

УДК 631.6

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА КОНСТРУКЦИЙ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ ОБЛИЦОВОК КАНАЛОВ НА ПРИМЕРЕ КРАСНОАРМЕЙСКОГО РАЙОНА КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

¹Сафронова Т.И., ¹Ананьева А.Е., ²Степанов В.И.

¹ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет»,
Краснодар, e-mail: saf55555@yandex.ru;

²Алтайский экономико-юридический институт, Барнаул, e-mail: institut@aeli.altai.ru

В статье приведены данные по орошаемому массиву Красноармейского района Краснодарского края. Срок эксплуатации оросительных систем в этом районе 40–60 лет и более. КПД каналов 0,65–0,84. По этим данным можно судить о низком техническом уровне магистральных и распределительных каналов оросительных систем. Фильтрационные потери из каналов в значительной степени определяют негативные изменения мелиоративно-гидрологической обстановки (подтопление земель, загрязнение грунтовых вод). Такая ситуация объясняется большой протяженностью каналов в земляном русле и низким качеством противофильтрационного покрытия русла канала. Эффективность использования воды, забираемой рисовой оросительной системой из естественных источников на нужды орошения, невелика. Фильтрация и сбросы воды из сети каналов и на полях приводят к усилению отрицательного воздействия на природную среду. Поэтому в работе обоснована противофильтрационная эффективность конструкций облицовок с применением бетоннопленочного покрытия и покрытия с применением железобетонных плит.

Ключевые слова: оросительная система, каналы, фильтрационные потери, конструкции облицовок

RATIONALE FOR THE CONSTRUCTION OF IMPERVIOUS COVERINGS OF CHANNELS ON THE EXAMPLE OF KRASNOARMEYSK DISTRICT OF KRASNODAR REGION

¹Safronova T.I., ¹Ananeva A.E., ²Stepanov V.I.

¹Kuban State Agrarian University, Krasnodar, e-mail: saf55555@yandex.ru;

²Altai Economics and Law Institute, Barnaul, e-mail: institut@aeli.altai.ru

The article presents data of irrigated areas Krasnoarmeysk district of Krasnodar region. The term of operation of irrigation systems in the area of 40–60 years or more. channel efficiency 0,65–0,84. These data can be judged a low technical level of the main distribution channels and irrigation systems. Filtration loss of the channels is largely determined by the negative changes reclamation-hydrological conditions (flooding of land, groundwater contamination). This situation is explained by the great length of the channel in earthen channel and the low quality of impervious cover the channel bed. Water use efficiency, picking up rice irrigation system from natural sources for irrigation. Filtering and discharge of water from network of canals and on fields lead to increased negative impacts on the natural environment. In this paper we proved the effectiveness of impervious structures using concrete facing of the film coating and the coating with the use of reinforced concrete slabs.

Keywords: irrigation system, canals, seepage losses, facing construction

На сегодняшний день в Краснодарском крае площадь орошаемого фонда земель составляет 390,8 тыс. га. Массив «Правобережье» располагается на территории Красноармейского и Калининского районов и включает в себя три оросительные системы: Кубанскую, Марьяно-Чебургольскую и Пануро-Калининскую. Общая площадь оросительной системы в пределах Красноармейского района – 84354 га (21,6% от общего числа орошаемых земель края). В состав мелиоративного комплекса района входит сеть оросительных и сбросных каналов общей протяженностью 7905 км, в т.ч. межхозяйственных – 577 км [5].

Подача воды на Кубанскую оросительную систему осуществляется с верхнего бьефа Федоровского гидроузла.

Водозабор на Марьяно-Чебургольскую оросительную систему осуществляется из р. Кубани в подпоре Федоровского гидроузла по каналу Р-2. Пануро-Калининская оросительная система осуществляет водозабор из магистрального канала через гидроузел № 3 [5]. Таким образом, подача воды на систему осуществляется по магистральному каналу, где на конкретные участки вода подается посредством распределительных каналов различного порядка. Красноармейский филиал начал свою работу в 1931 году. Так как срок эксплуатации оросительных систем 40–60 лет и более, необходимо оценить эксплуатационную надежность и гидравлическую эффективность каналов по их состоянию на сегодняшний день.

Важным фактором воздействия на окружающую среду являются фильтрационные потери из магистральных и распределительных каналов. Величина этих потерь в значительной степени определяет негативные изменения мелиоративно-гидрогеологической обстановки (подтопление земель, загрязнение грунтовых вод) [3].

Эффективность использования воды, собираемой рисовой оросительной системой из естественных источников на нужды орошения, невелика. Существующие виды потери воды можно разделить на три группы [6].

1. Технологически неизбежные потери (испарение из каналов, на полях, а также транспирация).

2. Технические потери, устранимые совершенствованием систем орошения.

3. Потери 3-й группы вызываются недостатками управления режимом орошения и водораспределения на сети. Большие потери могут возникнуть из-за превышения водозабора в оросительную систему по сравнению с текущей потребностью в поливной воде. Избыток в лучшем случае возвращается в оросительную сеть или накапливается в регулирующих емкостях. А в некоторых случаях лишняя вода может стекать в замкнутые понижения местности, питая грунтовые воды и т.п. Большие потери происходят также в межхозяйственных каналах [6].

Такие потери воды в сочетании с техническими потерями могут превышать 50% от водозабора. При этом энергоресурсы и человеческий труд, затраченные на водоподъем, водоподачу и проведение поливов, расходуются неэффективно. Кроме того, фильтрация и сбросы воды из сети каналов и на полях приводят к усилению отрицательного воздействия на природную среду.

К 1990 г. в дельте р. Кубань практически закончилось мелиоративное и водохозяйственное строительство. В предшествующий период развитие мелиорации традиционно было направлено на увеличение объема располагаемых водных и земельных ресурсов с целью расширения производства сельскохозяйственной продукции. Ограниченность природных ресурсов во внимание не принималась, вследствие чего резко возросли затраты водных ресурсов на единицу продукции и существенно ухудшилась почвенно-мелиоративная и экологическая обстановка. Выполненные к 1990 г. работы по реконструкции оросительных систем и совершенствованию техники полива, хотя и дали некоторый результат, но в целом не изменили общей направленности развития геосистемы [6].

Активное развитие рисоводческой деятельности в Краснодарском крае сопровождалось подтоплением земель и ухудшением их мелиоративного состояния. Урожайность основных выращиваемых сельскохозяйственных культур, в том числе и риса, снизилась.

Появились заброшенные и неиспользуемые по причине засоления и подтопления земли, на не поливаемых из-за недостатка воды рисовых системах наблюдается процесс засоления. Территория дельты р. Кубань, согласно эколого-ландшафтному зонированию, по комплексной экологической оценке на сегодня является кризисной, в степени от слабой до сильной с прогнозным ухудшением экологической обстановки и с повышенной вероятностью подтопления [6].

КПД каналов рисовой оросительной системы в Красноармейском районе колеблется между 0,65–0,84, в среднем этот показатель за многолетний период составляет 0,76. Нормативное значение КПД магистральных и распределительных каналов должно составлять не менее 0,90–0,93 (СНиП 2.06.03-85). Согласно полученным данным можно судить о низком техническом уровне магистральных и распределительных каналов оросительных систем. Данная ситуация складывается из-за большой протяженности каналов в земляном русле и плохого противофильтрационного покрытия русла канала.

Необходимо рассмотреть и подобрать возможные варианты противофильтрационных мероприятий.

Для уменьшения фильтрационных потерь в каналах рекомендуется:

1) искусственный кольматаж (в поток вводятся глинистые или илестые частицы);
2) искусственное уплотнение грунтов путем укатки или трамбовки;

3) осолонение грунта (поливка предварительно разрыхленной поверхности откосов и дна канала раствором хлористого натрия (3–5 кг/м²) и отсыпкой из песка в несколько сантиметров). При этом потери на фильтрацию снижаются примерно в 10 раз;

4) искусственное оглеение грунта, т.е. создание условий для образования так называемого глея – слоя почвы, формирующегося в результате жизнедеятельности анаэробных бактерий. Органические вещества вносятся в виде соломы, камыша, которые укладываются на откосы и дно канала под слой грунта. В результате образуются газы, растворимые вещества, спирты, кислоты. Водонепроницаемый слой увеличивается

в течение нескольких лет в 4–5 раз. Коэффициент фильтрации снижается в десятки и сотни раз. В южных районах процесс оглеения происходит наиболее полно и быстро;

5) нефтевание ложа канала (на 1 м² поверхности канала расходуется 4–5 кг нефти и 5–8 кг известкового молока).

Эффективным, хотя и дорогостоящим мероприятием в борьбе с подтоплением и вторичным засолением земель является применение средств противофильтрационной защиты на оросительных системах – облицовка каналов, сокращающая потери воды, а также предохраняющая их от возможных деформаций в процессе эксплуатации [6].

Противофильтрационные мероприятия позволяют получить уменьшение потерь на фильтрацию и повышение коэффициента полезного действия канала, а также позволяют предотвратить подтопление и засоление прилегающих к каналу территорий. Как следствие, получаем: улучшение мелиоративного состояния орошаемых земель и качества воды, транспортируемой по каналам; повышение эксплуатационной надежности и гидравлической эффективности каналов [1].

Применение противофильтрационных облицовок рекомендуется в том случае, когда ожидаемые фильтрационные потери больше допустимых ($q_{\text{доп}}$) и фильтрация из каналов ($Q_{\text{ф}}$) сопровождается подъемом уровня грунтовых вод ($h_{\text{кр}}$), вызывающим подтопление и засоление орошаемых земель (Dh). При условии $q_{\text{доп}} < 11,6Q_{\text{ф}}$; $h_{\text{кр}} > Dh$ [1].

Допустимые потери воды определяют по формуле [1]

$$q_{\text{доп}} = \frac{Q(1-\eta)}{\eta}, \quad (1)$$

где Q – расход воды, транспортируемой по каналу на расстояние 1 км без потерь, л/с; η – КПД канала в соответствии с СНиП.

Рассмотрим распределительный канал Р-2 в земляном русле. Получаем

$$q_{\text{доп}} = \frac{2,7(1-0,93)}{0,93} = 0,20;$$

$Q_{\text{ф}}$ – (фильтрация из каналов) составляет 0,23, т.е. неравенство $q_{\text{доп}} < 11,6Q_{\text{ф}}$ в данном случае полностью выполняется [1].

В расчетах использовали «Методику обоснования и выбора конструкций противофильтрационных облицовок каналов», предложенную А.Г. Алимовым [1]. Для канала Р-2 рекомендуем бетоноплочное покрытие. Данное покрытие является необходимым на деформируемых грунтах с неравно-

мерными деформациями до 5 см, скорости течения потока в канале = 0,5...10 м/с [1].

Необходимо оценить эффективность данного покрытия по коэффициенту η'_3 :

$$\eta'_3 = \frac{Q_{\text{бп}}}{Q_{\text{ф}}}, \quad (2)$$

где $Q_{\text{бп}}$, $Q_{\text{ф}}$ – фильтрационные потери из канала соответственно с бетоноплочной облицовкой и из необлицованного канала.

$$\eta'_3 = \frac{0,0003}{0,23} = 0,001.$$

Коэффициент эффективности не должен превышать $\eta'_3 = 0,1...0,2$. В противном случае данный тип облицовки не рекомендуется и, следовательно, чем меньше данный коэффициент – тем выше эффективность облицовки.

Для распределительного канала Р-22 получаем

$$q_{\text{доп}} = \frac{0,87(1-0,93)}{0,93} = 0,0065.$$

Следуя предложенной методике для канала Р-22 – в качестве противофильтрационных мероприятий рекомендуем сборную облицовку из железобетонных плит. Она подходит также для деформируемых грунтов с неравномерными деформациями до 5 см и более, но скорости течения потока в канале = 0,5... 5 м/с [1].

Оценим эффективность данного покрытия по коэффициенту η'_3 :

$$\eta'_3 = \frac{Q_{\text{б}}}{Q_{\text{ф}}}, \quad (3)$$

где $Q_{\text{б}}$ – фильтрационные потери из канала с бетонной облицовкой при нарушениях бетона; $Q_{\text{ф}}$ – из земляного необлицованного канала.

$$\eta'_3 = \frac{0,0007}{0,23} = 0,003.$$

Следовательно, предложенные виды противофильтрационных мероприятий будут в данном случае высокоэффективными.

На основании приведенных расчетов видно, что коэффициент полезного действия системы или отдельного какого-то канала оказывается ниже предусмотренного СНиП. Тогда предложения о проведении противофильтрационных мероприятий являются обоснованными и необходимыми для проведения.

Методика обоснования и выбора конструкций противофильтрационных облицовок каналов А.Г. Алимова [1].

Характеристика основания	Тип облицовки	Условия (требования) эксплуатации канала	Конструктивные мероприятия по повышению надежности облицовок каналов
Недеформируемые грунты	Сборная из железобетонных плит	Скорость движения воды в канале $V = 0,5 \dots 5$ м/с	Омоноличивание железобетонных плит в крупные карты и заполнение деформационных швов с высокими деформативными свойствами (полимерные и битумно-полимерные мастики)
Деформируемые грунты с неравномерными деформациями до 5 см	->-	$V = 0,5 \dots 10$ м/с	Бетонопленочные покрытия

Обычно для борьбы с фильтрацией из каналов используются конструктивные, механические и физико-химические методы. К конструктивным методам относятся противофильтрационные облицовки (бетонные, асфальтовые, глиняные); водонепроницаемые экраны из полимерных пленок, глин и суглинков, бентонитовых глин. К механическим методам относятся кольматация и уплотнение грунта. Физико-химические методы – нефтевание, солонцевание, оглеение и т.п [2].

Монолитные ложа каналов выполняют из гидротехнического бетона на гидрофобном пластифицированном портландцементе марки не ниже 400. Толщина монолитной облицовки составляет 0,1...0,25 м [2]. Монолитная облицовка для ложа канала может ограниченно применяться из-за деформации грунта по ложу канала, если производить укладку на деформируемых грунтах – в процессе эксплуатации канала может возникнуть растрескивание облицовки.

Также возможна установка облицовки канала из полимерных пленок толщиной 0,2...0,4 мм. При установке пленочного экрана необходимо предусмотреть защитный слой – им может быть грунт, который укладывают по верху пленки. Такие покрытия снижают фильтрационные потери на 96–98%. Асфальтобетонные покрытия – снижают фильтрационные потери лишь на 36%. Такие экраны обычно применяют на просадочных и набухающих основаниях каналов [2]. При просадке основания ложа канала до 30–40 см вероятность разрыва пленочного покрытия минимальна или даже не наблюдается.

Полимерные экраны имеют высокую прочность при растяжении, высокую гиб-

кость и водонепроницаемость, а также химическую и биологическую стойкость. Для противофильтрационной защиты ложа канала наиболее распространены полиэтиленовые пленки; применяются также поливинилхлоридные и пленки из сополимера этилена с пропиленом. Долговечность экранов из полиэтиленовой пленки составляет более 40 лет. К недостаткам, ограничивающим применение полимерных экранов для ложа водохранилищ, относятся высокая стоимость пленки, ее повреждаемость, сползание водонасыщенного грунта по поверхности пленки и ряд других проблем [2].

Выводы

Площади посева риса за последние 15 лет снизились более чем в 2 раза, а потребление воды изменилось незначительно. Необходимость поддержания заданных горизонтов воды на рисовых системах зачастую вступает в противоречие с требованиями экономии оросительной воды. В условиях ухудшения технического состояния гидротехнических сооружений сбросных и оросительных каналов, плохого состояния водочета это приводит к большим производительным потерям.

Переувлажнение почв (естественное или антропогенное) наступает при влажности выше предельной полевой влагоемкости. Почва переходит в пластичное или текучее состояние. Меняются ее геологические, текстурные и другие параметры.

Из-за низкой фильтрации почв рисовой оросительной системы происходит подтопление прилегающих территорий. Подтопление земель особенно опасно в низовьях р. Кубань (пойменные земли), где грунтовые воды сильно минерализованы.

Нами проанализированы ранее проведенные исследования в области противофильтрационных конструкций. Получены расчетные зависимости для оценки водопроницаемости бетонопленочных облицовок и грунтопленочных экранов различными методами.

Противофильтрационные мероприятия были выбраны и обоснованы по методике, предложенной А.Г. Алимовым «Методика обоснования и выбора конструкций противофильтрационных облицовок каналов». Основываясь на методических указаниях и расчетном обосновании, была доказана высокая надежность и противофильтрационная эффективность конструкций облицовок с применением бетонопленочного покрытия и покрытия с применением железобетонных плит.

Список литературы

1. Алимов А.Г. Методика обоснования и выбора конструкций противофильтрационных облицовок каналов // Вестник РАСХН. – 2009. – № 3.
2. Белов В.А. Полимерные противофильтрационные устройства малых водоемов в сложных инженерно-геологических условиях: диссертация кандидата технических наук. – Новочеркасск. 1984. – 270 с.
3. Водопользование на рисовых гидромелиоративных системах нижней Кубани: монография / Ю.А. Свистунов, А.Ю. Галкин, А.Ю. Свистунов, С.Н. Якуба. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – 295 с.
4. Косиченко Ю.М. Состояние и пути повышения технического уровня оросительных систем на юге России / Ю.М. Косиченко, Г.А. Сенчуков, А.С. Капустян // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2011. – № 4(04).
5. Мелиорации служить призваны. – Краснодар: Соната-принт, 2010. – 160 с.
6. Сафронова Т.И. Предупреждение потерь воды на каналах рисовых оросительных систем / Т.И. Сафронова, Г.В. Дегтярев // Научный электронный журнал КубГАУ. – 2006. – № 02(18).