

Моделирование трансформации расчётного паводка по схеме Правил Использования Водных Ресурсов показало, что при использовании этих правил Краснодарский гидроузел утратил требуемую надёжность и требуется их пересмотр.

Проведённое моделирование трансформации паводка водохранилищем позволяет сделать вывод, что предварительное его опорожнение перед пиком паводка по данным об осадках на выбранных метеостанциях-предикторах вполне возможно и понижает степень использования противопаводочной ёмкости, что в целом понижает риски гидроузла и окружающей территории, не понижая обеспеченности плановой водоотдачи.

5.3. Оценка эффективности биоинженерных сооружений на мелиоративных системах на водосборе средней реки (Глазунова И.В., Карпенко Н.П.)

Охрана водных ресурсов является один из важнейших факторов экономического и социального развития территорий, при выполнении которого необходимо предупреждение истощения и ухудшения качества поверхностных вод и изменение его гидрологического режима. Для Белгородской области вопросы загрязнения водных ресурсов являются актуальными, поскольку в реки поступает большое количество загрязнений и основными загрязнителями являются сточные воды с сельскохозяйственных и мелиорированных территорий: хозяйственно-бытовые, животноводческих ферм и промышленность. На ухудшение качества поверхностных вод существенно влияет объемы загрязняющих веществ, поступающих в виде дренажно-сбросных вод мелиоративных систем.

Целью исследований является оценка эффективности биоинженерных сооружений на мелиоративных системах реки Северный Донец Белгородской

области, которое представляется актуальной проблемой и которое позволит решить экологические проблемы.

Река Северский Донец берет свое начало в Белгородской области, протекает по Харьковской, Донецкой, Ворошиловоградской областям Украины и Ростовской области России. Рассматривается бассейн реки Северский Донец расположен области. Река Северский Донец в пределах Белгородской области имеет длину 100 км, водосборную площадь 6280 км².

Основными притоками реки Северский Донец в Белгородской области являются реки Сажновский Донец, Везелка, Разумная, Топлинка, Нежеголь.

Для решения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

- провести обоснование мероприятий по рационализации использования водных ресурсов, а также водосберегающих мероприятий в мелиорации для бассейна р. Северский Донец в Белгородской области;

- выполнить анализ использования водных ресурсов бассейна в современных условиях и на перспективу, включая рассмотрение влияние сельскохозяйственной деятельности на водосборе на сток реки;

- составить водохозяйственные балансы и на их основе выявить основные проблемы при использовании водных ресурсов на объекте;

- разработать комплекс водоохраных мероприятий для решения выявленных проблем при использовании водных ресурсов;

- провести анализ эффективности применения биоинженерных сооружений для доочистки дренажного стока с мелиоративных систем и других водопользователей;

- выполнить оценку эффективности использования биоинженерных сооружений на мелиоративных системах на основе комплексного подхода.

На территории бассейна реки Северский Донец главным видом деятельности является сельское хозяйство, которое представлено различными сельхозпредприятиями, занимающимися производством овощей, зерновых, кормовых и технических культур. Развитие растениеводства в значительной

степени базируется на орошаемых землях. В сельском хозяйстве развиты не так много отраслей: мясомолочное животноводство, птицеводство, пчеловодство.

Водопотребителями в сельском хозяйстве являются животноводческие фермы, растениеводство (орошение) и приусадебные участки.

Площадь, занятая сельхозугодиями составляет 502,4 тыс. га (80% от общей площади объекта), в том числе площадь богарных земель, площадь орошаемых земель и площадь осушаемых земель. Согласно административной карте, площадь лесов составляет 81,6 тыс. га (13%).

По Реймерсу экологически оптимальный диапазон естественных угодий составляет 45...50%. Соответственно прогноз развития растениеводства на 15 лет вперед составлен из условия увеличения площади естественных угодий на 3,3%. Площадь орошения в прогнозе увеличивается на 10%. Соответственно площадь богарных земель уменьшается.

Основными сельскохозяйственными культурами являются зерновые культуры и многолетние травы.

Объем воды, необходимый на орошение, может определяться как:

$$W_{ор}^{трав} = \frac{M \cdot F_{ор}}{\eta}; \quad (5.11)$$

$$W_{ор}^{зерн} = \frac{M \cdot F_{ор}}{\eta}; \quad (5.12)$$

где: η – КПД оросительной системы, $\eta = 0,85$; M – оросительная норма, м³/га; $F_{ор}$ – площадь орошения, занятая конкретными культурами.

Объем возвратных вод определяется с учетом коэффициента возвратных вод записывается в виде:

$$W_{ор}^{вв} = K_{вв} \cdot W_{ор}, \quad (5.13)$$

где: $K_{вв} = 0,1$.

Сточные воды водопользователей сильно загрязнены различными ингредиентами, включающие биогенные и не биогенные вещества. Несмотря на существующие очистные сооружения, есть опасность загрязнения

поверхностных вод объекта стоками. Качество сточных вод оценивается на основе сравнения концентраций загрязняющих веществ с предельно-допустимой концентрацией (ПДК).

Для оценки качества сточных вод используется специальный показатель, позволяющий оценить качество сточных вод в целом по наиболее опасному веществу. Кроме того, качество сточных вод может быть определено по объему воды, необходимой для разбавления поступающих стоков до условно чистого состояния.

Объем разбавления определяется по формуле:

$$W_{ПЗ} = K_{ПЗ} \cdot W_{вв}, \quad (5.14)$$

где: $K_{разб}$ – коэффициент, учитывающий максимально требуемую кратность разбавления по загрязняющим веществам в сточных водах.

Коэффициент разбавления имеет следующий вид:

$$K_{ПЗ} = \frac{C_{вв} - C_{доп}}{C_{доп} - C_{фон}}, \quad (5.15)$$

где: $C_{вв}$ – Концентрация i -го загрязняющего вещества в сточных (возвратных водах), мг/л; $C_{доп}$ – допустимая концентрация i -го загрязнителя для заданной категории водопользователей, мг/л;

$C_{загр}$ по лимитирующему признаку вредности (ЛПВ) делятся на следующие группы: органолептические, общесанитарные, санитарно-токсикологические, токсикологические и рыбохозяйственные.

В работе объекту присвоена категория водного объекта, использующегося в водохозяйственных целях.

$$C_{допi} = \frac{ПДК}{n}, \quad (5.16)$$

где: n – число загрязнителей, относящихся к одной группе ЛПВ; $C_{фонi}$ – фоновая концентрация i -го загрязняющего вещества в реке до сброса в нее возвратных вод с объекта, мг/л.

Проведенные водно-балансовые расчеты показали, что в настоящее время происходит загрязнение реки сточными водами, поэтому необходимо

разработать комплекс методов для снижения антропогенной нагрузки на водный объект.

Основными управляющими воздействиями, которые направлены на экономию водных ресурсов и снижение антропогенной нагрузки, являются:

- повышение эффективности очистных сооружений городских населённых пунктов и строительство очистных сооружений в сельских населённых пунктах;
- строительство дренажа на орошаемых землях с частичным внутрисистемным использованием дренажного стока;
- введение оборотных систем в промышленности и орошении;
- повторное использование животноводческих стоков для нерегулярного орошения.

В результате учёта эффективности предложенного комплекса водохозяйственных и водоохраных мероприятий качество воды в реке соответствует категории «умеренно грязная».

Для повышения качества водных ресурсов предполагается использование биоинженерных сооружений (БИС), которые при постоянном движении жидкости в них обеспечивают очистку в горизонтальной плоскости при прохождении через заросли растений и в вертикальной плоскости через корнеобитаемый слой, насыщенный микрофлорой, и фильтрующую засыпку [64]. Без учёта БИС после третьего метода управления не удалось достичь качества воды «чистая», вода относится к классу «загрязненная и грязная», однако с учётом БИС вода стала относиться к классу «чистая» и «очень чистая».

Подбор параметров БИС для очистки возвратных вод различных участников водопользования в бассейне реки Северский Донец был проведен с использованием программы БИС Excel [32, 62, 95].

Для решения этой задачи были определены характеристики загрязняющей и гидравлической нагрузки на БИС и рассчитаны необходимые размеры сооружения, объемы земляных работ, потребности в материалах и затраты на создание сооружений. Исходными данными для расчетов являются

составляющие водохозяйственного баланса 75% и 95% обеспеченности, а также показатели загрязненности сточных вод различных участников ВХК.

При предложенном подходе методами управления ВХБ будет создание БИС для очистки возвратных с мелиоративных систем различных и других участников водопользования. Расчет параметров БИС для доочистки дренажного стока выполняется по фосфору при концентрации фосфора в дренажном стоке $C_p=0,08$ мг/л при объёме дренажного стока 3,4 млн. м³, площади орошаемых земель с дренажом на объекте 502,4 га и периоде работы дренажа 190 сут [32, 64, 95].

Полученные расчетные характеристики биоинженерного сооружения приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2

Расчетные параметры БИС для очистки дренажного стока

| Параметры БИС | Значение параметра | Примечания |
|-------------------------------------|--------------------------|---|
| Тип сооружения | Каскад каналов–биопрудов | Глубина воды в биоплато $h=1,5$ м ширина по гребню $b=2$ м высота сооружения $h_d=1,8$ м толщина фильтрующей засыпки $h_\phi=0,2$ м |
| Площадь подошвы, м ² | 1482 | |
| Количество секций | 4 | |
| Площадь секции | 3027 | |
| Площадь землеотвода, м ² | 12107,28 | |
| Площадь по дну, м ² | 1600 | |

На площадь орошаемых земель на дренажной системе рекомендуется устанавливать 1 сооружение. Водохозяйственный баланс с учётом методов управления года 75% обеспеченности с учётом эффективности БИС представлен в таблице 5.3.

В результате учёта эффективности предложенного комплекса водохозяйственных и водоохраных мероприятий качество воды в реке соответствует категории «чистая». Динамика предельной загрязненности при проведении водохозяйственных мероприятий приведена графически на рисунке 5.6.

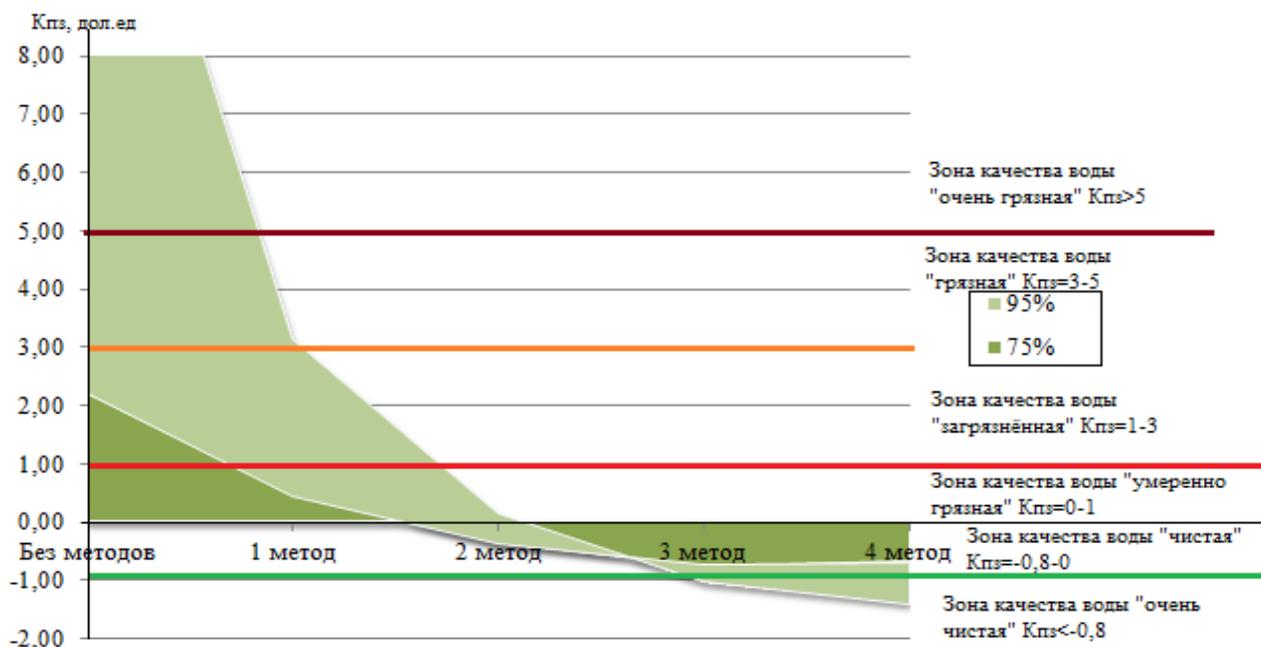
Таблица 5.3

**Водохозяйственный баланс с учетом методов управления 75%
обеспеченности с учетом эффективности БИС [15]**

| Статьи баланса | Объёмы, млн. | | | | |
|---------------------------|--------------|---------|---------|--------|--------|
| | БВХМ | 1 ВХМ | 2 ВХМ | 3ВХМ | 4 ВХМ |
| I. Приходная часть | | | | | |
| ВХБ | 107,94 | 107,94 | 107,94 | 107,94 | 107,94 |
| ВХБ _к | -1520,0 | -298,04 | -49,69 | 53,85 | 106,75 |
| К _{пз} | 10,42 | 2,11 | 0,42 | -0,35 | -0,72 |
| I. Приходная часть | | | | | |
| ВХБ | -20,32 | -20,32 | -20,32 | -20,32 | 0,00 |
| ВХБ _к | - 1648,32 | -426,30 | -177,95 | -74,41 | -0,78 |
| К _{пз} | 12,08 | 2,56 | 0,46 | -0,31 | -0,65 |



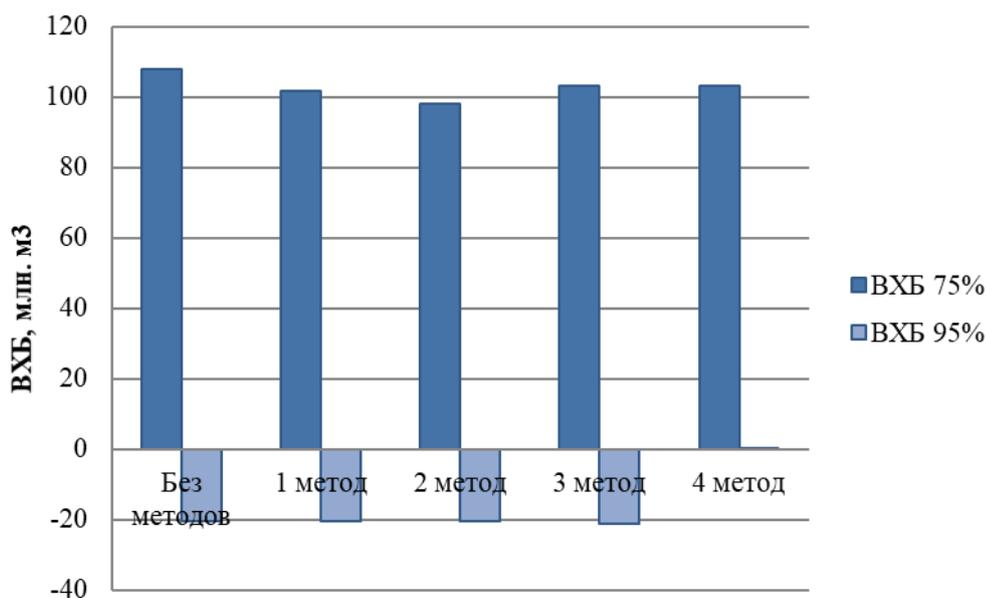
а) без учета БИС на мелиоративных системах



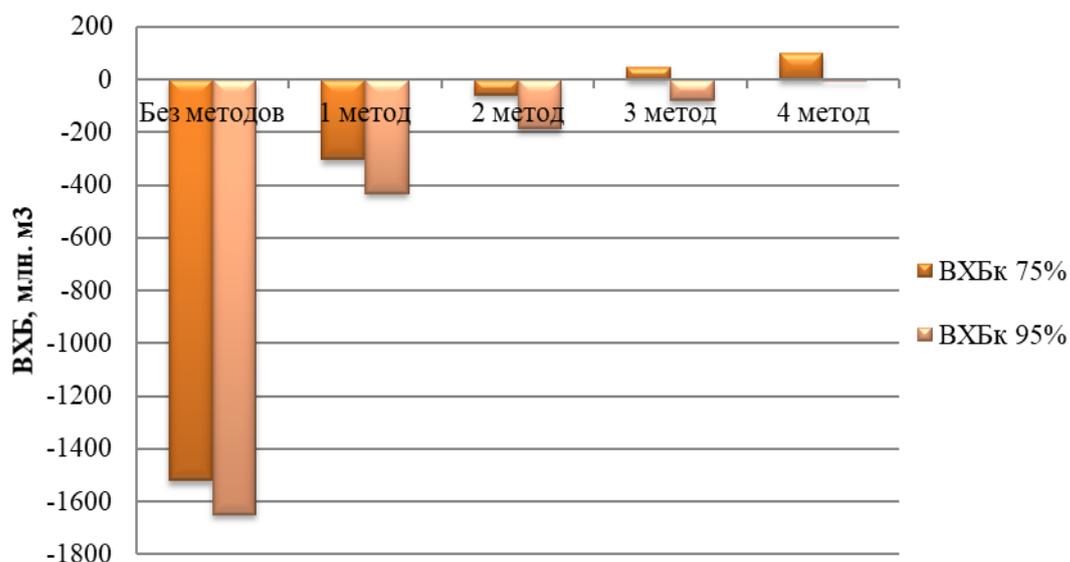
б) с учетом БИС на мелиоративных системах

Рисунок 5.6 – График изменения коэффициента предельной загрязненности при проведении водохозяйственных мероприятий

С учетом эффективности запроектированных БИС на 3-м методе управления вода относится к классу умеренно чистая для 75% и загрязненная для 95%, а для 4-го метода вода относится к классу очень чистая для лет 75% и 95% обеспеченности по стоку реки.



а) без учета качества воды



б) с учетом качества воды

Рисунок 5.7 – График изменения VХБ при проведении водохозяйственных мероприятий с учетом БИС

Анализ эффективности биоинженерных сооружений представлен в таблице 5.4.

Таблица 5.4

Анализ эффективности водохозяйственных мероприятий и БИС на мелиоративных системах

| | КПЗ 75% | | | КПЗ 95% | | |
|-------------|---------------|--------------|---------------|---------------|--------------|---------------|
| | Без учета БИС | С учетом БИС | Эффективность | Без учета БИС | С учетом БИС | Эффективность |
| Без методов | 10,42 | 10,42 | - | 12,08 | 12,08 | - |
| 1-ый метод | 3,42 | 2,2 | 35% | 4,05 | 2,69 | 33% |
| 2-ой метод | 2,37 | 0,45 | 81% | 2,85 | 0,5 | 82% |
| 3-ий метод | 0,92 | -0,36 | 100% | 1,19 | -0,3 | 100% |
| 4-ый метод | 0,58 | -0,73 | 100% | 1,17 | -0,65 | 100% |

При анализе влияния БИС на эффективность водохозяйственных мероприятий выявлено, что БИС повышают их эффективность на 50...100% по снижению загрязняющей нагрузки на реку (рисунок 5.8).

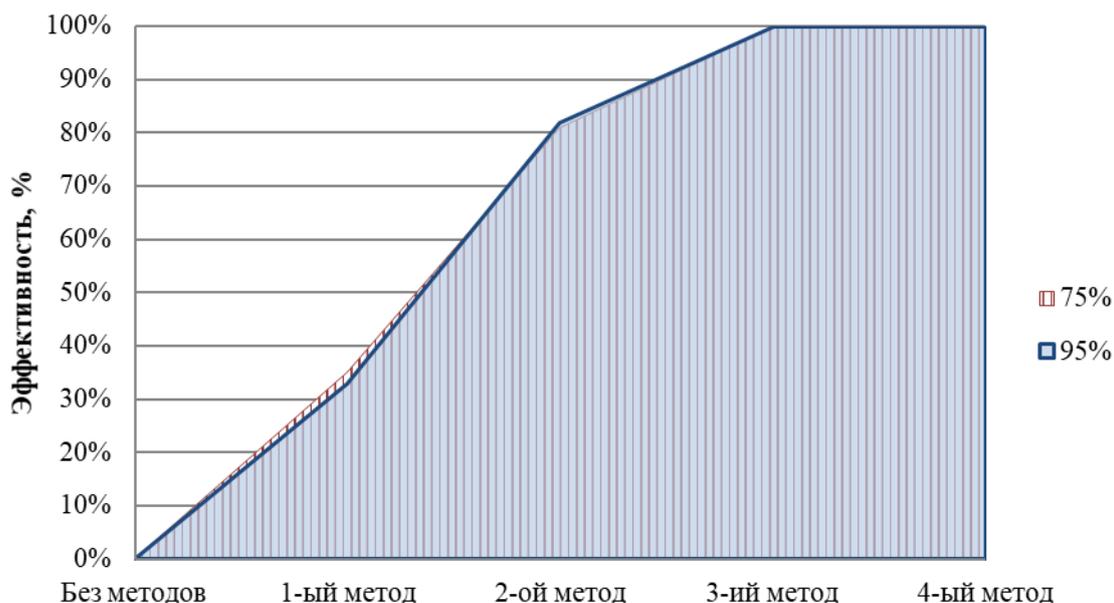


Рисунок 5.8 – График эффективности биоинженерных сооружений

Для выполнения поставленной цели «Разработка водоохраных мероприятий для бассейна реки Северский Донец Белгородской области» в работе были поставлены и решены следующие задачи:

1. Выполнен анализ использования водных ресурсов бассейна в современных условиях и на перспективу до 2030 года, с учётом принятого прогноза увеличение численности населения с 589 до 608 тыс. чел. на основании комплексного подхода и в составе ОВОС, учтено истощение речного стока в результате водозабора подземных вод, а также влияние антропогенной деятельности на водосборе.

2. Подземные воды используются для нужд города, села, промышленности и рекреации в объёме 52,09 млн. м³, истощение речного стока составляет 11,24, а на перспективу – 12,11, влияние антропогенной деятельности – 11,27 мм для года 75% обеспеченности и –14,17 мм для 95% обеспеченности.

В результате составления водохозяйственных балансов выявлены основные проблемы при использовании водных ресурсов на объекте:

- в год 95% обеспеченности на современный период выявлен дефицит воды в объёме 15,92 млн. м³, на перспективу 30,35 млн. м³;

- по результатам расчёта $K_{пз}$ на современный период вода относится к категории «грязная» $K_{пз} = 4,18$, а на перспективу «очень грязная» $K_{пз}=9,18$.

3. Разработаны водоохранные мероприятия в составе схемы использования водных ресурсов, направленные на снижение загрязняющей нагрузки на реку и обеспечивающие экономию водных ресурсов [62]. Выявлены дополнительные ресурсы для ликвидации возможных дефицитов воды:

- внедрение наилучших доступных технологий, такие как: модернизация очистных сооружений, с существующей эффективностью 80...87% до эффективности 95%. Строительство очистных сооружений для сельских населённых пунктов с эффективностью 95%;

- строительство дренажа на орошаемых землях; сбор дренажного стока 60%, накопление в прудах накопителях и повторное использование для нерегулярного орошения.

4. Проверена эффективность рекомендуемого комплекса водоохранных мероприятий на основе комплексного подхода по $K_{пз}$, которая оказалась недостаточной, т.к. качество воды с учётом эффективности водоохранных мероприятий изменилась с категории «очень грязная» до категории «грязная».

5. Рассчитаны основные параметры БИС, площадь землеотвода и суммарные затраты для трёх участников водопользования СКБХ, животноводства и дренажа на орошаемых землях. Учтена в эффективность доочистки сточных вод, которая вместе с выше предложенным комплексом водоохранных мероприятий позволяет достичь качество воды в реке категории «чистая» и «очень чистая».

6. Эффективность предложенных водоохранных мероприятий проанализировано как с учётом антропогенной деятельности, так и с учётом доочистки сточных вод на БИС по сравнению с базовыми вариантами и

составляет от 70% до 85% по методам управления и от 60% до 70% по участкам реки по $K_{пз}$ [63].

7. Выполнена оценка воздействия на окружающую среду при загрязнении реки по её длине по фосфору. Предложенный комплекс водоохранных мероприятий позволяет достичь олиготрофной стадии развития для реки по всей длине [34, 36, 100].

8. Экономические оценки показали, что стоимость дополнительной очистки сточных вод на сооружениях составляет не более 1% от суммарных затрат на рекомендованный комплекс водоохранных мероприятий.

5.4. Оценка влияния климатических изменений на безопасность гидротехнических сооружений малых водосборов (Горская В.А., Ильинич В.В., Павлова А.В., Перминов А.В.)

В период семидесятых-восьмидесятых годов прошлого века в стране наблюдалась наивысшая интенсивность строительства мелиоративных объектов, в частности ирригационных прудов и малых водохранилищ с сооружениями в виде плотин 4 класса. При проектировании водосбросных сооружений использовались нормативные документы прошлых лет издания [144, 146]. В этих документах для малых водосборов площадью менее 200 км² применялась так называемая формула предельной интенсивности для расчёта максимальных расходов воды дождевых паводков, в которой основополагающим параметром является максимальные суточные осадки 1% обеспеченности. Следует заметить, что на водосборах такой площади максимальный расход дождевых паводков в большинстве случаев заметно превосходит максимальный расход половодья на территориях Европейской части России, где требуется орошение. Поэтому именно максимальные расходы воды дождевых паводков 1%-ой вероятности превышения ($Q_{1\%}$) чаще всего определяли размеры водосбросных устройств плотин четвёртого класса.