

## ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫЕ ГРУНТОБЕНТОНИТОВЫЕ ЭКРАНЫ

*О.В. Зуев, В.М. Шипилов*  
САНИИРИ им. В.Д. Журина

*Грунтобentonитовые экраны представляют собой самостоятельные типы гибких покрытий, обеспечивающие исключение фильтрационных потерь водных ресурсов на малых каналах с земляным руслом.*

*Cement-bound screens represent the independent types of flexible coverings providing exception of filtrational losses of water resources on small channels with an earthen channel.*

В мировой практике мелиоративного строительства на всех этапах развития и становления человеческого общества всегда уделялось особое внимание проблемам снижения фильтрационных потерь из оросительных систем. Это объясняется не только необходимостью экономии природных ресурсов, к которым, несомненно, относится оросительная вода, но и для предотвращения пополнения грунтовых вод, способных вызвать засоление земель и снижение продуктивности сельхозугодий.

Особенно актуальна эта проблема для аридных зон, отличающихся ограниченностью водных ресурсов, диктующих необходимость вовлечения в практику строительства специальных мер, направленных на предотвращение или снижение фильтрационных потерь из оросительных систем. Эти меры предусматривают устройство различного вида экранов, завес, мембран, покрытий на основе различных материалов, способных противостоять природно-климатическим воздействиям и обеспечивать противофильтрационную защиту земляных русел каналов. При этом в противофильтрационную технику вовлекались и вовлекаются все известные разновидности строительных материалов и различные конструкции одежд. В 90-х годах прошлого столетия в мировой практике наметилась тенденция усложнения типов покрытий с вовлечением в строительство двух- и трехслойных покрытий, сочетающих в себе элементы абсолютно жестких и абсолютно гибких материалов. Это объясняется не интенсивностью внешних воздействий, а необходимостью воспринимать деформации оснований без нарушения целостности противофильтрационного экрана. На сегодняшнем этапе стоимость таких покрытий может составить от 7 до 20 тыс. сум/м<sup>2</sup>. При этом потери воды в зависимости от типа покрытий могут составить от 5 до 50 л/м<sup>2</sup> в сутки. В связи с этим становится актуальной задача поиска альтернативных технических решений взамен ресурсоемких бетонных одежд, а также новых типов противофильтрационных завес, обеспечивающих исключение потерь воды и резкое снижение материально-технических и финансовых ресурсов. Особенно актуально это направление в строительстве внутрихозяйственной оросительной сети, протяженность которой в Узбекистане более 135 тыс. км и не имеющей элементов покрытий.

Сотрудниками отдела Строительных материалов САНИИРИ были проведены исследования по использованию противофильтрационных грунтобentonитовых облицовок и экранов с использованием различных марок бентонитов производства Узбекско-Швейцарской фирмы «Бентонит» на основе карьерных глин, расположенных в Карманинском районе Бухарского вилоята на территории колхоза Ибн-Сино.

При проведении исследований главными критериями оценки приемлемости вариантов технических решений являются:

1. доступность на внутренних рынках республики;
2. доступность сырьевых ресурсов по дефицитности;

3. доступность по экономическим параметрам;
4. доступность по экологическим параметрам;
5. доступность по технологическим параметрам;
6. противofильтрационная эффективность
7. годовая стоимость покрытий.

При этом главной задачей исследований является разработка и выбор противofильтрационного экрана с обеспечением нижеследующих параметров по сравнению с бетонными покрытиями не менее:

1. снижение фofильтрационных потерь - 2-10 раз;
2. снижение себестоимости - 5-7 раз;
3. снижение годовой стоимости покрытий с учетом потерь воды - 2-5 тыс. сум
4. получение годового экономического эффекта - 2-3 тыс. сум

В табл.1 приводятся данные влияния добавок модифицированных бентонитов марок ПБМБ ГОСТ 25795-83 на фofильтрационные потери воды в зависимости от количества добавок в размере от 10 до 18 % от веса грунта с их равномерным введением по толщине в 10 см. При этом расход глин бентонитов составлял от 15 до 27 кг/м<sup>2</sup>. В зависимости от принятых добавок бентонита ПБМБ фofильтрационные суточные потери составляют 20-0,0 л/м<sup>2</sup>/сутки. Это в 5-100 раз эффективней применения монолитных бетонов. Из исследованных составов этой серии испытаний наиболее эффективной по технико-экономическим параметрам, учитывающим стоимость годовых потерь воды, является 10 %-ная добавка бентонита, обеспечивающая предполагаемую годовую стоимость покрытий с учетом потерь воды в размере 294 сум/м<sup>2</sup> против 585 сум/м<sup>2</sup>, приходящихся на бетонные покрытия. Изучая данные (табл. 1) и учитывая склонность бентонитов к миграции в поверхностные слои покрытий, нами в последующих сериях были проведены исследования по «погребенным» экранам с концентрацией вещества в средней части покрытия. В табл. 2 приведены результаты испытаний таких экранов с бентонитами в количестве от 1,5 до 10 кг на 1 м<sup>2</sup>. При этом оптимальным вариантом по технико-экономическим показателям признается вариант с 8 кг расхода бентонита, обеспечивающий снижение потерь воды по сравнению с контрольным грунтом в 4334 раза и в 23 раза по сравнению с бетоном при годовой стоимости 124 сум/м<sup>2</sup>.

Для расширения диапазона применимости грунтобентонитовых экранов на следующей стадии исследований были проведены эксперименты с бентонитовыми порошками ПБВ, отличающимися более низкой стоимостью и более низкой набухаемостью. В процессе исследований «погребенных» экранов с немодифицированными глинами ПБВ апробировалось 8 вариантов технических решений с использованием отсыпки глинопорошков в центральной части покрытий, т.е. на глубине 5 см в количествах от 5 до 12 кг. Результаты исследований с глинопорошками марок ПБВ приведены в табл. 3. Как это видно из приведенной таблицы в принятом диапазоне расхода этих материалов наблюдается потеря воды в количествах от 273 до 0,92 л/м<sup>2</sup>/сутки или в среднем от 57 до 0,2 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup> в сезон.

При этом оптимальным вариантом технического решения с учетом потерь воды является вариант с 9 кг бентонита марки ПБВ, обеспечивающий годовые потери воды в количествах 2,23 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup> и годовую стоимость экрана в пределах 108 сум/м<sup>2</sup>. Наблюдалось полное исключение фofильтрации при применении порошков этих марок при расходах до 15 кг/м<sup>2</sup>.

Для этих же целей нами были апробированы глинопорошки марок ПБГ с максимальной стоимостью 1 тонны не выше 60 долларов и набухаемостью не выше 8 раз.

В серии экспериментов с экранами на основе бентонитов марок ПБГ апробировались варианты в диапазоне их расходов от 8 до 16 кг/м<sup>2</sup> (табл. 4). При этом наблюдаемые потери воды в зависимости от принятых расходов составили от 763 до

1,12 л.м<sup>2</sup>/сутки. Оптимальными вариантами признаны расходы материалов в пределах от 14 до 16 кг, обеспечивающие годовые потери воды от 5,14 до 0,33 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup> и годовую себестоимость покрытий в пределах 137-169 сум/м<sup>2</sup> (табл.3-4).

Таким образом, все серии экспериментов грунтобентонитовых экранов, завес и покрытий на основе отечественных бентонитов трех марок показали, что в оптимальных количествах они обеспечивают высокие показатели эксплуатационно-технических свойств. По сравнению с бетонами снижают материалоемкость не менее 20-25 раз, себестоимость - в 5-7 раз, потери воды в 30-70 раз и увеличивают экономический эффект при любом принятом сроке службы покрытий.

Экспериментально-производственные исследования по отработке технологических режимов и параметров производства, показали возможность производства элементов разработанных противофильтрационных экранов в условиях построечных полигонов или централизованных баз АВП с организацией их при минимуме финансовых затрат на приобретение технологической оснастки и оборудования. Разработанные экраны могут эффективно использоваться на крупных магистральных каналах с обеспечением высокой эффективности водосбережения и значительного снижения трудовых, финансовых и ресурсных затрат.

Таблица 1

Влияние добавок бентонитовых глин марок ПБМБ равномерно рассеянных в толще грунта толщиной 10 см

| Количество<br>добавки,<br>% | Потери воды на<br>фильтрацию |                           |                           | Годовые<br>потери в<br>сезон,<br>м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> | Годовая<br>стоимость<br>потерь<br>воды,<br>сум/м <sup>2</sup> | Расход<br>материала<br>,<br>кг/м <sup>2</sup> | Стоимость<br>основных<br>материалов,<br>сум/м <sup>2</sup> | Заработная<br>плата,<br>сум/м <sup>2</sup> | Транспорт<br>и<br>механизм<br>ы,<br>сум/м <sup>2</sup> | Итого<br>стоимость<br>,<br>сум/м <sup>2</sup> | Предполага<br>емая<br>годовая<br>стоимость с<br>учетом<br>потерь,<br>сум/м <sup>2</sup> |
|-----------------------------|------------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
|                             | г/м <sup>2</sup><br>мин.     | л/м <sup>2</sup><br>в час | л/м <sup>2</sup><br>сутки |                                                                 |                                                               |                                               |                                                            |                                            |                                                        |                                               |                                                                                         |
| 10                          | 13,8                         | 0,83                      | 20                        | 4,2                                                             | 42                                                            | 15                                            | 2100                                                       | 210                                        | 210                                                    | 2520                                          | 294                                                                                     |
| 11                          | 11,8                         | 0,71                      | 17                        | 3,57                                                            | 36                                                            | 16,5                                          | 2310                                                       | 230                                        | 230                                                    | 2770                                          | 312,7                                                                                   |
| 12                          | 9,66                         | 0,58                      | 14                        | 2,94                                                            | 30                                                            | 18,0                                          | 2520                                                       | 250                                        | 250                                                    | 3020                                          | 331,4                                                                                   |
| 13                          | 7,66                         | 0,46                      | 11                        | 2,31                                                            | 23                                                            | 19,5                                          | 2730                                                       | 270                                        | 270                                                    | 3270                                          | 350,1                                                                                   |
| 14                          | 6,25                         | 0,375                     | 9                         | 1,89                                                            | 19                                                            | 21,0                                          | 2940                                                       | 290                                        | 290                                                    | 3520                                          | 371                                                                                     |
| 15                          | 3,5                          | 0,21                      | 5                         | 1,05                                                            | 10,5                                                          | 22,5                                          | 3150                                                       | 320                                        | 320                                                    | 3790                                          | 389,5                                                                                   |
| 16                          | 2,42                         | 0,145                     | 3,5                       | 0,73                                                            | 7,3                                                           | 24,0                                          | 3360                                                       | 340                                        | 340                                                    | 4040                                          | 407,3                                                                                   |
| 17                          | 0,12                         | 0,08                      | 2                         | 0,42                                                            | 4,2                                                           | 25,5                                          | 3570                                                       | 360                                        | 360                                                    | 4290                                          | 433,2                                                                                   |
| 18                          | -                            | -                         | 0                         | -                                                               | -                                                             | 27                                            | 3780                                                       | 380                                        | 380                                                    | 4540                                          | 454                                                                                     |

Таблица 2

Влияние добавок модифицированных бентонитовых глин марок ПБМБ ГОСТ 25795-83 на фильтрационные потери воды в конструкциях погребенных экранов с промежуточным слоем глин при различных её расходах

| Количество<br>добавки,<br>% | Потери воды на<br>фильтрацию |                           |                           | Годовые<br>потери в<br>сезон,<br>м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> | Годовая<br>стоимость<br>потерь<br>воды,<br>сум/м <sup>2</sup> | Расход<br>материала<br>кг/м <sup>2</sup> | Стоимость<br>основных<br>материалов<br>сум/м <sup>2</sup> | Заработная<br>плата,<br>сум/м <sup>2</sup> | Транспорт и<br>механизмы,<br>сум/м <sup>2</sup> | Итого<br>стоимость<br>сум/м <sup>2</sup> | Предполага<br>емая годовая<br>стоимость<br>экрана,<br>сум/м <sup>2</sup> | Суммарна<br>я годовая<br>стоимость<br>с учетом<br>потерь,<br>т/сум/м <sup>2</sup> |
|-----------------------------|------------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
|                             | г/м <sup>2</sup><br>мин.     | л/м <sup>2</sup><br>в час | л/м <sup>2</sup><br>сутки |                                                                 |                                                               |                                          |                                                           |                                            |                                                 |                                          |                                                                          |                                                                                   |
| 1,0                         | 1600                         | 96000                     | 2304                      | 483                                                             | 4830                                                          | 1,5                                      | 180                                                       | 18                                         | 18                                              | 216                                      | 216                                                                      | 4852                                                                              |
| 2,0                         | 1050                         | 63000                     | 1512                      | 317,5                                                           | 3175                                                          | 3                                        | 360                                                       | 24                                         | 24                                              | 288                                      | 288                                                                      | 3238                                                                              |
| 2,33                        | 470                          | 28200                     | 647                       | 135,8                                                           | 1360                                                          | 4                                        | 480                                                       | 36                                         | 36                                              | 432                                      | 43                                                                       | 1403                                                                              |
| 3,3                         | 150                          | 9000                      | 216                       | 45,4                                                            | 454                                                           | 5                                        | 600                                                       | 60                                         | 60                                              | 720                                      | 72                                                                       | 526                                                                               |
| 4,0                         | 62                           | 3720                      | 89,20                     | 18,69                                                           | 187                                                           | 6                                        | 720                                                       | 72                                         | 72                                              | 864                                      | 86                                                                       | 273                                                                               |
| 5,4                         | 19                           | 1170                      | 27,4                      | 5,75                                                            | 57,5                                                          | 7                                        | 840                                                       | 84                                         | 84                                              | 1008                                     | 101                                                                      | 158,5                                                                             |
| 5,4                         | 3                            | 180                       | 4,32                      | 0,907                                                           | 9,0                                                           | 8                                        | 960                                                       | 96                                         | 96                                              | 1152                                     | 115                                                                      | 124                                                                               |
| 6                           | 0                            | 0                         |                           |                                                                 |                                                               | 9                                        | 1080                                                      |                                            |                                                 |                                          | 129,6                                                                    | 130                                                                               |

Таблица 3

Влияние добавок бентонитовых глин марок ПБВ ГОСТ 25796.0-83 на фильтрационные потери воды  
в конструкциях погребенных экранов с промежуточным слоем глин при различных её расходах

| Количество<br>добавки, % | Потери воды на<br>фильтрацию |                           |                           | Годовые<br>потери в<br>сезон, м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> | Расход<br>материала,<br>кг/м <sup>2</sup> | Стоимость<br>основных<br>материалов,<br>сум/м <sup>2</sup> | Заработная<br>плата,<br>сум/м <sup>2</sup> | Транспорт и<br>механизмы,<br>сум/м <sup>2</sup> | Итого<br>стоимость,<br>сум/м <sup>2</sup> | Предполагаема<br>я годовая<br>стоимость с<br>учетом потерь,<br>сум/м <sup>2</sup> |
|--------------------------|------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
|                          | г/м <sup>2</sup><br>мин.     | л/м <sup>2</sup><br>в час | л/м <sup>2</sup><br>сутки |                                                              |                                           |                                                            |                                            |                                                 |                                           |                                                                                   |
| 5                        | 190                          | 11,4                      | 273,4                     | 57,4                                                         | 5                                         | 400                                                        | 40                                         | 40                                              | 480                                       | 622,0                                                                             |
| 3                        | 79                           | 4,74                      | 113,8                     | 23,9                                                         | 6                                         | 480                                                        | 48                                         | 48                                              | 576                                       | 297,0                                                                             |
| 7                        | 25                           | 1,5                       | 36,0                      | 7,56                                                         | 7                                         | 560                                                        | 56                                         | 56                                              | 672                                       | 143,0                                                                             |
| 8                        | 12                           | 0,72                      | 17,3                      | 3,57                                                         | 8                                         | 640                                                        | 64                                         | 64                                              | 768                                       | 113,0                                                                             |
| 9                        | 7,4                          | 0,44                      | 10,6                      | 2,23                                                         | 9                                         | 720                                                        | 72                                         | 72                                              | 864                                       | 108                                                                               |
| 10                       | 4,7                          | 0,28                      | 6,72                      | 1,41                                                         | 10                                        | 800                                                        | 80                                         | 80                                              | 960                                       | 110                                                                               |
| 11                       | 2,2                          | 0,13                      | 3,12                      | 0,65                                                         | 11                                        | 880                                                        | 88                                         | 88                                              | 1056                                      | 113                                                                               |
| 12                       | -                            | 0,04                      | 0,96                      | 0,201                                                        | 12                                        | 960                                                        | 96                                         | 96                                              | 1152                                      | 117                                                                               |

Таблица 4

Влияние добавок бентонитовых глин марок ПБГ ГОСТ 25796.5-83 на фильтрационные потери воды  
в конструкциях погребенных экранов с промежуточным слоем глин при различных её расходах

| Количество<br>добавки, % | Потери воды на<br>фильтрацию |                           |                           | Годовые<br>потери в<br>сезон,<br>м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> | Стоимость<br>годовых<br>потерь<br>воды,<br>сум/м <sup>2</sup> | Расход<br>материала,<br>кг/м <sup>2</sup> | Стоимость<br>основных<br>материалов,<br>сум/м <sup>2</sup> | Заработная<br>плата,<br>сум/м <sup>2</sup> | Транспорт<br>и<br>механизмы,<br>сум/м <sup>2</sup> | Итого<br>стоимость,<br>сум/м <sup>2</sup> | Предполагаемая<br>годовая<br>стоимость с<br>учетом потерь,<br>сум/м <sup>2</sup> |
|--------------------------|------------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
|                          | г/м <sup>2</sup><br>мин.     | л/м <sup>2</sup><br>в час | л/м <sup>2</sup><br>сутки |                                                                 |                                                               |                                           |                                                            |                                            |                                                    |                                           |                                                                                  |
| 8                        | 530                          | 31,8                      | 763                       | 160,2                                                           | 1602                                                          | 8                                         | 560                                                        | 56                                         | 56                                                 | 672                                       | 1667                                                                             |
| 9                        | 270                          | 16,2                      | 389                       | 81,7                                                            | 817                                                           | 9                                         | 630                                                        | 63                                         | 63                                                 | 756                                       | 893                                                                              |
| 10                       | 175                          | 10,5                      | 252                       | 52,9                                                            | 529                                                           | 10                                        | 700                                                        | 70                                         | 70                                                 | 840                                       | 613                                                                              |
| 11                       | 94                           | 5,64                      | 135,4                     | 28,3                                                            | 283                                                           | 11                                        | 770                                                        | 77                                         | 77                                                 | 914                                       | 374                                                                              |
| 12                       | 46                           | 2,76                      | 66,2                      | 13,9                                                            | 139                                                           | 12                                        | 840                                                        | 84                                         | 84                                                 | 1008                                      | 240                                                                              |
| 13                       | 3,1                          | 1,86                      | 44,6                      | 9,37                                                            | 93,7                                                          | 13                                        | 910                                                        | 91                                         | 91                                                 | 1092                                      | 203                                                                              |
| 14                       | 17                           | 1,02                      | 24,5                      | 5,14                                                            | 51,4                                                          | 14                                        | 980                                                        | 98                                         | 98                                                 | 1176                                      | 169                                                                              |
| 15                       | 3,1                          | 0,176                     | 4,23                      | 0,89                                                            | 8,9                                                           | 15                                        | 1050                                                       | 100                                        | 100                                                | 1250                                      | 134                                                                              |
| 16                       | 0                            | 0,046                     | 1,11                      | 0,33                                                            | 3,3                                                           | 16                                        | 1120                                                       | 112                                        | 112                                                | 134                                       | 137                                                                              |

*ЛИТЕРАТУРА:*

1. Фазилова З.Т., Лем Р.А. Разработка составов вяжущего для закрепления откосов каналов в несвязных грунтах // Вопросы применения полимерных материалов в мелиорации земель. – Елгава, 1988.
2. Махмудов Ш.М., Коренева Л.А., Шипилов В.М. Рекомендации по антифильтрационным покрытиям каналов на основе латексных композиций / САНИИРИ. – Ташкент, 1987.