризнанной теории размыва в пользу эмпиризма не может быть признан удовлетворительным.

Исходя из этого, автором предпринята попытка количественного описания процесса размыва связных грунтов и почв. Для оценки устойчивости размыву связных грунтов и почв естественного сложения рассмотрена схема силового воздействия турбулентного потока на почвенный агрегат (или водопрочную частицу минерального грунта) (рисунок 1).

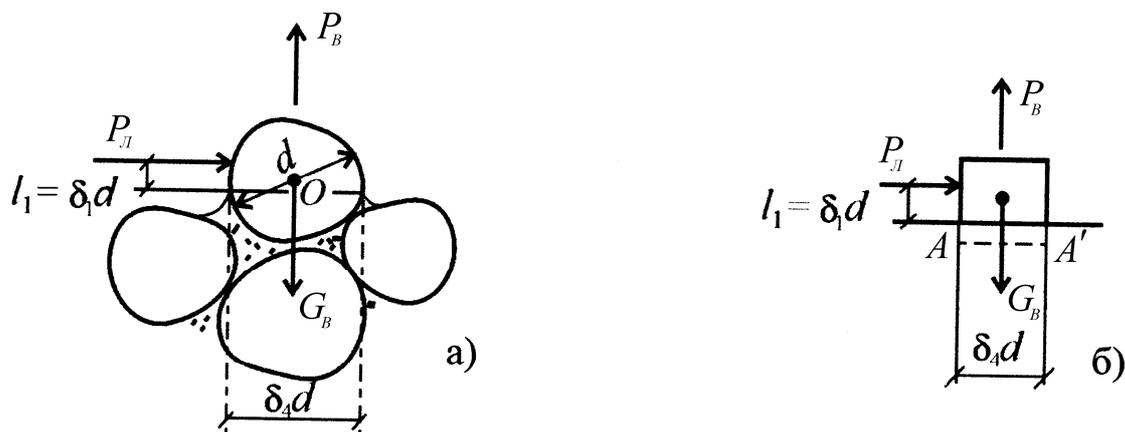


Рис. 1. Фактическая (а) и расчетная (б) схемы силового воздействия турбулентного потока на частицу грунта

В точке A опасного сечения AA' касательные напряжения равны нулю, а нормальные являются максимальными и растягивающими:

$$\sigma = \frac{P_B}{F} + \frac{P_L \cdot l_1}{W} - \frac{G_B}{F},$$

или с учетом работ М.А. Дементьева, Р.Г. Данелия и Ц.Е. Мирцхулавы:

$$\sigma = 0,51 \cdot \rho_0 \cdot U_{\Delta}^2 - 0,82 \cdot g \cdot d \cdot (\rho_s - \rho_0) \cdot (1 - P_a),$$

где ρ_s и ρ_0 – плотность твердой фазы почвы и воды соответственно; P_a – агрегатная порозность; d – диаметр водопрочного агрегата; U_{Δ} – мгновенная донная (на высоте выступов шероховатости $\Delta = 0,7 \bar{d}$) скорость потока.

Используя гипотезу Майнера о линейном накоплении повреждений [8], уравнение предельного состояния материала в точке A запишем в виде:

$$\sum_{i=1}^n \omega_i = 1, \quad (1)$$

где степень поврежденности от действия напряжения σ_i можно найти как

$$\omega_i = \frac{N_i}{N_p},$$

где N_i – число циклов нагрузки с напряжением σ_i ; N_p – число циклов нагрузки до разрушения от действия напряжения σ_i .

Число N_p можно найти по предложенной Ц.Е. Мирцхулавой зависимости, описывающей кривую усталостной прочности связных грунтов на растяжение (кривую Велера):

$$N_p = \frac{B}{\frac{\sigma_i}{C_0}}.$$

Пользуясь законом больших чисел, можно утверждать, что число N_i сходится по вероятности к значению

$$N_i = \bar{\nu}_0 t_p P,$$

где $\bar{\nu}_0$ – средняя частота пульсаций продольной скорости у дна; t_p – время действия потока на агрегат; P – вероятность попадания продольной скорости на интервал нормальной кривой распределения со средним значением $U_{\Delta i}$.

Заменяя интегральную сумму (1) определенным интегралом от непрерывной функции $\omega(U_\Delta)$ и производя его интегрирование на отрезке $[\bar{U}_\Delta - 3\sigma_{U_\Delta}; \bar{U}_\Delta + 3\sigma_{U_\Delta}]$, получаем зависимость следующего вида:

$$\bar{U}_{\Delta p} = \sqrt{\frac{1,64m}{(1+A^2)\rho_0} \left[(\rho_s - \rho_0)(1-P_a)gd + 1,22 C_y \left(1 + \frac{B}{\bar{v}_0 t_p} \right) \right]}.$$

Предел прочности на разрыв при динамической нагрузке C_y , параметр B уравнения кривой Велера и коэффициент условий работы m могут быть приняты по рекомендациям Ц.Е. Мирцхулавы [5]. Влияние масштабного фактора на величину предела усталости (для цилиндрических образцов диаметром 5 см и высотой 7 см) учитывается коэффициентом $K=0,17$, полученным при рассмотрении соотношения между критическими (неразрывающей и разрывающей) скоростями в натуральных и лабораторных условиях. Для перехода от осредненных донных к средним на вертикали скоростям потока воспользуемся зависимостью степенного вида, которая лучше всего описывает эпюру скоростей в натуральных условиях как для крупных каналов, так и для склоновых потоков и поливных струй [9, 10]. В окончательном виде имеем следующую зависимость для определения средней разрывающей скорости потока:

$$V_p = \left(\frac{H}{\Delta} \right)^\varepsilon \sqrt{\frac{1,64m}{(1+\varepsilon)^2(1+A^2)\rho_0} \left[(\rho_s - \rho_0)(1-P_a)g\bar{d} + 0,04 K \bar{C} \left(1 + \frac{1,88 \cdot 10^5}{\bar{v}_0 t_p} \right) \right]}.$$

При $t > 8$ ч. последнюю зависимость можно упростить:

$$V_p = \left(\frac{H}{\Delta} \right)^\varepsilon \sqrt{\frac{1,64m}{(1+\varepsilon)^2(1+A^2)\rho_0} \left[(\rho_s - \rho_0)(1-P_a)g\bar{d} + 0,04 K \bar{C} \right]}, \quad (2)$$

где \bar{C} – средняя величина межагрегатного сцепления; $A = \sigma_{U_\Delta} / \bar{U}_\Delta$ – степень турбулентности потока у дна (для натуральных условий $A = 0,33$ и для лабораторных условий – $A = 0,07$); ε – показатель степени (для крупных каналов и рек $\varepsilon = 0,2$ [9], а для склоновых потоков и поливных струй зависит от величины фильтрационного расхода [10]).

**Сравнение величин критических скоростей водного потока по формулам различных авторов
с опытными значениями**

| Объект (место отбора проб) | Грунт | Нормативное удельное сцепление, 10^5 Па | Коэффициент однородности | Глубина потока, м | Опытное значение скорости, м/с | Расчетная скорость потока, м/с | | |
|---|---------------------------|---|--------------------------|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------|-----------|
| | | | | | | по Ц.Е. Мирцхулаве | по ЦНИИС | по автору |
| Лабораторные опыты ЦНИИС по определению размывающих скоростей [7] | | | | | | | | |
| Берег р. Яузы | Глина | 0,160 | 0,57 | 0,10 | 1,22 | 0,99 | 1,40 | 0,91 |
| Разрушенная структура | Суглинок легкий | 0,023 | 0,86 | 0,14 | 0,80 | 0,60 | 0,77 | 0,64 |
| -- | Суглинок легкий пылеватый | 0,038 | 0,86 | 0,14 | 0,86 | 0,70 | 0,96 | 0,78 |
| -- | Супесь тяжелая | 0,017 | 0,86 | 0,14 | 0,71 | 0,57 | 0,69 | 0,56 |
| -- | Глина | 0,055 | 0,86 | 0,10 | 1,12 | 0,77 | 1,03 | 0,84 |
| Натурные обследования ГрузНИИГиМ по определению неразмывающих скоростей [4] | | | | | | | | |
| Хан-Арх | Суглинок малоплотный | 0,12 | 0,85 | 0,56 | 1,07 | 0,97 | 1,04 | 1,05 |
| Кусарчай | Суглинок тяжелый | 0,09 | 0,45 | 0,59 | 0,91 | 0,68 | 0,66 | 0,72 |
| Пойлы-Арх | Глина среднеплотная | 0,11 | 0,43 | 0,60 | 0,70 | 0,72 | 0,70 | 0,73 |
| Хорузлы | -- | 0,11 | 0,50 | 0,30 | 0,70 | 0,69 | 0,67 | 0,70 |
| С. Карати | Глина малоплотная | 0,21 | 0,50 | 0,13 | 0,85 | 0,78 | 0,79 | 0,90 |
| Гардабани | -- | 0,15 | 0,71 | 0,42 | 0,84 | 0,95 | 0,97 | 0,82 |

Последняя зависимость по своей структуре вполне сопоставима с известной формулой Ц.Е. Мирцхулавы, но учитывает масштабный эффект и весь спектр пульсаций скорости у дна. Сравнение результатов расчета по предложенной формуле (2) с опытными данными и расчетными значениями по зависимостям других авторов приведено в таблице.

При обсчете опытных данных коэффициент условий работы был принят $m = 1$, плотность частиц грунта $\rho_s = 2700 \text{ кг/м}^3$, а размер отрывающихся отдельностей принимался согласно рекомендациям [5].

Анализируя данные, представленные в таблице 1, можно рекомендовать предложенные зависимости для использования в практике гидравлических расчетов. Учет временного фактора в зависимости (2) позволяет научно обоснованно повысить величину допускаемых скоростей для потоков малой длительности. Это позволяет использовать ее при проектировании противоэрозионных гидротехнических сооружений и в расчете элементов техники поверхностных поливов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пособие к СНиП 2.05.03-84 «Мосты и трубы» по изысканиям и проектированию железнодорожных и автодорожных мостовых переходов через водотоки (ПМП-91). – М.: ПКТИ Трансстрой, 1992. – 36 с.
2. Свод правил: Сооружения мостовых переходов и подтопляемых насыпей. Методы расчета местных размывов: СП 32-102-95. – Изд. офиц. – М.: Трансстройиздат, 1996. – 54 с.
3. Мелиоративные системы и сооружения: СНиП 2.06.03-85. – Изд. офиц. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 60 с.
4. Мирцхулава Ц.Е. Размыв русел и методика оценки их устойчивости. – М.: Колос, 1967. – 180 с.
5. Мирцхулава Ц.Е. Инженерные методы расчета и прогноза водной эрозии. – М.: Колос, 1970. – 240 с.

6. Мирцхулава Ц.Е. Основы физики и механики эрозии русел. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 304 с.

7. Цыпин В.Ш. Устойчивость в потоке связных грунтов // Гидротехническое строительство. – 1998. - № 4. - С. 13-15.

8. Трощенко В.Т. Усталость и неупругость металлов. – Киев: Наукова думка, 1971. – 268 с.

9. Алиев Т.А., Ходзинская А.Г. Допустимая скорость потока для несвязных грунтов // Гидротехника и мелиорация. – 1985. - № 14. - С. 25-27.

10. Джгереная Р.П. Исследование ирригационной эрозии и прогноз интенсивности смыва почвы при бороздковом поливе для горной и предгорной зон Грузинской ССР: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 1977. – 26 с.

УДК 338.43.001.76

ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В ОТЕЧЕСТВЕННОМ АГРОБИЗНЕСЕ: ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ

Н.И. Джабраилова
ФГНУ «РосНИИПМ»

Решая проблемы активизации инновационной деятельности отечественных сельхозпредприятий и инвестирования в новые аграрные технологии, следует отметить, что в России сложилась весьма специфическая, не похожая на мировую, если не сказать – уникальная ситуация в области накопления: аккумулированные в торговом, банковском и страховом секторах капиталы «не идут» в производственную (особенно – в сельскохозяйственную) и инновационную сферы. Причем нет никакой уверенности в том, что эти капиталы в ближайшие годы станут серьезным источником производства. Последние годы подтвердили этот вывод: не «сработали» те рыночные рычаги, которые в развитых странах обеспечили переход капи-

тала из сферы обращения в сферу производства и поддержали инновационную деятельность. Следовательно, необходима адаптация рыночных рычагов, в том числе на теоретическом уровне, к российским условиям.

Применительно к высокотехнологичному агробизнесу, по мнению М.И.Пушко [1], с которой мы, в основном, согласны, данными теоретическими аспектами являются:

а) инфраструктурные решения, включая формирование рынка для новых технологий;

б) общенациональные российские, региональные и отраслевые (АПК) особенности критических стадий инвестиционного этапа в жизненном цикле товара;

в) разработка критериев для отбора потенциально успешных проектов и обеспечение стратегического управления коммерциализацией технологий;

г) построение модели организации управления инвестированием проектов.

Рассмотрим макроэкономическую структуру взаимодействий экономических агентов, участвующих в коммерциализации. Здесь участвуют субъекты, вступающие друг с другом во взаимодействие: государство, инвестор и инвестируемый. Примем следующие определения условных понятий схемы:

«инвестируемый» – малое технологическое сельхозпредприятие, имеющее идею новой технологии (иначе – производитель или предприниматель);

«инвестор» – физическое лицо либо финансовая структура, имеющая средства и желание инвестировать новый бизнес;

«государство» – система государственных мер регулирования процесса инвестирования и разрешенная инфраструктура.

В нынешних условиях система производства и потребления из ли-

нейной практически превратилась в рыночную, что определило круг взаимодействий объектов коммерциализации через точки соприкосновения с рынком. Именно в этих точках соприкосновения и возникают проблемы. Тенденция расширения рынка увеличивает и количество «проблемных точек» на линиях взаимодействия.

В то время как спрос на новые технологии растет количественно и меняется качественно, их предложение, оформленное соответствующим образом под запросы рынка, растет не столь значительно. Поэтому создается дефицит на рынке при парадоксальной ситуации переполненности банка данных интеллектуального потенциала России. Этим моментом пользуются зарубежные инвесторы, вкладывающие в российские разработки на этапе международного патентования, тем самым, как показано в работе Д.Ф.Алиева [2], получая существенные привилегии венчурных финансистов.

Для продуктивного взаимодействия потребителей и производителей необходимо формирование устойчивой макроструктурной области совместных интересов объектов коммерциализации. Это определяется созданием инфраструктуры, стимулирующей сближение инвесторов, инвестируемых и рыночного спроса. Инфраструктура включает типовые системы: нормативно-правового и информационного обеспечения, финансово-экономическую систему, производственно-технологическую поддержку, систему сертификации и продвижения разработок, систему подготовки и переподготовки кадров. Но не только указанные системы могут в полной мере обеспечить решение технологических проблем АПК.

Обратим внимание на проблему технологического менеджмента в России и его места в структуре взаимодействия объектов коммерциализации, где основой является малое предприятие. Технологический менеджмент решает три задачи и, соответственно, включает в себя три составные части: научно-технологическое управление, деловое администрирование и

управление коммерциализацией технологий.

Традиционно рассматривают четыре этапа жизненного цикла продукта: этап выведения на рынок, этап роста, этап зрелости, этап упадка. Иногда добавляют пятый период, вернее, первый по времени: этап разработки. Однако этап разработки детализируется на этапы исследований, разработок, подготовку производства. Таким образом, имеем три этапа разработки и соответственно четыре этапа, требующих управленческих решений (контрольно-аналитических функций) по коммерциализации технологий.

Особенностью коммерциализации технологий является рассмотрение первых двух этапов жизненного цикла, первый из которых разбивается на три стадии, и второй принимается за четвертую стадию. Последовательность этих стадий показана в таблице.

Запросы на инвестиции могут возникать на разных этапах жизненного цикла продукта, и чем дальше идея находится от реализации, тем выше степень риска с точки зрения вероятности его успешного завершения, тем меньше вероятность получения инвестиций, но тем важнее размер и своевременность инвестиций. Поэтому стадии управления на ранних этапах зарождения продукта являются критическими.

Критичность стадий управления определяется также тем, что на каждой стадии может быть принято решение о завершении коммерциализации технологии и выведение ее на рынок в виде товара, но не в продуктовом представлении, а в ином виде, оформленном по соответствующим стандартам рынка: идеи, результата НИР, проекта, производства, бизнеса. То есть технологический менеджмент действует до того момента, когда рынок сформирован и начался этап роста продаж. Далее менеджмент начинает играть иную роль – не технологическую, а относящуюся уже к росту продаж, расширению рынков и т.п., и процесс коммерциализации, по определению, данному выше, считается завершенным (таблица).

**Связь жизненного цикла инновационного продукта
со стадиями коммерциализации**

| Стадия коммерциализации технологии | Входные данные | Деятельность | Результат | Этап жизненного цикла продукта |
|--|--|---|---|--------------------------------|
| 1. Концептуальная | Идея нового продукта (технологии) | Прикладные исследования концепции нового продукта (технологии) | Доказана техническая осуществимость | Разработка |
| 2. Проверка технической осуществимости | Концепция продукта (технологии) | Отработка технологии возделывания | Создан прототип | |
| 3. Проверка производственного применения | Прототип (ранее использовавшиеся технологии) | Вложения в создание (развитие) предприятия-производителя | Создано (модернизировано) предприятие-производитель | |
| 4. Проверка рыночной реализации | Новый продукт (новая технология) | Стартовые затраты, начало производства | Выход товара на рынок | Выведение на рынок |
| | Товар | Рост производства до точки насыщения, вложение в НИОКР по новым продуктам (технологиям) | Доход от продаж | Рост |
| | Товар | Производство старого товара и отработка производства нового товара | Замедление темпов сбыта | Зрелость |
| | Товар | Сворачивание производства старого товара | Падение сбыта, снижение дохода | Упадок |

Очевидно, что не все разработки и организационно-технологические идеи имеют достаточно оснований для коммерциализации. Возникает вопрос отбора проектов, который в настоящее время не имеет методологического решения для российской ситуации. Можно воспользоваться опытом передовых стран, но история перехода России к рынку выявила

некоторые специфические особенности и проблемы в данной области. По сути, речь идет о невозможности прямого использования зарубежной методологии отбора инновационных проектов для финансирования.

В связи с этим, необходимо уточнить критерии отбора проектов. Отбор проектов малых технологических компаний представляет собой одну из важнейших областей принятия решений в управлении коммерциализацией технологий. Второй важнейшей областью управления является завершение проектов, так как своевременность прекращения или изменения финансовой поддержки проекта – не менее важный фактор успеха коммерциализации. То и другое управленческие решения принимаются на основе идентичной информации, основное различие которой во временном факторе и в детализации каждого этапа продвижения идеи к рынку. Таким образом, оценка проекта должна стать важным моментом управления коммерциализацией, предусматривающим прерывание работ в свете дополнительной информации и с учетом факторов риска. Эти пересмотры обычно предшествуют началу очередной стадии коммерциализации, связанному с дополнительными инвестициями.

Вышеописанные подходы были использованы в ФГНУ «Российский НИИ проблем мелиорации» при выполнении НИОКР для сельскохозяйственных предприятий, использующих орошаемые земли; при обосновании мероприятий, связанных с внедрением в производство новых орошаемых технологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пушко М.И. Организационно-экономический механизм коммерциализации технологий ландшафтного земледелия на орошаемых землях: Дисс. ... канд. экон. наук. – Новочеркасск: Южно-Росс. гос.техн.ун-т (НПИ), 2004.

2. Алиев Д.Ф. Организационно-экономическое обеспечение венчурного инвестирования в высокотехнологичные разработки: Дисс. ... канд. экон. наук. – Новочеркасск: Южно-Росс. гос.техн.ун-т (НПИ), 2005.

ПРОГНОЗ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ИРРИГАЦИОННОЙ ЭРОЗИИ ПОЧВ ПРИ ПОВЕРХНОСТНЫХ СПОСОБАХ ПОЛИВА

В.П. Дьяков
ФГОУ ВПО «НГМА»

С гидравлической точки зрения процесс самотечного полива представляет собой чрезвычайно сложное явление. При поливе по бороздам и полосам наблюдается неравномерное неустановившееся движение двухфазного пространственного потока при повышенной шероховатости русла. Комплексного решения данной задачи до настоящего времени нет. Поэтому при прогнозировании ирригационной эрозии и расчете элементов техники противоэрозионных поливов, как правило, используются уравнения равномерного движения водного потока. Натурные исследования за характером стекания воды и формированием стока наносов позволяют принять данное допущение с учетом следующих особенностей.

Измерения гидравлических параметров потока в створах, расположенных на участке активной эрозии (первые 50-100 м длины борозды или полосы), свидетельствуют об их стабилизации через 1,5-2 часа после добега воды. В течение основного времени полива расход воды и наносов в створе установившийся (рисунок 1). Для этого периода времени характерны наиболее благоприятные условия для размыва – расходы воды в створе близки к максимальным, а поток недогружен наносами. Однако интенсивная эрозия в данный период не наблюдается, так как вследствие размыва русла в начале полива формируется устойчивое поперечное сечение элементов поливной сети, при котором скорости потока в отдельных точках живого сечения не превышают размывающие.

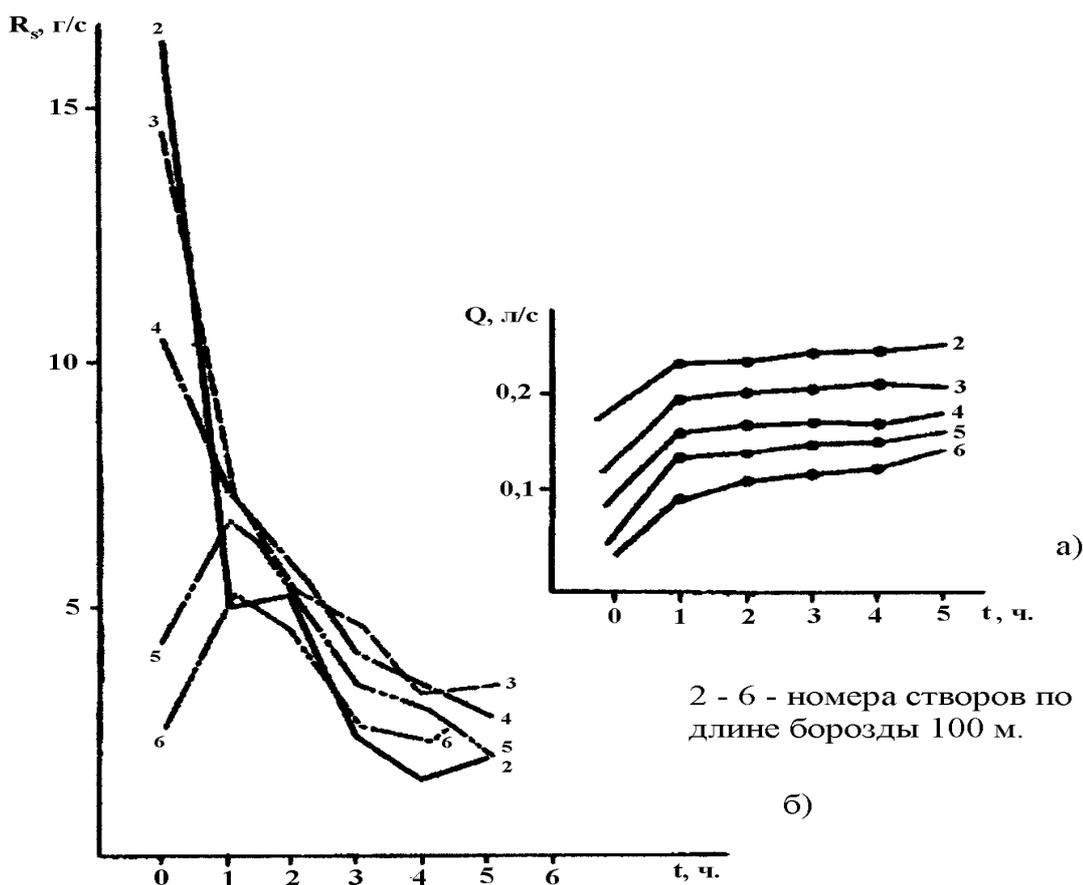


Рис. 1. Динамика стока воды (а) и наносов (б) по длине поливной борозды

На основе выявленных опытным путем закономерностей с помощью уравнений теории полива А.Н. Костякова [1] и с учетом морфометрических характеристик поливной сети по М.С. Кузнецову [2] получена теоретическая зависимость, позволяющая определить модуль смыва на расстоянии X от головы борозды или полосы:

$$M_s = \frac{d_V}{b} \left[\frac{q_0 (1 + \varepsilon) \Delta \varepsilon}{h_0^\varepsilon \bar{U}_{\Delta i} \mu} \left(1 - \frac{x}{\beta L} \right)^{1-0,5\varepsilon} - \xi h_0^\alpha \left(1 - \frac{x}{\beta L} \right)^{0,5\alpha} \right],$$

где d_V – плотность почвы; q_0 – расход воды в голове; b – ширина междурядий при поливе по бороздам и 1 м ширины при поливе по полосам; β – отношение длины добегаания к общей длине L борозды (полосы); α и ξ – морфометрические коэффициенты ($\alpha=1,7$, $\xi=3$ – для борозд; $\alpha=1$, $\xi=1$ – для полос); ε – показатель степени в степенных аппроксимациях эпюры распределения осредненных скоростей по глубине потока ($\varepsilon=1/4-1/6$ – в зависи-

мости от коэффициента фильтрации почвы [3]); μ – коэффициент полноты сечения русла, учитывающий тормозящее действие боковых стенок ($\mu=0,6$ – для борозд; $\mu=1$ – для полос [4]).

Глубина потока в голове борозды (полосы) может быть определена из выражения:

$$h_0 = \left(\frac{q_0 n}{\xi \mu \sqrt{i}} \right)^{\frac{1}{\alpha + \varepsilon + 0,5}},$$

где n – коэффициент шероховатости русла ($n=0,025$ – для борозд; $n=0,07$ – для полос [4]); i – продольный уклон сети.

Неразмывающая скорость водного потока на высоте выступов шероховатости $\Delta=0,7\bar{d}$ находится по формуле:

$$\bar{U}_{\Delta n} = \sqrt{\frac{3,55 m}{\rho_0 (1 + 3 A)^2} (\rho_s - \rho_0) (1 - P_a) g \bar{d}},$$

где ρ_s и ρ_0 – плотность твердой фазы почвы и воды соответственно; P_a – агрегатная порозность; m – коэффициент условий работы [5]; $A = \sigma_{U_{\Delta}} / \bar{U}_{\Delta}$ – степень турбулентности потока у дна ($A=0,17$ – для борозд; $A=0,33$ – для полос [4]); \bar{d} – средневзвешенный (по объему) диаметр водопрочных агрегатов.

Для оценки интенсивности эрозионных процессов используется величина, определяемая термином «допустимый смыв». В настоящее время существует несколько методов оценки допустимого смыва почв, большинство из которых полагают ее равной (или соизмеримой) скорости почвообразования [6]. Поскольку скорость почвообразовательного процесса зависит от бесконечно большого числа климатических, агротехнических, литологических и др. факторов, то в соответствии с центральной предельной теоремой теории вероятностей она является случайной величиной, распределение которой неограниченно приближается к нормальному. Тогда величина допустимого смыва, соответствующая вероятности $P_{тр}$ превышения почвонакоплением эрозии, равна:

$$h_{\text{дс}} = \bar{h} \left(1 - \frac{1}{3} \Phi^{-1}(P_{\text{тр}} - 0,5) \right),$$

где \bar{h} – средняя скорость почвообразования; $\Phi^{-1}(x)$ – квантиль нормального распределения.

С привлечением опытных данных М.Е. Бельгибаева, Е.В. Полуэктова и А.Н. Геннадиева о средних скоростях почвообразования, получены следующие величины допустимого смыва для основных типов почв Ростовской области, соответствующие 75 % вероятности их защиты от ускоренной эрозии:

| | |
|---------------------------|--------------|
| - чернозем обыкновенный | 0,22 мм/год; |
| - чернозем предкавказский | 0,33 мм/год; |
| - чернозем южный | 0,17 мм/год; |
| - темно-каштановые | 0,21 мм/год; |
| - каштановые | 0,19 мм/год; |
| - светло-каштановые | 0,12 мм/год. |

Если модуль смыва при орошении по бороздам и напуском по полосам превышает величину допустимого смыва, требуется проведение противоэрозионных мероприятий. Основным противоэрозионным мероприятием является полив допустимыми расходами воды. Получены следующие теоретические зависимости для их расчета:

- по условию неразмываемости борозд (полос)

$$q_0 = \frac{\xi \mu \sqrt{i}}{n} \left(\frac{\bar{U}_{\Delta H} n}{(1 + \varepsilon) \Delta^\varepsilon \sqrt{i}} \right)^{2(\alpha + \varepsilon + 0,5)} ;$$

- по условию непереполняемости поливной сети:

$$q_0 = \frac{\xi \mu \sqrt{i}}{n} h_{\text{доп}}^{\alpha + \varepsilon + 0,5},$$

где $h_{\text{доп}}$ – допустимая глубина наполнения борозд или полос; i – продольный уклон поля.

Допустимая по агротехническим требованиям глубина наполнения борозд или полос равна:

$$h_{\text{доп.}} = \zeta \cdot h - 2\Delta_{\text{пл.}}$$

где ζ – относительная глубина наполнения поливной сети ($\zeta=0,25-0,6$ – для борозд; $\zeta=1$ – для полос); $\Delta_{\text{пл}}$ – точность планировки поверхности поля.

В таблицах 1 и 2 представлены расчетные значения допустимых расходов воды в поливной сети для основных типов почв Ростовской области.

Таблица 1

Допустимые расходы воды в поливные борозды (л/с)

| Почвы | Уклон вдоль поливной борозды | | | | | | | |
|--------------------------|------------------------------|---------------------|-------|------|------|------|------|------|
| | 0,003 | 0,005 | 0,007 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 |
| Черноземы обыкновенные | $\frac{9,64}{1,35}$ | $\frac{3,66}{1,75}$ | 1,81 | 0,92 | 0,24 | 0,12 | 0,06 | 0,04 |
| Черноземы предкавказские | $\frac{6,75}{1,35}$ | $\frac{2,52}{1,75}$ | 1,29 | 0,65 | 0,17 | 0,08 | 0,05 | 0,03 |
| Черноземы южные | $\frac{5,55}{1,35}$ | $\frac{2,07}{1,75}$ | 1,07 | 0,54 | 0,14 | 0,07 | 0,04 | 0,03 |
| Темно-каштановые | $\frac{4,34}{1,35}$ | 1,62 | 0,85 | 0,43 | 0,11 | 0,05 | 0,03 | 0,02 |
| Каштановые | $\frac{3,44}{1,35}$ | 1,28 | 0,67 | 0,34 | 0,09 | 0,04 | 0,03 | 0,02 |
| Светло-каштановые | $\frac{2,53}{1,35}$ | 0,93 | 0,49 | 0,24 | 0,06 | 0,03 | 0,02 | 0,01 |

Примечание: цифра над чертой – величина допустимого расхода воды по условию неразмываемости, под чертой – величина допустимого расхода воды по условию непереполняемости борозды.

**Допустимые удельные расходы воды при поливе
напуском по полосам (л/с·м)**

| Почвы | Продольный уклон полосы | | | | |
|-----------------------------|-------------------------|-----------------------|-------|-------|-------|
| | 0,003 | 0,005 | 0,007 | 0,010 | 0,015 |
| Черноземы обыкновенные | $\frac{76,42}{25,00}$ | $\frac{42,04}{32,27}$ | 28,36 | 18,68 | 11,63 |
| Черноземы предкавказские | $\frac{52,13}{25,00}$ | 28,68 | 19,35 | 12,75 | 7,93 |
| Черноземы южные | $\frac{44,60}{25,00}$ | 24,54 | 16,56 | 10,91 | 6,79 |
| Темно-каштановые | $\frac{37,07}{25,00}$ | 20,39 | 13,76 | 9,06 | 5,64 |
| Каштановые | $\frac{29,69}{25,00}$ | 16,33 | 11,02 | 7,26 | 4,52 |
| Светло-каштановые | 22,31 | 12,27 | 8,28 | 5,45 | 3,39 |

Примечание: цифра над чертой – величина допустимого расхода воды по условию неразмываемости, под чертой – величина допустимого расхода воды по условию неперелива через временные валики.

Для почв с низкой противоэрозионной устойчивостью на крутых склонах допустимые расходы воды настолько малы, что орошение согласно вышеприведенным рекомендациям невозможно. В этих условиях при поливах более высокими расходами воды предусматриваются дополнительные противоэрозионные мероприятия (мульчирование, предварительное увлажнение, обработка полимерами-структурообразователями и т.п.). Для уменьшения затрат на их проведение противоэрозионные мероприятия следует осуществлять только в пределах участка активной эрозии, расположенного в голове борозды (полосы). Длина этого участка определяется по формуле:

$$l_{\text{эп}} = \beta L \left[1 - \left(\frac{\bar{U}_{\Delta_i}}{\bar{U}_{\Delta_0}} \right)^{\frac{1}{1-0,5(\alpha+\varepsilon)}} \right],$$

где \bar{U}_{Δ_0} – донная (на осевой вертикали) скорость потока в головном створе.

Донная скорость потока находится по зависимости:

$$\bar{U}_{\Delta_0} = \frac{q_0(1+\varepsilon)\Delta^\varepsilon}{\xi h^{a+\varepsilon}}.$$

Таким образом, на основе уточненных автором статьи уравнений движения водного потока в поливной сети разработан и предлагается для использования в практике мелиоративных расчетов комплекс расчетных количественных методов, представляющих целостную модель прогнозирования, оценки потенциальной опасности и предупреждения ирригационной эрозии при поверхностных поливах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Костяков А.Н. Основы мелиораций. – М.: Госсельхозиздат, 1960. – 662 с.
2. Кузнецов М.С. Противоэрозионная стойкость почв. – М.: Изд-во МГУ, 1981. – 136 с.
3. Джгереная Р.П. Исследование ирригационной эрозии и прогноз интенсивности смыва почвы при бороздковом поливе для горной и предгорной зон Грузинской ССР: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 1977. – 26 с.
4. Дьяков В.П. Сопротивляемость почв эрозии при поверхностных способах полива: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. - Новочеркасск, 2002. – 26 с.
5. Мирцхулава Ц.Е. Инженерные методы расчета и прогноза водной эрозии. – М.: Колос, 1970. – 240 с.
6. Пацукевич З.В., Геннадиев А.Н., Герасимова М.И. Допустимый смыв и самовосстановление почв//Почвоведение. – 1997. - № 5. - С. 634-641.

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ФИРМАХ

О.П. Кисаров, М.Ю. Эминова
ФГОУ ВПО «НГМА»

Пригодные для практических экономических расчетов модели в большинстве случаев относятся к классу моделей линейного программирования, опираются на хорошо отработанный аппарат численной реализации. В то же время наибольшие затраты труда в численной реализации экономической задачи уделяются формальному конструированию модели. Это вызывается почти неограниченным разнообразием производственных способов и технологических возможностей для каждой конкретной задачи при отсутствии унифицированных способов конструирования моделей.

В статье предпринята попытка максимально упростить и обобщить стационарные, детерминированные задачи планирования сельскохозяйственного производства, агрегируя наиболее значимые строки технологических карт.

Модель специализации фирмы растениеводческого направления.

Фирма специализируется на производстве сельскохозяйственной продукции с целью получения максимальной прибыли.

Ставится задача определить состав культур и площади посевов при имеющихся внутренних резервах и ресурсах. В принципе фирма может одновременно заниматься и животноводством, пчеловодством, звероводством и т.д.; однако специфика производства позволяет рассматривать каждое из направлений изолированно, а затем увязать их между собой.

Система переменных и целевая функция задачи.

Если в качестве переменных принять площади культур, то в дальнейшем могут быть нарушены севооборотные отношения. Поэтому даже в

строгих постановках переменными величинами являются площади севооборотов, рекомендованных для рассматриваемой зоны.

Пусть x_l – площадь l -севооборота из ряда $l = (1..L)$. Тогда $\alpha_{jl} \cdot x_l$ – площадь j -культуры в l -севообороте, определяемая ее долей α_{jl} ; $j = (1..J_l)$.

Целевая функция представляет собой всю прибыль, получаемую фирмой:

$$П_p = \sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^{J_l} C_{jl} \cdot x_l \quad (1)$$

где C_{jl} – удельная прибыль j -культуры, получаемая с 1га l -севооборота.

Ее можно представить в следующем виде:

$$C_{jl} = \alpha_{jl} [P_j Y_j - U_j^{\text{зн}} \cdot Y_j - U_j^{\text{привл}} (1 - \text{НДС}) - U_j^{\text{проч}}], \quad (2)$$

где P_j – цена 1т j -й культуры;

Y_j – урожайность j -й культуры.

Если j -я культура кормовая, то выручка пишется в виде:

$$P_{\text{овса}} \cdot \beta_j \cdot Y_j,$$

где β_j – коэффициент пересчета в кормовые единицы.

$U_j^{\text{зн}}$ – часы заработной платы на производство 1 т j -культуры;

$U_j^{\text{привл}}$ – издержки на производство j -культуры на 1 га, требующие привлечения внешних ресурсов, оплачиваемых со счета фирмы (энергоресурсы, запасные части для ремонта, аренда техники, складских помещений и т.д.);

$U_j^{\text{проч}}$ – прочие издержки, состав которых зависит от детализации задачи.

Ограничения задачи.

Ограничения по использованию сельскохозяйственных угодий.

Если пашня в хозяйстве однородна, то накладывается общее условие:

$$\sum_{l=1}^L x_l \leq S \text{ - суммарная площадь пашни.} \quad (3)$$

Однако очень часто пашня состоит из нескольких участков, которые отличаются рекомендуемыми севооборотами и урожайностью культур. Например, очень характерный случай, когда часть земель, принадлежащих фирме, находится в пойме реки, часть на надпойменной террасе и имеется еще орошаемый участок. Требуется вводить дополнительный индекс i - тип земель. Тогда вместо (3) имеем

$$\sum_{l=1}^L x_{il} \leq S_i, i = (1...J).$$

Соответственно индекс i добавляется в (1) и (2):

$$\Pi = \sum_{i=1}^L \sum_{l=1}^{L_i} \sum_{j=1}^{J_l} C_{ijl} \cdot x_{il},$$

$$C_{ijl} = \alpha_{ijl} \cdot [P_j \cdot Y_{ij} \cdot (1 - НДС) - U_{ij}^{зн} \cdot Y_{ij} \cdot (1 + СН) - U_{ij}^{привл} \cdot (1 - НДС) - U_{ij}^{проч}], \quad (4)$$

где $СН$ – единый социальный налог.

Ограничения по трудовым ресурсам и технике.

Для всех культур существуют нормативы трудозатрат B_{ijl} на 1 га.

Ограничение имеет вид:

$$\sum_i \sum_j \sum_l B_{ijl} \cdot \alpha_{ijl} \cdot x_{il} \leq T_p,$$

где T_p – располагаемые трудовые ресурсы.

Определенные операции технологического процесса выполняются техническими средствами. Мы считаем, что последние не подменяются трудовыми ресурсами. Пусть имеется S операций, которые нужно выполнить для группы культур. Выполнение ограничено располагаемыми техническими средствами T_c . Зададимся (в соответствии с технологической картой) нормативом потребности в технических средствах при проведении S -операций на 1 га – e_{ijs} . Тогда ограничение можно представить в виде:

$$\sum_i \sum_{j=1}^{J_S} \sum_{l=1}^{L_j} e_{ijs} \cdot \alpha_{ijl} \cdot x_{il} \leq T_c^S, S = (1...S). \quad (5)$$

Ограничения по производству кормов.

Рассмотрим наиболее простой случай: агрофирма имеет сложившийся животноводческий комплекс с известной потребностью в кормовых единицах – протеине и каротине.

Чтобы эти ограничения не были чрезмерно жесткими для фирмы, допускается возможность приобретения части кормов вне собственного производства. Составим ограничения по кормовым единицам, имея в виду, что ограничения по протеину и каротину будут аналогичными. Введем новую переменную: $y_{к.е.}$ – компенсирующий объем кормовых единиц, который следует купить.

$$\sum_{i=1}^J \sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^{J_{к.е.}} \alpha_{ijl} \beta_j Y_{ij} x_{il} + y_{к.е.} \geq K_{к.е.}, \quad (6)$$

где $J_{к.е.}$ – множество кормовых культур в l -севообороте;

$K_{к.е.}$ – потребность животноводческого комплекса в кормовых единицах.

Переменная $Y_{к.е.}$ войдет в (4) в затратную часть в виде:

$$-P_{овса} y_{к.е.} (1 - НДС).$$

Завершается модель ограничениями на неотрицательность переменных:

$$x_{il} \geq 0, \forall_{j,l}; y_{к.е.} \geq 0, y_{п} \geq 0, y_{корм} \geq 0.$$

Модель относится к классу линейных и поэтому легко разрешима с помощью стандартных симплекс-программ.

В основу формирования модели положен микроэкономический подход, который позволяет получить достаточно общие результаты, не углубляясь в сложные производственные процессы, которые можно представить в общем виде модельно (5). Например, с его помощью можно легко списать процессы внесения NPK, поливов, уборки и т.д. в зависимости от необходимости расчета конкретных факторов производства. Ограничения

(6) позволяют с помощью искусственной переменной строить многоотраслевые сельскохозяйственные модели (растениеводство плюс животноводство плюс рыболовство и т.д.).

Построена модель планирования сельскохозяйственного производства достаточно общего вида, позволяющая при наличии технологической карты сравнительно легко и быстро строить расчетную матрицу и получать искомое решение. Модель предназначена для использования в дипломном проектировании на экономических факультетах аграрного направления и при обосновании экономических разделов диссертации в области сельского хозяйства.

Модель хорошо апробирована в дипломных проектах экономического факультета НГМА.

УДК 631.453

ХАРАКТЕР ТОКСИЧНОГО ДЕЙСТВИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ПОЧВЫ

Р.Е. Юркова
ФГНУ «РосНИИПМ»,
А.А. Новиков
ФГОУ ВПО «НГМА»

Изучение отечественной и зарубежной литературы показало, что основными источниками загрязнения почв тяжелыми металлами являются выбросы в атмосферу отходов промышленного производства, продукты сжигания топлива и средства химизации сельского хозяйства. Тяжелые металлы отрицательно влияют на физико-химические свойства почвы, причем скорость самоочищения почвы крайне низка [1, 2, 3, 4].

Загрязнение почв тяжелыми металлами вызывает резкое нарушение растительных экосистем, микробиологических почвенных ценозов и фау-

ны. Причем оно тем сильнее, чем менее благоприятны почвенно-климатические условия для жизнеобитания фауны и флоры [5].

Под действием тяжелых металлов резко снижается или полностью утрачивается плодородие почвы и урожайность сельскохозяйственных растений. При увеличении содержания тяжелых металлов в почве повышается уровень тяжелых металлов в растениях независимо от их урожайности.

Определение загрязнения почв тяжелыми металлами является обязательным условием контроля окружающей среды. К таким элементам относятся: свинец, цинк, кадмий, ртуть, молибден, никель, олово, кобальт, титан, медь, ванадий и др. [6].

На Международном совещании по мониторингу в 1974 г. в числе приоритетных загрязнителей неорганической природы, содержание которых в почве подлежит контролю, в первую очередь названы ртуть, мышьяк, свинец, кадмий [7]. Выбор этих элементов определяется тем, что они наиболее токсичны для живых организмов, активно включаются в трофические цепи и наиболее устойчивы в природе.

В настоящее время перечень показателей химического загрязнения почв сельскохозяйственного назначения тяжелыми металлами значительно расширился [8]. Это подтверждается официальными документами, вышедшими в 2002 г. [9, 10, 11].

Уровень загрязнения почвы металлами снижается в зависимости от расстояния до источника загрязнения. Основное содержание металлов в почвах сосредоточено в слое 0-10 см [12].

На поверхность почвы ТМ поступают в различных формах. Это оксиды и различные соли металлов, растворимые и нерастворимые в воде, такие как сульфиды, сульфаты, арсениты и др. [13].

При попадании на почву любых неорганических соединений техногенных выбросов одновременно протекают следующие процессы:

- миграция по поверхности и вглубь почвы вместе с атмосферными осадками и грунтовыми водами;
- сорбция почвой по механизму ионного обмена или комплексообразования;
- испарение или переход в атмосферу вместе с частицами пыли;
- трансформация в другие типы соединений.

Относительный вклад каждого процесса будет зависеть от природы техногенной примеси, свойств почвы и климатических условий, но факт удержания соединений металлов в верхнем слое почвы может указывать на преимущественное протекание процессов сорбции и в значительной степени будет определять то количество металла, которое остается в почвенном растворе [14].

Одним из самых опасных токсикантов, попадающих в почву с отходами промышленного производства, является ртуть [15]. При изучении миграции соединений ртути отмечено, что верхний слой почвенного профиля обладает очень высокой сорбционной способностью. Вымывание ртути из почв незначительно. В кислых почвах, легких по механическому составу, содержащих мало гумуса, соединения ртути более подвижны. Органические соединения ртути летучи и способны быстро испаряться с поверхности.

Увеличение общего содержания элемента в почве может и не приводить к негативному воздействию на экосистему и ее компоненты. Только увеличение содержания в почве подвижных соединений элемента создает возможность его перехода в сопряженные с почвой среды (растения, природные воды и т.д.) и тем самым таит реальную угрозу для организмов. Все это справедливо для всех загрязняющих веществ.

При поступлении элемента на поверхность почвы в больших количествах, миграция происходит более интенсивно.

Одним из сильных канцерогенов, губительно влияющих на живые

организмы, является свинец. При выплавке и очистке этого элемента на каждую тонну в атмосферу выбрасывается до 25 кг неиспользованного свинца. Этот элемент присутствует в минеральных удобрениях, извести, навозе. Концентрация свинца в навозе изменяется от 1,1-27 мг/кг и в среднем составляет 6,6 мг/кг. Выявлена высокая адсорбционная способность гумусового горизонта почв по отношению к свинцу, максимальные концентрации которого зарегистрированы в верхнем 15 см слое почвенного профиля. При этом главную роль в фиксации свинца играет органическое вещество. Адсорбция свинца гумусом и устойчивость свинцово-гумусовых связей увеличивается при подщелачивании среды. Глинистые материалы также участвуют в фиксации свинца, но в меньшей степени по сравнению с гумусом. Кроме этого, на механизм фиксации влияет кислотность среды.

В результате сгорания дизельного топлива, при плавке руд и внесении удобрений, на земную поверхность попадает кадмий [16]. Он считается одним из самых вредных тяжелых металлов. По данным А.Клоке, различные виды такого удобрения как суперфосфат содержат 1-170 мг кадмия на 1 кг. При внесении фосфора в дозах 22-44 кг/га в почву поступает 0,3-100,0 г кадмия на 1 га. Это может привести к увеличению содержания этого элемента в почве до 0,016 мг/кг, а ПДК для кадмия в почве находится в диапазоне 1-5 мг/кг. Фосфиты содержат кадмий в пределах 5-100 мг/кг. Он весь или большая его часть переходят в удобрения. Навоз также служит источником кадмия в почве. При норме расхода до 5 т сухого вещества на 1 га с навозом ежегодно вносится 1-4 г этого элемента на 1 га, т.е. менее 1 % от содержания в верхнем слое почвы. Увеличение содержания кадмия в продуктах и кормах опасно для здоровья человека и животных [14]. Этот элемент достаточно прочно закрепляется в верхнем почвенном горизонте, особенно в почвах с высокой емкостью поглощения, высоким содержанием гумуса и высоким значением pH. Миграция кадмия по профилю протекает тем интенсивней, чем ниже в почвах содержание гумуса и легче мех-

состав.

Цинк, попадающий на почву, по сравнению с кадмием и свинцом более мобилен [15]. Особенно интенсивно цинк мигрирует на эродированных почвах. В условиях повышенной влажности цинк может перемещаться на большое расстояние. Цинк более подвижен на почвах легкого состава. Под действием органического вещества и кальция увеличивается фиксирующая способность почв по отношению к этому элементу. Миграция цинка тем интенсивнее, чем большее его количество приходится на единицу поверхности. Поступление цинка в почву с минеральными удобрениями зависит от содержания его в сырье.

Кроме тяжелых металлов большое влияние на почву и растительность оказывает загрязнение почв фтором. Основные источники загрязнения фтором являются алюминиевая, керамическая промышленность, производство фосфорных удобрений и т.д. Техногенное загрязнение фтором может существенно ухудшить свойства и плодородие почвы, ингибировать биологическую активность. В результате воздействия на почву фтора в высоких концентрациях в ней изменяется направленность биологических процессов, что отрицательно сказывается на продуктивности с.-х. растений, выращиваемых на таких почвах. Повышенное поступление фтора нарушает обмен веществ, ферментативную активность, отрицательно влияет на развитие плодов.

Длительное внесение суперфосфата, который обычно содержит 1,5 % фтора, приводит к быстрому накоплению в почве фтора, непосредственно доступного растениям.

Интенсивное применение удобрений существенно изменяет количество фтора в продуктах питания.

Адсорбция фтора наблюдается в почвах, обладающих илистыми и коллоидными частицами. Растворимые фтористые соединения, перемещаясь по профилю, могут загрязнять грунтовые воды. При насыщении почвы

фтористыми соединениями отмечается негативное влияние на ее структуру и водопроницаемость.

Источниками поступления в почву одного из самых ядовитых элементов – мышьяка являются продукты сгорания угля, отходы медицинской и металлургической промышленности, предприятий по производству удобрений. Накопление мышьяка возможно и при использовании минеральных удобрений. С нитратами, сульфатами, мочевиной в почву попадает от 1 до 10 г/га мышьяка, с двойным суперфосфатом - до 30-300 г/га. Почва обладает способностью к частичному самоочищению от мышьяка за счет выщелачивания и улетучивания. Установлено, что чем больше в почве полуторных окислов железа и алюминия, тем большую концентрацию мышьяка выносят растения без признаков угнетения [16].

Тяжелые металлы опасны тем, что обладают способностью накапливаться, образуя высокотоксичные металлосодержащие соединения, которые вмешиваются в метаболический цикл живых растений. При переходе из одной природной среды в другую тяжелые металлы меняют свою химическую форму, но сами не разлагаются (17).

Таким образом, учитывая негативное влияние тяжелых металлов на почвы, растения, живые организмы, необходимо осуществлять постоянный контроль экологического состояния почв, своевременно выявлять основные причины загрязнения, проводить существующие и разрабатывать новые методы для санации почв.

ЛИТЕРАТУРА

1. Adriano D.C. Trace elements in the terrestrial environment. – N. Y.: Springer – Verlag, 1986. – 167 p.
2. Nriagu J. O. Cadmium in the environment. - N. Y.: Wiley & Son, – 1980. – 250 p.
3. Stoeppler M. Cadmium.// *Metals and their compounds in the environ-*

ment / Eds. Merian E. – N. Y.: Wienheim, 1992. – P. 804-831.

4. Химическое загрязнение почв и их охрана / Д.С. Орлов, М.С. Малинина, Г.В. Мотузова и др. – М.: Агропромиздат, 1991. – 303 с.

5. Добровольский Г.В., Гришина Л.А. Охрана почв. – М.: Изд-во МГУ, 1985. – 224 с.

6. Вальков В.Ф. Экология почв Ростовской области. - Изд-во Северо-Кавказского научного центра высшей школы, 1994. – С. 79.

7. Мотузова Г.В., Карпова Е.А. О программе почвенного биосферного мониторинга // Почвоведение. – 1985. – №3. – С. 131-135.

8. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. – 240 с.

9. ОСТ 10 294-2002. Земли сельскохозяйственного назначения степной зоны Российской Федерации. Показатели состояния плодородия почв.

10. ОСТ 10 295-2002. Земли сельскохозяйственного назначения лесостепной зоны Российской Федерации. Показатели состояния плодородия почв.

11. ОСТ 10 296-2002. Земли сельскохозяйственного назначения сухостепной и полупустынной зоны Российской Федерации. Показатели состояния плодородия почв.

12. Евдокимова Г.А. Аккумуляция тяжелых металлов в почвах и растениях в результате аэротехногенного загрязнения: Труды III Всесоюз. совещ. по исследованию миграции загрязняющих веществ в почвах и сопредельных средах. – Обнинск, 1985. – С. 121-125.

13. Справочник по оценке почв / В.Ф. Вальков, Н.В. Елисеев, И.И. Имгрунт и др. – Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2004. – 236 с.

14. Рэуце К., Кырстя С. Борьба с загрязнением почвы / Пер. с румын. К.И. Станькова; Под ред. и с предисл. В.К. Штефана. – М.: ВО Агропромиздат, 1986. – 221 с.

15. Kloke A. Belastung uler landwirtschaftlichen und gartnerischen Produktion dwcoh Umweltchemihkalien in stadtnahen Gebieten und ihr Einflub auf die Bodennutzungsplanung. - «Forseh und Berat.». – 1978. – № 33. – С. 3-25.

16. Экологические проблемы применения удобрений. – М.: Наука, 1984.

17. Давыдова С.Л., Тагасов В.И. Тяжелые металлы как супертоксиканты XXI века: Учеб. пособие. – М.: Изд-во РУДН, 2002. – 140 с.: ил.

УДК 631.42

АКТУАЛЬНОСТЬ ОЦЕНКИ АГРОХИМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ И ТЕПЛИЧНЫХ ГРУНТОВ

Е.М. Антоненко, Р.Е. Юркова, Л.С. Гутриц
ФГНУ «РосНИИПМ»

В современных условиях сельхозпроизводства невозможно обойтись без применения удобрений, стимуляторов роста и химических средств для борьбы с сорняками, болезнями и вредителями растений. Однако участвовавшие случаи бесконтрольного их использования, а также многочисленные нарушения технологии возделывания сельхозкультур приводят к стремительному развитию негативных почвенных процессов, таких как снижение плодородия, токсикация, засоление, ощелачивание и др. Наиболее часто нарушение аграрных технологий можно наблюдать на землях малых и средних сельхозпредприятий, в том числе тепличных хозяйств.

В данной ситуации становятся особенно актуальными вопросы оценки агрохимических свойств почвы или тепличных грунтов, а также продукции растениеводства. На сегодняшний день сельхозтоваропроизводителю приходится решать множество сложных и высокочатратных про-

блем: выбор и приобретение семян, химпрепаратов, и многое др. При этом проведение агрохимического обследования рассматривается как «необязательная» статья расходов. Как следствие, почва часто обрабатывается по условным технологическим нормативам, что нарушает режим питания растений и существенно снижает урожайность культур.

Между тем, как показывает опыт, затраты на проведение обследования сельхозугодий полностью окупаются уже в первый год их проведения, а разработка плана рекомендуемых мероприятий позволяют повысить урожайность до 70 % [1, 2]. Агрохимический контроль сельхозугодий позволяет регулировать не только количество, но и качество получаемой продукции, что приобретает важное значение в связи с вступлением России в ВТО.

Исходя из опыта проведения агрохимических исследований в нашем регионе, можно обозначить ряд основных показателей, требующих периодического лабораторного контроля. Так, распространенную проблему дисбаланса питательных элементов необходимо решать на основании данных агрохимического анализа NPK (определения подвижных форм азота, фосфора, калия) с последующим расчетом доз внесения удобрений.

Эффективность использования научно обоснованного подхода к внесению удобрений наглядно подтверждают данные опыта, проведенного в ООО «Венцы-Заря» Гулькевичского района Краснодарского края (таблица). Результаты эксперимента показали, что затраты на проведение агрохимического обследования поля составляют 35 руб./га или 0,5 % от общих затрат на возделывание сои. На основании полученных агрохимических данных были рассчитаны нормы внесения удобрений (вариант 2), при этом была получена максимальная прибавка урожая в размере 67 %. В остальных вариантах нормы удобрений были завышены или занижены, что привело к снижению дохода с 20405 до 11260 руб./га.

**Экономические показатели применения удобрений на основании агрохимического обследования поля сои,
2003-2005 гг.**

| Вариант | Суммарная доза внесения удобрений, кг/га | Урожай- ность, т/га | Стоимость урожае, руб./га | Затраты на возделывание сои, руб./га | | | Доход | | |
|---|---|------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|-----------|-------------------------------|-------------|---------------------|------|
| | | | | всего | удобрения | агрохим. обследова- ние | всего, руб. | в.т.ч. от удобрений | |
| | | | | | | | | руб. | % |
| 1. Без удобрений | 0 | 2,31 | 16170 | 6635 | 0 | 0 | 16170 | 0 | 0 |
| 2. N ₁₅₀ P ₈₀ K ₁₆₀ | 390 | 4,63 | 32410 | 12005 | 5370 | 35 | 20405 | 10835 | 67,0 |
| 3. N ₁₈₈ P ₁₀₀ K ₂₀₀ | 488 | 4,72 | 33040 | 13355 | 6720 | 35 | 19685 | 10115 | 62,6 |
| 4. N ₁₁₂ P ₆₀ K ₁₂₀ | 292 | 4,04 | 28280 | 10655 | 4020 | 35 | 17925 | 8055 | 49,8 |
| 5. N ₉₈ P ₅₂ K ₁₀₄ | 254 | 3,81 | 26670 | 10133 | 3498 | 35 | 16537 | 6967 | 43,0 |
| 6. N ₇₅ P ₄₀ K ₈₀ | 195 | 2,94 | 20580 | 9320 | 2685 | 35 | 11260 | 1690 | 10,5 |

Суммарная стоимость определения наиболее усваиваемых форм азота (нитратная и аммонийная), а также фосфатов в одном образце почвы не превышает 100 рублей, а количество необходимых образцов определяется степенью однородности возделываемого участка. Это означает, что для участка, имеющего однотипное строение почвы, режим полива, методики агротехнической обработки, достаточно анализировать 1 образец с 4-5 га.

К другой, наиболее распространенной, проблеме почвообработки нашего региона относится повышенная степень засоления или осолонцевания почв, что связано как с генетическим строением почв Северного Кавказа, так и вынужденность орошения минерализованной (более 1 г/л) водой в связи с отсутствием качественной воды [3]. Как показала практика, наиболее часто процессы засоления развиваются в тепличных грунтах, что требует оперативного применения мелиоративных приемов.

Для выявления характера и степени засоления в агрохимической лаборатории определяется минеральный состав водной вытяжки, химический состав оросительной воды, а также концентрация поглощенных оснований почвенных образцов. Своевременно выявленное засоление и проведение комплекса мелиорирующих приемов позволяет не только получить дополнительный урожай, но и экономить на внесении меньшего количества удобрений и препаратов сельхозхимии. Внесение в почву мелиорантов заметно улучшает водно-физические характеристики почв (механический состав, плотность и др.), что дает возможность меньше расходовать поливную воду и горюче-смазочные материалы при механической обработке поля.

Вышеуказанный перечень контролируемых показателей не является обязательным либо исчерпывающим для получения объективной оценки состояния почв. Выбор показателей специалист определяет по результатам осмотра и изучения основных характеристик производства.

Таким образом, разработка рекомендаций по выбору и способу вне-

сения удобрений, мелиорантов, средств защиты растений и других препаратов, а также агротехнических приемов и методов, является высококоррелябельным вложением средств в сельхозпроизводство. Эффективность от внедрения разработанных рекомендаций для конкретных условий возделывания культур выражается не только в краткосрочном сохранении и приумножении плодородных свойств почвы, но и имеет пролонгированный характер на период 5-7 лет.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: Сб. науч. тр./ ФГНУ «РосНИИПМ». – М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2002.
2. Указания по регулированию пищевого режима орошаемых черноземов Северного Кавказа. – Новочеркасск: НПО «Югмелиорация», 1990.
3. Рекомендации по оптимизации мелиоративного состояния орошаемых почв солонцовых комплексов. – Новочеркасск: ЮжНИИГиМ, 1990.

УДК 631.453

ВЛИЯНИЕ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫХ КОМПОСТОВ НА СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ

Р.Е. Юркова
ФГНУ «РосНИИПМ»

В последние годы для мелиорации солонцовых почв и профилактики процессов осолонцевания и ощелачивания предпочтение отдается органо-минеральным компостам, которые не только снижают содержание обменного натрия в почвенном поглощающем комплексе при одновременном увеличении кальция, разрыхляют почву, но и создают условия для развития микробиологической деятельности, гумификации, оптимизации пита-

тельного режима. Их использование целесообразно и для осуществления приемов по инактивации загрязнителей, в том числе тяжелых металлов (ТМ). С этой целью нами были поставлены лабораторные эксперименты по созданию компостов, в состав которых входили компоненты, способствующие снижению содержания тяжелых металлов в почве или переводу их в состояние, недоступное растениям. Оценка компостов проводилась по нескольким показателям. В первую очередь оценивалась мелиорирующая основа, определяемая в пересчете на чистый гипс, так как при воспроизводстве почвенного плодородия важно устранить неблагоприятные факторы. Они устраняются внесением кальцийсодержащих мелиорантов. Затем в компосте должна быть создана питательная основа, и, согласно требованиям, органическое вещество в них должно составлять не менее 40 % [1]. И обязательным условием является то, что применяемые в сельском хозяйстве компосты должны быть экологически чистыми, то есть содержание в них тяжелых металлов не должно превышать ПДК [2].

Таким образом, проанализировав свойства полученных компостов для закладки лабораторных опытов с почвой, выбраны компосты с оптимальными соотношениями: птичий помет (ПП) + Фосфогипс (Ф) – 1:1; ПП + Ф – 1:2; ПП + Гл. – 1:1; ПП + Гл. – 1:2; ПП + Ф + Гл. – 1:1:1; ПП + Ф + Гл. – 2:0,5:1. Все эти компоненты обладают некоторой поглощательной способностью по отношению к тяжелым металлам в почвах [3].

Чтобы доказать роль компостов в инактивации тяжелых металлов в почвах, нами проведены лабораторные опыты. Изучалось воздействие компостов на загрязненные почвы до I, II, III ПДК тяжелых металлов (Zn, Ni, Cu, Pb, Cd) при их совместном внесении. За систему отсчета количества тяжелых металлов в почве была принята ПДК валовых форм. Образцы почвы отбирались через различные промежутки времени со времени загрязнения: 5, 90, 180 дней, поддерживалась влажность почвы 75-80 % НВ при температуре 20-30° С. ТМ вносили в форме водорастворимых солей -

нитратов, в которых металлы наиболее мобильны, это свойство позволяет определить их максимальное действие.

Известно, что наиболее опасными с точки зрения загрязнения сельскохозяйственной продукции является наличие в почве ТМ в подвижной форме. Результаты влияния органо-минеральных компостов на содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвах в модельных опытах представлены в таблице.

Таблица

Влияние мелиорантов и органо-минеральных компостов на снижение содержания тяжелых металлов в почве, % от контроля (180 дней после загрязнения)

| Вариант опыта | Подвижные формы | | | | |
|-------------------|-----------------|------|------|------|------|
| | Zn | Ni | Cu | Pb | Cd |
| I ПДК | | | | | |
| Птичий помет(ПП) | 17,0 | 33,0 | 20,5 | 34,0 | 6,0 |
| Фосфогипс (Ф) | 63,0 | 60,0 | 47,3 | 51,0 | 11,4 |
| Глауконит (Гл.) | 38,5 | 40,0 | 28,3 | 28,0 | 7,3 |
| ПП+Ф (1:1) | 64,7 | 62,2 | 50,0 | 56,2 | 13,0 |
| ПП+Ф (1:2) | 63,0 | 57,0 | 54,2 | 54,0 | 11,3 |
| ПП+Гл. (1:1) | 41,5 | 49,0 | 20,3 | 40,3 | 9,2 |
| ПП+Гл. (1:2) | 40,0 | 38,4 | 20,0 | 37,5 | 8,0 |
| ПП+Ф+Гл. (1:1:1) | 69,2 | 65,0 | 55,5 | 69,5 | 16,6 |
| ПП+Ф+Гл.(2:0,5:1) | 64,0 | 55,0 | 45,7 | 60,0 | 14,0 |
| II ПДК | | | | | |
| Птичий помет(ПП) | 15,9 | 28,5 | 18,3 | 35,0 | 5,0 |
| Фосфогипс (Ф) | 64,5 | 58,0 | 43,5 | 60,0 | 12,0 |
| Глауконит (Гл.) | 40,0 | 42,0 | 32,4 | 25,0 | 8,0 |
| ПП+Ф (1:1) | 65,3 | 61,0 | 46,8 | 58,4 | 15,7 |
| ПП+Ф (1:2) | 60,0 | 58,0 | 50,2 | 56,3 | 14,0 |
| ПП+Гл. (1:1) | 35,8 | 50,0 | 18,0 | 39,8 | 9,4 |
| ПП+Гл. (1:2) | 33,0 | 40,0 | 17,0 | 33,0 | 7,8 |
| ПП+Ф+Гл. (1:1:1) | 71,0 | 64,2 | 46,0 | 65,0 | 20,0 |
| ПП+Ф+Гл.(2:0,5:1) | 63,0 | 60,0 | 40,0 | 59,0 | 15,6 |
| III ПДК | | | | | |
| Птичий помет(ПП) | 22,0 | 30,7 | 23,5 | 35,0 | 6,0 |
| Фосфогипс (Ф) | 62,0 | 56,2 | 45,8 | 59,0 | 12,2 |
| Глауконит (Гл.) | 42,0 | 40,0 | 29,8 | 30,0 | 8,5 |
| ПП+Ф (1:1) | 64,0 | 60,0 | 48,6 | 60,0 | 16,2 |
| ПП+Ф (1:2) | 62,2 | 58,0 | 50,0 | 54,8 | 13,3 |
| ПП+Гл. (1:1) | 39,0 | 48,5 | 19,0 | 43,0 | 10,4 |
| ПП+Гл. (1:2) | 34,8 | 41,0 | 19,0 | 35,2 | 9,0 |
| ПП+Ф+Гл. (1:1:1) | 70,0 | 62,8 | 52,0 | 69,0 | 17,6 |
| ПП+Ф+Гл.(2:0,5:1) | 65,2 | 56,0 | 41,0 | 63,0 | 15,0 |

Содержание подвижных форм, извлекаемых ацетатно-аммонийным буферным раствором рН 4,8, можно представить в следующем виде: Ni > Zn > Pb > Cu > Cd. Концентрация подвижных форм металлов – от 0,011 до 0,716 мг/кг.

Анализ данных влияния мелиорантов и органо-минеральных компостов на содержание тяжелых металлов в почве показал, что наибольшая поглощительная способность компостов проявляется после 180 дней наблюдений.

По данным таблицы, птичий помет, вносимый в почву, дает эффект поглощения при всех трех уровнях ПДК через 180 дней в среднем от 17,0 до 35,0 %. Кроме повышения плодородия, птичий помет выступает как хороший адсорбент катионов и анионов, повышает буферность почвы и снижает концентрацию солей в почвенном растворе. Однако птичий помет содержит некоторые загрязнители. Одна из задач лабораторного опыта состояла в обезвреживании элементов загрязнителей в птичьем помете путем сочетания его с другими веществами – инактиваторами. Это в какой-то степени удалось путем сочетания птичьего помета с фосфогипсом и глауконитом.

Установлено, что снижение подвижных форм Ni на варианте: птичий помет + фосфогипс 1:1 составляет 61,0 %; на варианте птичий помет + глауконит 1:1 - 50,0 %. Внесение мелиоранта в соотношении птичий помет + фосфогипс + глауконит 1:1:1 уменьшило концентрацию Ni на 65,0 %. Никель наиболее подвижен, чем цинк и особенно медь (по данным модельного опыта) [4].

Интенсивное накопление подвижных форм соединений Zn за период проведения лабораторного опыта, видимо, связано с тем, что при повышенном содержании металла происходит насыщение карбонатов и аморфных гидроксидов Fe и Al в почве. Непоглощенная часть цинка начинает сорбироваться в обменные и другие формы [5]. С течением времени кон-

центрация подвижных форм цинка на вариантах с загрязненной почвой снизилась. Значительные изменения содержания цинка наблюдались на вариантах: птичий помет + фосфогипс 1:1 – на 65,0 %; птичий помет + глауконит 1:1 – на 38,7 %; птичий помет + фосфогипс + глауконит – на 70 %.

На всех вариантах опыта отмечается уменьшение концентрации Cu, но в меньшей степени, чем Zn, Pb, Ni. Вероятно потому, что медь является одним из наименее мобильных тяжелых металлов в связи с сильной связываемостью почвенными частицами [6]. Лучшими детоксикантами для меди являются компосты ПП + Ф 1:1 и ПП + Ф + Гл 1:1:1. Поглощение составило 47 и 52 % соответственно. Результаты лабораторных исследований позволяют предположить, что эффекты связывания кадмия в менее доступные формы обнаруживаются при использовании мелиоранта ПП + Ф + Гл 1:1:1. При этом уменьшается содержание Cd в подвижной форме на 20 %.

Таким образом, проведенные в условиях смоделированного техногенного загрязнения почвы исследования показали, что рассматриваемые органо-минеральные компосты обладают поглотительной способностью по отношению к тяжелым металлам. Необходимо проводить дальнейшие исследования по практическому применению данных органо-минеральных компостов, способствующих очистке и детоксикации почв от тяжелых металлов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воеводина Л.А., Шалашова О.Ю., Гарин С.Л. Требования к промышленным отходам и местным сырьевым ресурсам при приготовлении органо-минеральных компостов и смесей: Сб. науч. тр. / Современные проблемы мелиорации земель, пути и методы их решения. – Новочеркасск, – Ч.2. – 2003.

2. Предельно-допустимые концентрации химических веществ в почвах и допустимые уровни их содержания по показателям вредности (по состоянию на 01.01.1990. Госкомприрода СССР, № 02-2333 от 10.12.90).

3. Шалашова О.Ю. Влияние органо-минеральных компостов на плодородие орошаемых обыкновенных черноземов: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук – 11.00.11– охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов, 06.01.04 – агрохимия. – Новочеркасск, 1999. – 21 с.

4. Tylen L.D., McBride M.D. Influence of Ca, pH and humic acid on Cd uptake // Plant Soil. 1982/ V. 64. - P. 250-262.

5. Самохин А.П. Трансформация соединений тяжелых металлов в почвах Нижнего Дона: Автореф. дис. ... канд. биол. наук – 03.00.27 – почвоведение. – Ростов н/Д, 2003. – 24 с.

6. Бутовский Р.О. Тяжелые металлы как техногенные химические загрязнители и их токсичность для почвенных беспозвоночных животных // Агрохимия. – 2005. – № 4. – С.73-88.

УДК 633.31:631.671:581.55

СУММАРНОЕ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ ЛЮЦЕРНО-МЯТЛИКОВОГО АГРОЦЕНОЗА В ГОДЫ РАЗЛИЧНОЙ ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ

О.В. Егорова
ФГНУ «РосНИИПМ»

При проектировании режима орошения люцерно-мятликового агроценоза необходимо знать его потребность в воде. Конкретное представление о потребности агроценоза в воде для получения максимальной урожайности дает величина суммарного водопотребления.

В 1992-95 гг. на ОПХ РООМС проводились исследования по изучению режимов орошения травосмеси, состоящей из люцерны синегибридной

ной, овсяницы луговой и полевицы белой.

Нами изучались пять режимов орошения. Вариант 1m (к), на котором полив назначался при снижении влажности почвы до 80 % от НВ в слое 0,6 м, был принят за контроль. На варианте 1,2 m поливные нормы увеличивались на 20 % от расчетной, на вариантах 0,8 m и 0,6 m – поливные нормы снижались на 20 и 40 % соответственно. На варианте БО – травосмесь не поливалась.

По обеспеченности дефицита водного баланса годы исследований распределялись следующим образом: 1992 год характеризовался как средневлажный, 1993 – влажный, 1994 – сухой, 1995 – среднесухой.

В среднем за 4 года исследований на вариантах с различными поливными нормами суммарное водопотребление изменялась от 5297 м³/га на варианте 1,2 m до 4014 м³/га на варианте 0,6 m. На богаре величина суммарного водопотребления складывалась из суммы выпавших осадков и используемого запаса продуктивной влаги и составляла 2510 м³/га (таблица, рисунок 1).

Таблица

Водопотребление люцерно-мятликовой травосмеси в зависимости от режима орошения. ОПХ РООМС, 1992-1995 гг.

| Вариант | Суммарное водопотребление | | | | | | | Урожайность, т/га | Коэффициент водопотребления, м ³ /т |
|---------|---------------------------|--------------------|------|--------------------|------|--------------------|------|-------------------|--|
| | всего, м ³ /га | поливы | | осадки | | из почвы | | | |
| | | м ³ /га | % | м ³ /га | % | м ³ /га | % | | |
| 1,2 m | 5297 | 3555 | 67,1 | 1415 | 26,7 | 327 | 6,2 | 14,89 | 356 |
| 1 m | 5031 | 3240 | 64,4 | 1416 | 28,1 | 376 | 7,5 | 15,16 | 332 |
| 0,8 m | 4561 | 2610 | 57,2 | 1416 | 31,0 | 535 | 11,7 | 13,50 | 338 |
| 0,6 m | 4014 | 1980 | 49,3 | 1416 | 35,3 | 619 | 15,4 | 11,26 | 357 |
| БО | 2510 | 0 | 0 | 1416 | 56,4 | 1095 | 43,6 | 6,84 | 367 |

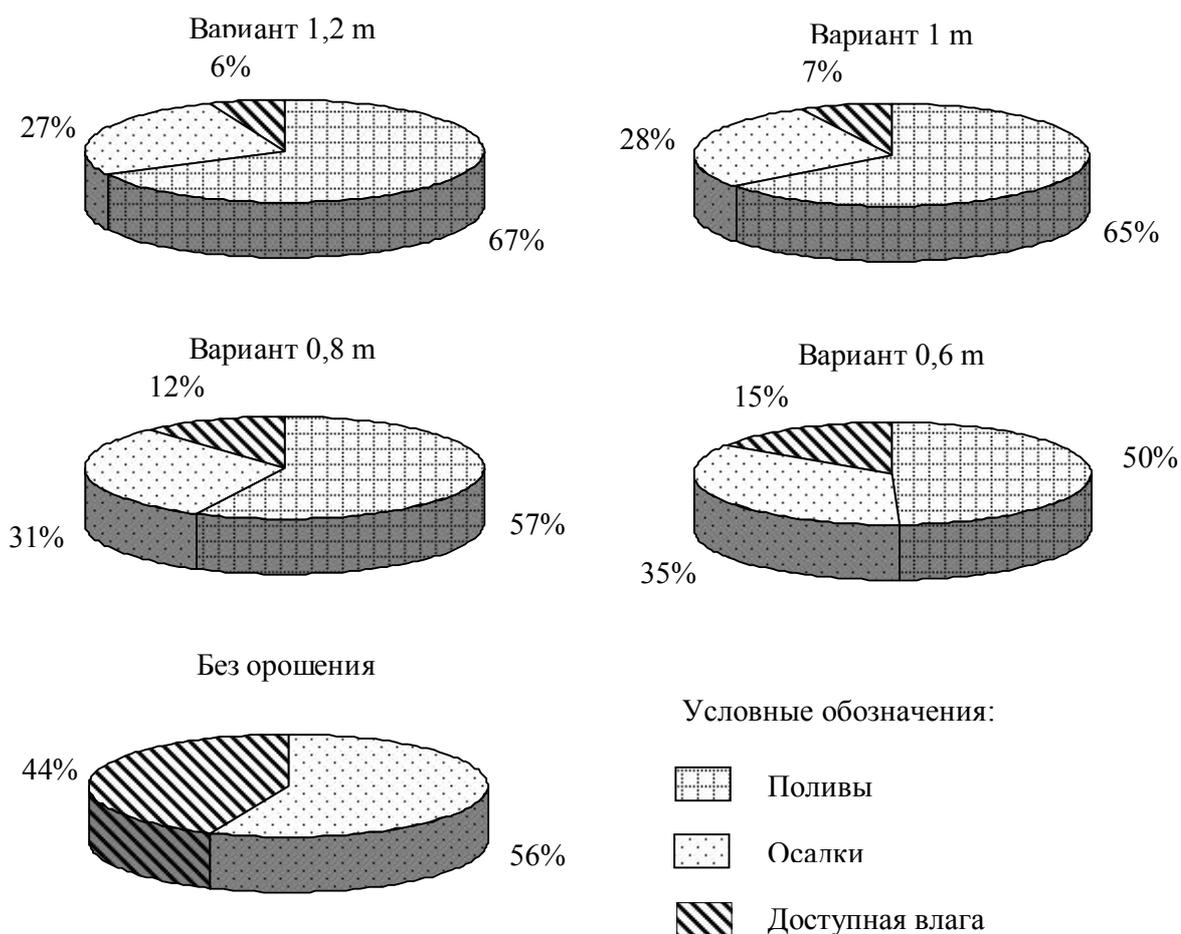
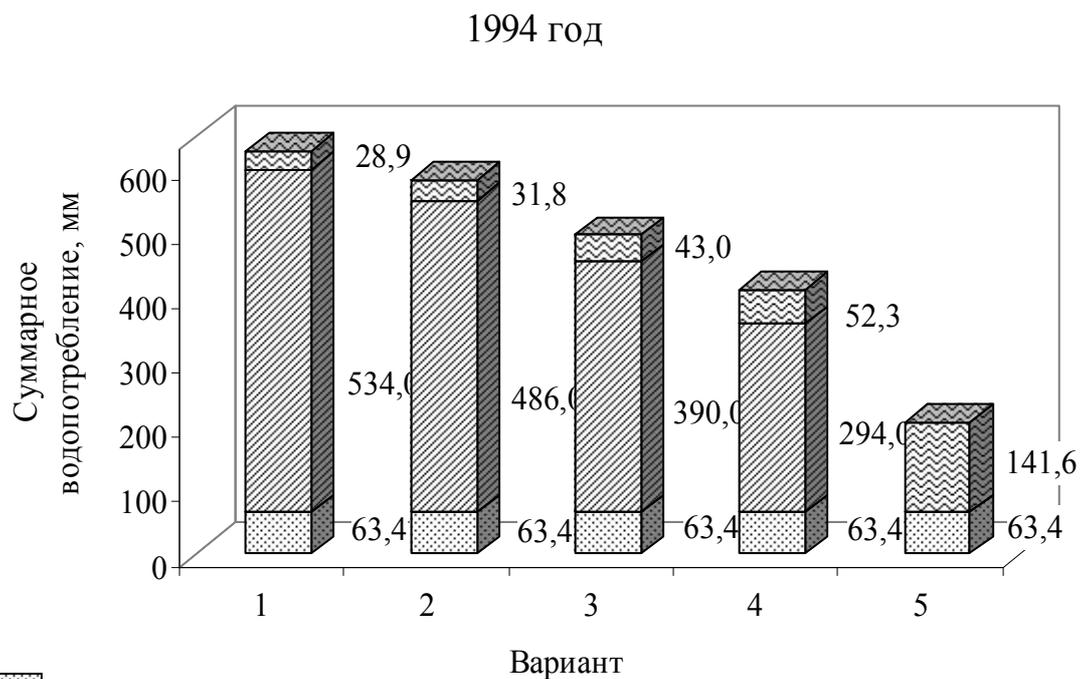
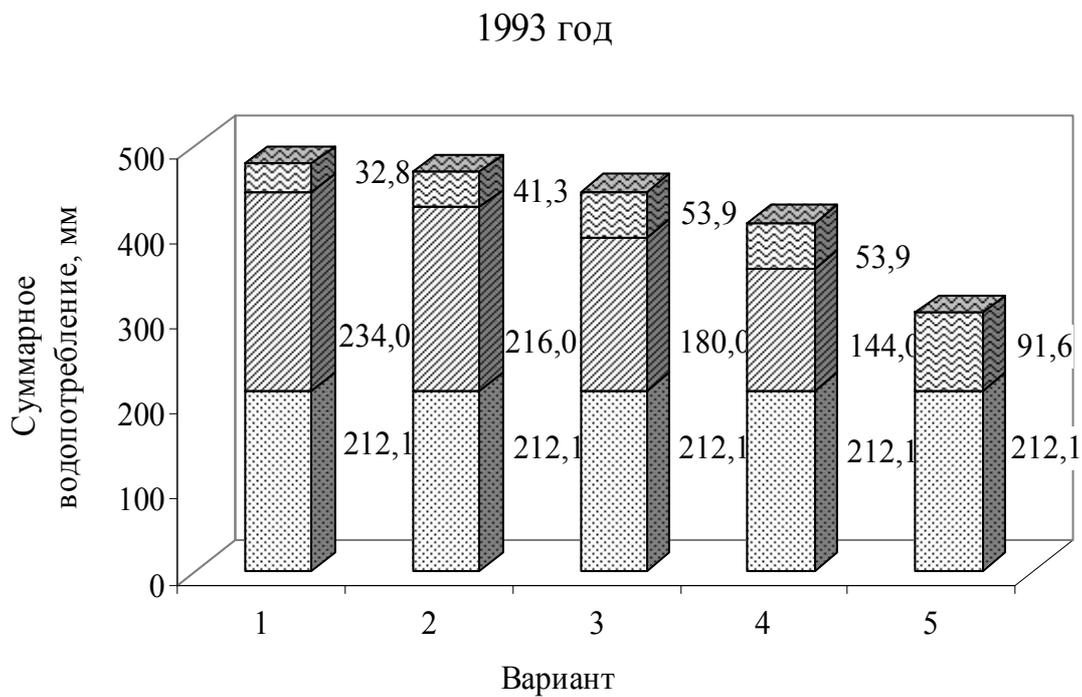


Рис. 1 Суммарное водопотребление люцерно-мятликовой травосмеси при различных режимах орошения, среднее за 1992-1995 гг.

Анализ составляющих суммарного водопотребления за годы исследований показывает, что основная доля влаги на орошаемых вариантах поступала с поливной водой 49-67 % и осадками – 35-27 %, из почвы использовалось 6-15 % от суммарного водопотребления. Причем при снижении поливной нормы доля используемых осадков увеличивается от 27 до 35 %, а доля влаги, поступающей из почвы, от 6 до 15 %.

Структура суммарного водопотребления для влажного и сухого года по ДВБ по вариантам опыта имела существенное различие (рисунок 2).



-  Осадки,
-  Оросительная норма, мм
-  Продуктивная влага из почвы,

Рис. 2 Структура суммарного водопотребления люцерно-мятликового агроценоза при различных режимах орошения во «влажный» 1992 и «сухой» 1993 годы

Если во влажный год доля осадков составляла 44,3-51,7 %, поливной воды 48,9-35,1 %, то есть была практически одинаковой, то в сухой год основную долю в суммарном водопотреблении занимала оросительная вода 72,8-85,3 %.

Эффективность использования оросительной воды люцерно-мятликовым агроценозом определялась на основе анализа его урожайности и полученных величин коэффициента водопотребления.

В среднем за четыре года пользования влага на варианте 1 м использовалась наиболее экономно, так как коэффициент водопотребления оказался самым низким – 332 м³/т, а урожай травосмеси самым высоким – 15,16 т/га сена.

Для условий производства можно рекомендовать водосберегающий режим орошения 0,8 м. При средней урожайности сена 13,5 т/га коэффициент водопотребления на этом варианте был всего на 2 % ниже, чем на варианте 1 м.

Исследуемые режимы орошения на опытных вариантах создавали определенные условия влагообеспеченности, оказавшие существенное влияние на урожайность и водопотребление люцерно-мятликового травостоя.

Для определения зависимости «урожайность – суммарное водопотребление» нами была проведена математическая обработка данных за 4 года исследований на ПЭВМ с использованием программы Microsoft Excel. Суммарное водопотребление при этом изменялось в интервале от 2050 до 6263 м³/га, а величина урожайности от 7,15 до 15,93 т/га сена (рисунок 3).

Полученные кривая тренда и уравнение регрессии с корреляционным отношением $R^2=0,92$ позволяют сделать вывод, что в интервале полученных показателей существует тесная зависимость величины урожая от суммарного водопотребления.

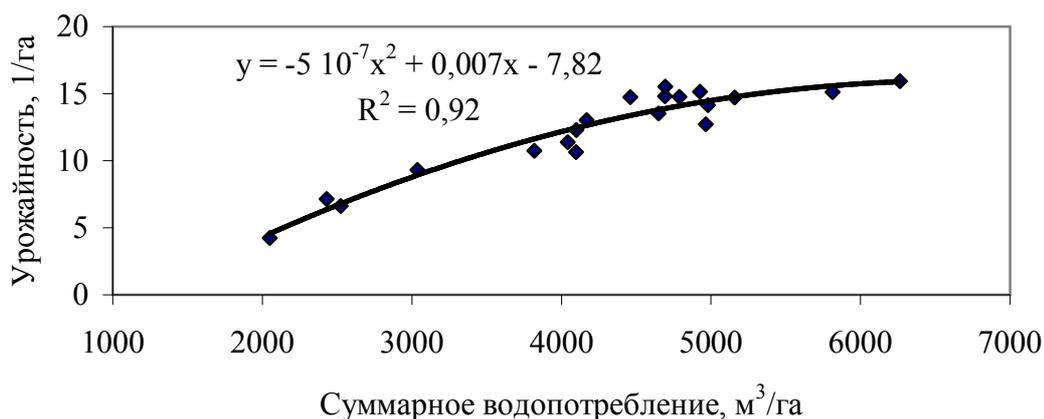


Рис. 3. Уравнение регрессии и зависимость «урожайность – суммарное водопотребление» люцерно-мятликового агроценоза

Таким образом, полученные экспериментальные данные рекомендуется использовать в производственных условиях при проектировании и корректировке режимов орошения при возделывании многолетних трав.

УДК 633.31:631.67:581.55

КОРНЕВАЯ СИСТЕМА ЛЮЦЕРНО-МЯТЛИКОВОГО АГРОЦЕНОЗА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ ОРОШЕНИЯ

О.В. Егорова
ФГНУ «РосНИИПМ»

В ОПХ Ростовская опытно-мелиоративная станция в 1992-1995 годах был заложен полевой опыт, в ходе которого изучалось влияние различных режимов орошения на распределение корневой системы люцерно-мятликового агроценоза по горизонтам почвы (таблица 1).

В среднем за годы исследований на орошаемых вариантах основная масса корней люцерно-мятликового агроценоза (90,5-96,8 %) находилась в слое 0,6 м. На вариантах 1,2 т и 1 т в слое 0-40 см масса корней оставляла 91,5 и 88,8 % соответственно. При снижении поливной нормы глубина проникновения корневой системы увеличивалась. На варианте 0,8 т в слое

0-40 см находилось 81,8 % корней, а в слое 0-60-92,1 %, на варианте 0,6 м 79,9 и 90,5 % соответственно. На варианте без орошения глубина корневой системы травосмеси в слое 0-60 см составила 90,1 %.

Таблица 1

Распределение корней люцерно-мятликового агроценоза по горизонтам почвы при различных режимах орошения в среднем за 1992-1995 гг.

| Вариант | Масса корней в слое почвы, т/га сухой массы | | | | | | | Урожай сена, т/га | Соотношение урожай/корни |
|---------|---|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------------------|--------------------------|
| | Слой почвы, см | | | | | | | | |
| | 0-10 | 10-20 | 20-40 | 40-60 | 60-80 | 80-100 | 0-100 | | |
| 1,2 м | 57,2 | 22,8 | 11,5 | 5,3 | 1,9 | 1,3 | 12,00 | 12,51 | 1,04 |
| 1 м | 54,7 | 22,4 | 11,7 | 6,3 | 3,3 | 1,6 | 12,25 | 12,73 | 1,04 |
| 0,8 м | 43,9 | 22,9 | 15,0 | 10,3 | 4,7 | 3,3 | 10,40 | 11,34 | 1,09 |
| 0,6 м | 41,0 | 22,8 | 16,1 | 10,6 | 5,0 | 4,5 | 8,50 | 9,46 | 1,11 |
| БО | 40,4 | 22,8 | 16,3 | 10,7 | 5,5 | 4,5 | 5,04 | 5,74 | 1,14 |

Наращение массы корней в почве продолжалось с первого по третий годы жизни агроценоза на всех орошаемых вариантах опыта, и лишь в четвертый год жизни началось незначительное ее снижение. На варианте с оптимальным режимом орошения масса корней в слое 0-100 см в 1992 году составила 8,93 т/га, в 1993 году – 12,85 т/га, в 1994 году – 14,07 т/га и в 1995 – 13,14 т/га. На варианте со снижением поливной нормы на 20 % масса корней в слое 0-100 см в 1992 году составила 8,93 т/га, в 1993 году – 12,85 т/га, в 1994 году – 14,07 т/га и в 1995 – 13,14 т/га. На варианте со снижением поливной нормы на 40 % масса корней в 1992 году составила 6,01 т/га, в 1993 году – 11,98 т/га, в 1994 году – 11,62 т/га, в 1995 – 10,41 т/га.

Изменение величины суммарного водопотребления в зависимости от режимов орошения оказывало влияние как на величину урожая сена, так и на наращение корневой массы травосмеси (таблица 2, рисунок 1).

Таблица 2

Влияние суммарного водопотребления на нарастание надземной массы и корней травосмеси в среднем за 1992-1995 гг.

| Вариант | Суммарное водопотребление, м ³ /га | Урожай сена, т/га | Масса сухих корней в слое почвы 0-100 см, т/га | Соотношение урожай/корни |
|---------|---|-------------------|--|--------------------------|
| 1,2 м | 5297 | 12,51 | 12,00 | 1,04 |
| 1 м (к) | 5031 | 12,73 | 12,25 | 1,04 |
| 0,8 м | 4561 | 11,34 | 10,40 | 1,09 |
| 0,6 м | 4014 | 9,46 | 8,50 | 1,11 |
| БО | 2510 | 5,74 | 5,04 | 1,14 |

Коэффициент эффективности корневой массы, характеризующий отношение массы сухого вещества надземной части растений к массе корневой системы, с увеличением влагообеспеченности имеет небольшую тенденцию к снижению (рисунок 1).

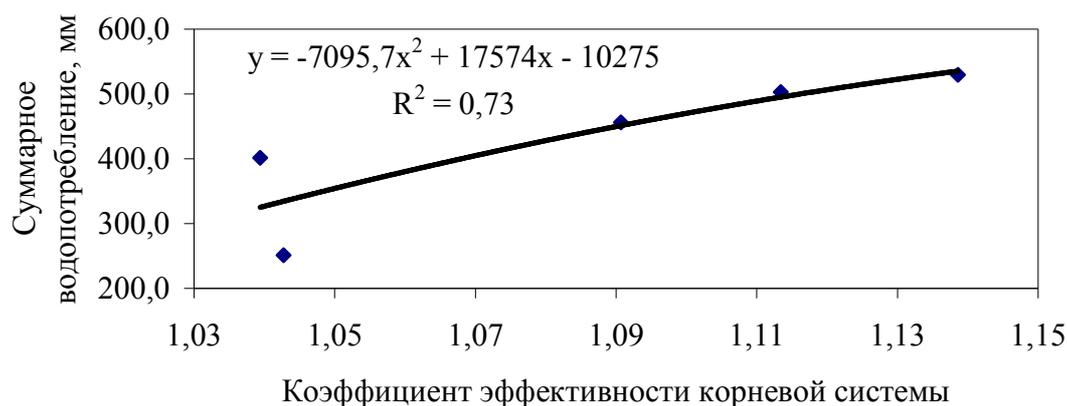


Рис. 1. Влияния уровня влагообеспеченности на коэффициент эффективности корневой системы люцерно-мятликового агроценоза

Анализ зависимости снижения нарастания надземной массы и корневой системы агроценоза от величины суммарного водопотребления агроценоза показал, что на варианте без орошения наблюдается превышение объема корневой массы над урожаем надземной, а на орошаемых вариантах величина надземной части растений увеличивается по отношению к массе корневой системы (рисунок 2). То есть, улучшение влагообеспеченности позволяет при меньшей корневой массе потреблять большее количе-

ство питательных веществ из почвенного раствора и получать больший прирост надземной массы растений.

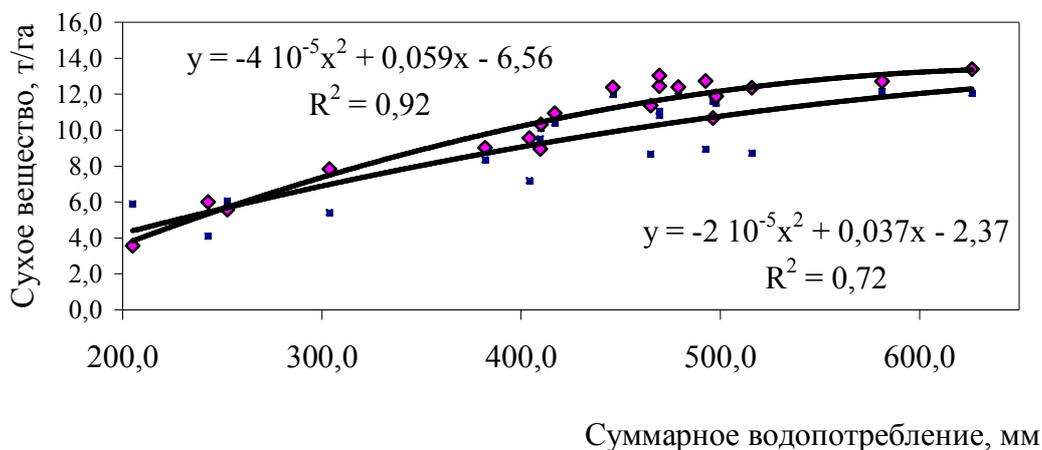


Рис. 2. Влияние уровня влагообеспеченности на урожай надземной и корневой массы люцерно-мятликового агроценоза

Таким образом, в результате исследований было выявлено, растения люцерно-мятликового агроценоза развивают мощную корневую систему, которая позволяет на протяжении четырех лет сохранять планируемую продуктивность при оптимальной влагообеспеченности и получать в среднем 15,16 т/га сена. Экономия оросительной воды на 20 % позволяет получить в среднем по 13,5 т сена с гектара.

Научное издание

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИКИ ОРОШЕНИЯ
В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ**

Сборник выходит под редакцией авторов

Технический редактор *П.М. Недорезов*

Корректор *Е.В. Кулыгина*

Макет изготовлен ФГНУ «РосНИИПМ»

Подписано в печать

Формат 60 84 1/16. Бумага офсетная. Ризография.

Печ. л. 17,56. Уч.-изд. л. 17,20. Тираж 150. Зак. 2-85.

Издательство ООО «Геликон»

Типография ЮРГТУ (НПИ)

346428, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132

Тел., факс (863-52) 5-53-03 E-mail: typography@novoch.ru