

ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО,
ГИДРАВЛИКА И ИНЖЕНЕРНАЯ ГИДРОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 627.51

doi: 10.31774/2712-9357-2026-16-3-391-408

**Оптимизация заполнения аккумулирующих прудов-накопителей
для эффективной защиты от паводковых явлений**

Мосааб Елбашир Черги¹, Михаил Александрович Бандурин²

^{1, 2}Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар,
Российская Федерация

¹cherguimossaab1@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0004-1384-2423>

²chepura@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0986-8848>

Аннотация. Цель: количественная оценка эффективности использования сети прудов-накопителей для снижения максимальных уровней воды в речном русле в период половодья и уменьшения затопления прилегающих сельскохозяйственных территорий. **Материалы и методы.** В качестве исходных данных использованы характеристики паводков низкого класса опасности. Расчет максимального дождевого стока заданной вероятности превышения выполнен по методике «Указаний по расчету дождевых расходов» (Главтранспроект, Союздорпроект). Предложенный подход предусматривает каскадное размещение аккумулирующих емкостей по длине водотока от истока до устья, что позволяет поэтапно перераспределять дополнительный объем воды, поступающий в русло в период обильных осадков, снижать гидравлическую нагрузку на замыкающий створ и, как следствие, уменьшать подъем уровня воды и исключать (полностью или частично) затопление сельскохозяйственных угодий. **Результаты.** Для рационального использования паводкового стока предложено расположение сети прудов-накопителей вдоль движения потока. Данный способ аккумулирования водных ресурсов позволяет не только обеспечить дополнительное орошение сельскохозяйственных земель, но и снизить интенсивность подъема паводковых вод, тем самым уменьшая экономический ущерб. **Выводы.** Полученные результаты демонстрируют положительный эффект от внедрения сети прудов-накопителей. Для расчетной вероятности интенсивности дождя 0,1 % реализация предложенного технического решения (аккумулирование воды по течению русла от истока до устья) позволила снизить ширину зоны затопления от береговой линии в 9,1 раза (с 155,5 до 17,1 м). Предлагаемое техническое решение способствует как решению оросительных задач, так и снижению негативных последствий паводковых периодов.

Ключевые слова: пруд-накопитель, аккумулирование воды, половодье, наводнение, негативный эффект, материальный ущерб, паводки

Источник финансирования: исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда и Кубанского научного фонда № 24-26-20003.

Для цитирования: Черги М. Е., Бандурин М. А. Оптимизация заполнения аккумулирующих прудов-накопителей для эффективной защиты от паводковых явлений // Мелиорация и гидротехника. 2026. Т. 16, № 3. С. 391–408. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2026-16-3-391-408>.



HYDRAULIC ENGINEERING,
HYDRAULICS AND ENGINEERING HYDROLOGY

Original article

**Optimization of filling retention ponds for effective
protection against flooding**

Mosaab E. Chergui¹, Mikhail A. Bandurin²

^{1, 2}Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russian Federation

¹cherguimossaab1@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0004-1384-2423>

²chepura@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0986-8848>

Abstract. Purpose: to evaluate quantitatively the efficiency of using a network of storage ponds to reduce maximum water levels in a river channel during flood periods, and to reduce flooding of adjacent agricultural areas. **Materials and methods.** Low-hazard flood characteristics were used as initial data. The maximum rainfall runoff for a given probability of exceedance was calculated using the methodology of the “Guidelines for Calculating Rainfall Discharges” (Glavtransproekt, Soyuzdorprouekt). The proposed approach involves a cascade arrangement of storage tanks along the length of the watercourse from source to mouth, which allows for the gradual redistribution of additional water entering the channel during periods of heavy rainfall, reducing the hydraulic load on the outlet section and, as a result, reducing the water level rise and eliminating (completely or partially) flooding of agricultural land. **Results.** To ensure the efficient use of flood runoff, a storage pond network along the river's flow is proposed. This method of water storage not only provides additional irrigation for agricultural lands but also reduces the intensity of floodwater rise, thereby minimizing economic damage. **Conclusions.** The results obtained demonstrate the positive impact of implementing a storage pond network. For a calculated rainfall intensity probability of 0.1 %, the implementation of the proposed technical solution (water storage along the riverbed from source to mouth) reduced the flood zone width from the shoreline by 9.1 times (from 155.5 to 17.1 m). The proposed technical solution contributes to both solving irrigation problems and mitigating the negative consequences of flood periods.

Keywords: storage pond, water storage, high water, flood, negative effect, material damage, floods

Funding source: the study was supported by a grant No. 24-26-20003 from the Russian Science Foundation and the Kuban Science Foundation.

For citation: Chergui M. E., Bandurin M. A. Optimization of filling retention ponds for effective protection against flooding. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2026;16(3):391–408. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2026-16-3-391-408>.

Введение. В настоящее время сельское хозяйство все чаще сталкивается с серьезными вызовами. Вследствие роста численности населения от отрасли требуются постоянно растущие показатели урожайности. Высокая урожайность сельскохозяйственных культур обеспечивает продовольственную безопасность государства, но с учетом глобальных перемен климата обеспечение высоких показателей урожайности становится все сложнее и сложнее.

Согласно статистическим данным, только за период 2022–2025 гг. ущерб, нанесенный сельскохозяйственным предприятиям Ярославской области, составил более 10 млрд руб.¹. Обильно выпадающие осадки, значительно превышающие среднемесячную норму региона, вызывают затопление сельскохозяйственных земель, сменяются длительными засушливыми периодами. Ежегодные весенние, а также часто повторяющиеся из года в год летние паводки значительно снижают продуктивность сельскохозяйственных земель, вымывают почвенно-растительный слой, что и приводит к обеднению сельскохозяйственных угодий.

Перед предприятиями сельскохозяйственного назначения ставится наиболее сложная задача по урегулированию и защите возделываемых территорий от паводковых явлений. Для решения данной проблемы специалисты применяют как технические решения предыдущих лет в виде сетей мелиоративных каналов, накопительных прудов, дамб и т. д., так и передовой научно-технический потенциал: новые материалы и технологии.

Основной задачей данного исследования является выполнение плановых мероприятий по аккумулярованию или отводу воды с применением разгрузочных каналов, выстраиванию сооружений для защиты от паводковых явлений. Только системный подход позволит в значительной степени снизить негативный эффект, производимый паводками на сельскохозяйственные территории [1].

Объектом исследований являлись сельскохозяйственные угодья предприятия ООО «Агромир-плюс», расположенные в Княгининском районе Ярославской области. Актуальность обусловлена и подтверждается тем, что данный регион подвержен значительным затоплениям в весенне-осенний паводковый период.

¹Бюллетени о состоянии сельского хозяйства (электронные версии) [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (дата обращения: 25.03.2026).

Все наводнения можно распределить на четыре группы (таблица 1) [2–4].

Таблица 1 – Классификация наводнений в зависимости от масштаба распространения и повторяемости

Table 1 – Classification of floods depending on the scale of distribution and frequency

Класс наводнения	Масштаб распространения наводнения	Повторяемость (годы)
Низкие (малые)	Наносят сравнительно незначительный ущерб. Охватывают небольшие прибрежные территории. Затопляется менее 10 % сельскохозяйственных угодий, расположенных в низких местах. Почти не нарушают ритма жизни населения	5–10
Высокие	Наносят ощутимый материальный и моральный ущерб, охватывают сравнительно большие земельные участки речных долин, затопляют примерно 10–15 % сельскохозяйственных угодий. Существенно нарушают хозяйственный и бытовой уклад населения. Приводят к частичной эвакуации людей	20–25
Выдающиеся	Наносят большой материальный ущерб, охватывая целые речные бассейны. Затопляют примерно 50–70 % сельскохозяйственных угодий, некоторые населенные пункты. Парализуют хозяйственную деятельность и резко нарушают бытовой уклад населения. Приводят к необходимости массовой эвакуации населения и материальных ценностей из зоны затопления и защиты наиболее важных хозяйственных объектов	50–100
Катастрофические	Наносят огромный материальный ущерб и приводят к гибели людей, охватывая громадные территории в пределах одной или нескольких речных систем. Затопляется более 70 % сельскохозяйственных угодий, множество населенных пунктов, промышленных предприятий и инженерных коммуникаций. Полностью парализуется хозяйственная и производственная деятельность, временно изменяется жизненный уклад населения	100–200

Цель исследований – количественная оценка эффективности использования сети прудов-накопителей для снижения максимальных уровней воды в речном русле в период половодья и уменьшения затопления прилегающих сельскохозяйственных территорий.

Материалы и методы. Согласно схеме, представленной на рисунке 1, рассматривается решение по созданию прудов-накопителей на протяжении всей длины водной артерии от истока до устья. Расположение данных накопителей позволит разграничить площадь водосбора реки на

сегменты. Данный подход обеспечивает поэтапное распределение дополнительного водного потенциала, поступающего в русло водного объекта в период наиболее обильных осадков, для снижения нагрузки на конечный створ, в результате чего уменьшается уровень подъема воды в русле и исключается полностью или частично затопление сельскохозяйственных земель [5, 6].

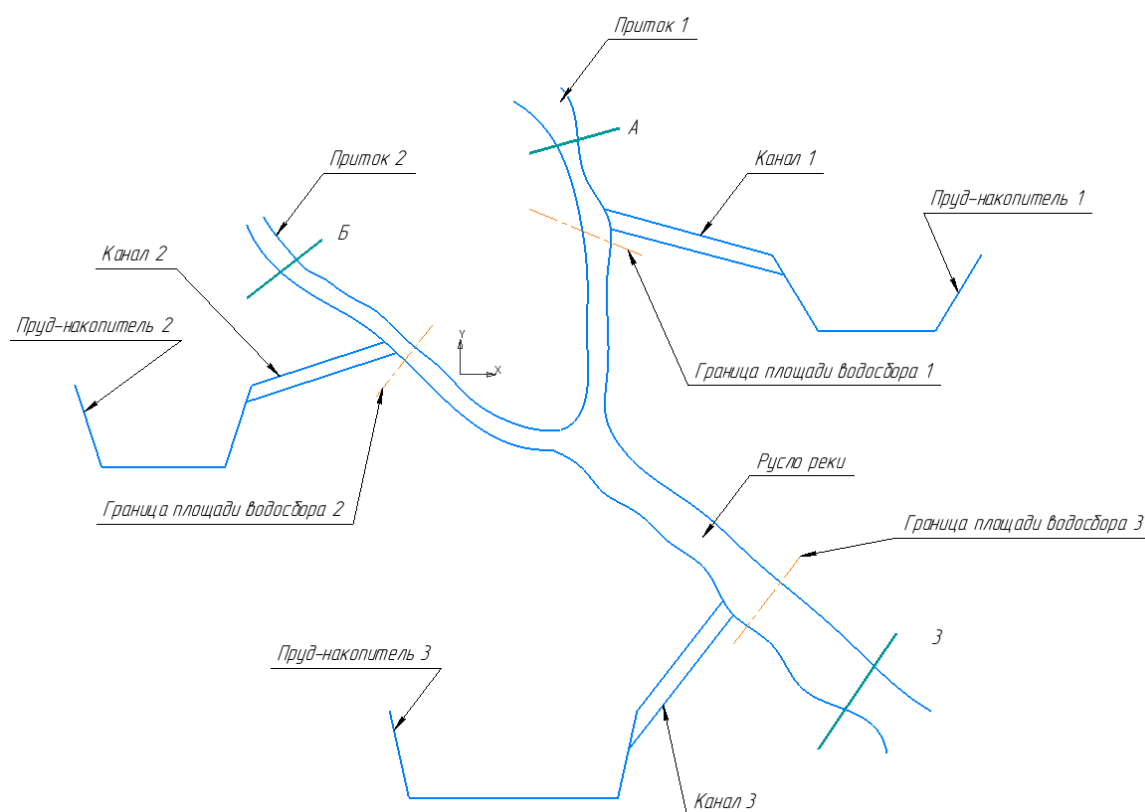


Рисунок 1 – Графическая схема исследуемого участка

Figure 1 – Graphic diagram of the study area

Поступающий в русло реки сток делится на два типа: поверхностный и подземный (грунтовый). Принимая во внимание, что скоростные режимы поверхностного и подземного стока значительно отличаются, считаем, что подземный сток равен 0 и играет только роль преграды для разгрузки воды из русла реки в грунтовые воды, обеспечивая тем самым подпитку грунтовых вод [7].

Максимальный дождевой сток, поступающий в водный объект с прилегающей территории, определяем по формуле [8]:

$$Q_p = 16,7 \cdot \alpha \cdot d_p \cdot F_B \cdot \phi \cdot K_j \cdot K_\phi, \quad (1)$$

где α – расчетная интенсивность осадков, мм/мин;

d_p – расчетный коэффициент склонового стока;

F_B – площадь водосбора, км²;

ϕ – коэффициент редукции максимального дождевого стока в зависимости от размеров водосборной площади;

K_j – коэффициент, учитывающий влияние крутизны водосборного бассейна;

K_ϕ – коэффициент, учитывающий форму водосбора.

Результаты и обсуждение. Для выполнения расчета принимаем водосборную площадь притока 1 и 2 равной 100 га, водосборную площадь русла реки 200 га.

Исходные данные для расчета максимального стока дождевых осадков приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Исходные данные для расчета максимального стока дождевых осадков

Table 2 – Initial data for calculating maximum rainfall runoff

Показатель	Значение для 100 га	Значение для 200 га
K_t	1,25	1,25
K_F	1	1
α_0	0,7	0,7
δ_e	0,89	0,89
d_p	0,623	0,623
ϕ	0,52	0,48
K_j	1,12	1,12
F	0,7	0,7
C	0	0

Примечание – K_t – коэффициент редукции часовой интенсивности осадков в зависимости от времени формирования максимальных расходов на водосборах различной величины; K_F – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения осадков по площади водосбора; α_0 – коэффициент склонного стока при полном насыщении почвы водой; δ_e – коэффициент, учитывающий естественную аккумуляцию дождевого стока на поверхности водосбора; F – коэффициент учитывающий форму водосборов.

В таблице 2 расчет выполнен в соответствии с указаниями², руководствуясь которыми, согласно таблице 8 для водосборной площади менее 5 км² коэффициент C (учитывающий форму бассейна) принимают равным 0. В нашем случае максимальная площадь водосбора составляет 2 км², поэтому $C = 0$. Для малых водосборных бассейнов площадью менее 5 км², к которым относится рассматриваемый объект ($F_B = 2$ км²), коэффициент C , учитывающий редукцию максимального модуля стока, принимается равным 0. Это значение является корректным и обоснованным для данной площади. Принимаем продолжительность осадков 1 ч. Данные о вероятности интенсивности дождя представлены в таблице 3, она показывает зависимость интенсивности дождя от вероятности превышения. Значения $\alpha_{\text{ч}}$ для вероятности превышения 10–1 % соответствуют ливневому району № 6, зона исследования ливневому району № 6, наличествует переходная зона к району № 7.

Таблица 3 – Зависимость интенсивности дождя от вероятности

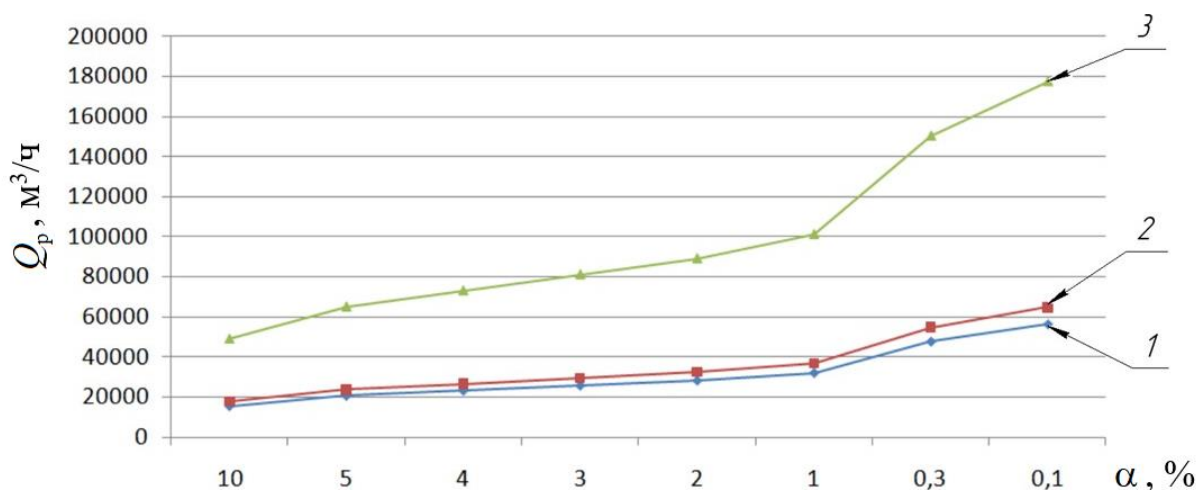
Table 3 – Dependence of rain intensity on probability

Вероятность %	$\alpha_{\text{ч}}$, мм/мин	$\alpha_{\text{ч}}$, мм/ч
10	0,49	29,4
5	0,65	39
4	0,73	43,8
3	0,81	48,6
2	0,89	53,4
1	1,01	60,6
0,3	1,5	90
0,1	1,77	106,2

Результаты расчетов представлены на рисунке 2 и в таблице 4. На рисунке 2 общий объем стока с водосборной площади двух притоков – под номером 1, русла реки под номером 2, в сумме они дают сток в створе номер 3, который по данным схемы составляет порядка 177000 м³/ч.

На основании полученных данных через створ русла реки на границе водосборной поверхности 3 в зависимости от интенсивности дождя проходит от 49000 до 177000 м³/ч.

²Указания по расчету дождевых расходов / Главтранспроект, Союздорпроект. М., 1973. 43 с.



1 – максимальный дождевой расход с площади 100 га на границе водосбора притоков 1 и 2; 2 – максимальный дождевой расход с площади 200 га; 3 – общий максимальный дождевой расход на границе водосбора 3
1 – maximum rainfall discharge from an area of 100 ha at the boundary of the watershed of tributaries 1 and 2; 2 – maximum rainfall discharge from an area of 200 ha; 3 – total maximum rainfall discharge at the boundary of the watershed 3

Рисунок 2 – Максимальный расход дождевых вод
Figure 2 – Maximum rainfall discharge

Таблица 4 – Зависимость максимального дождевого стока от водосборной площади

Table 4 – Dependence of maximum rainfall runoff on the watershed area

Вероятность интенсивности дождя, %	Максимальный дождевой расход с площади 100 га, м³/ч	Максимальный дождевой расход с площади 200 га, м³/ч	Общий максимальный дождевой расход, м³/ч
10	15587,67	17928,22	49103,57
5	20677,52	23782,33	65137,38
4	23222,45	26709,39	73154,29
3	25767,38	29636,45	81171,2
2	28312,3	32563,5	89188,11
1	32129,69	36954,09	101213,5
0,3	47717,36	54882,31	150317
0,1	56306,49	64761,13	177374,1

Для выполнения расчетов с целью определения уменьшения негативного фактора затопления сельскохозяйственных земель в период паводков принимаем геометрические параметры притоков и русла реки согласно схеме, представленной на рисунке 3.

Принимаем ширину притока по береговой линии 8 м, уклон берега 60°, ширину русла реки по береговой линии 15 м. Следовательно, площадь

свободного пространства до береговой линии для притока составит $S_{пр} = 7,4 \text{ м}^2$, для русла реки $S_{рр} = 14,4 \text{ м}^2$.

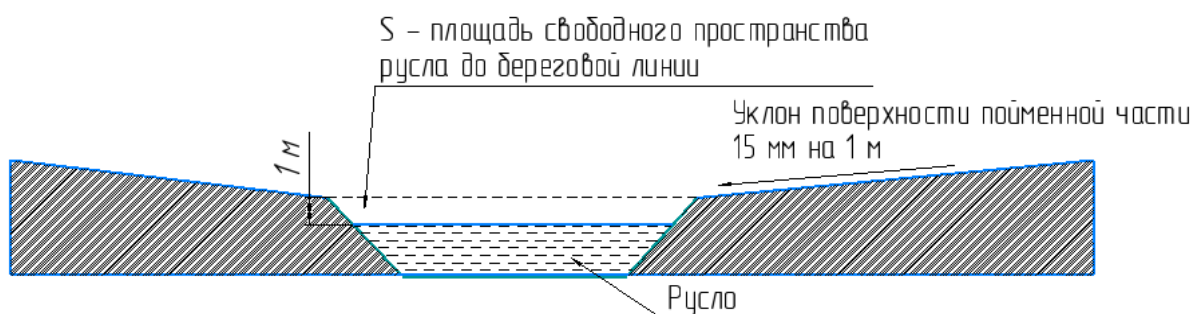


Рисунок 3 – Параметры притоков и основного русла
Figure 3 – Parameters of tributaries and the main channel

Принимая скорость течения в период паводка равной $v = 1 \text{ м/с}$, определим площадь створа зоны затопления с учетом максимального дождевого расхода, данные о котором приведены в таблице 4:

$$S = \frac{Q_p}{3600 \cdot v}, \quad (2)$$

где v – скорость течения в период паводка, м/с.

Результаты расчетов представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Определение площади створа зоны затопления

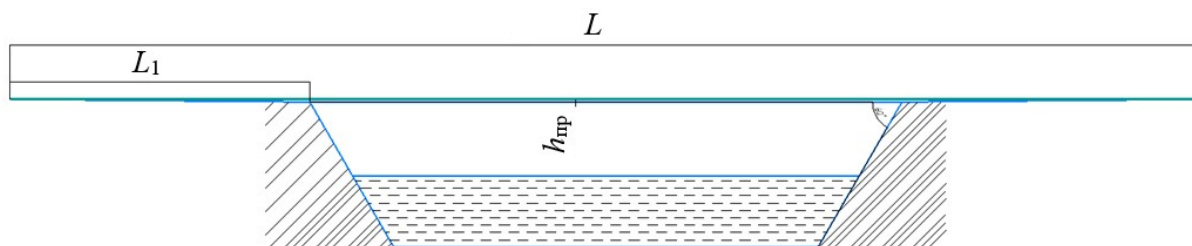
Table 5 – Determination of the flood zone area

№ сценария	Вероятность интенсивности дождя, %	Площадь створа зоны затопления притока $S_{пр}$, м^2	Площадь створа зоны затопления русла реки $S_{рр}$, м^2 (с учетом расходов, поступающих от притоков)
1	10	4,33	13,64
2	5	5,74	18,09
3	4	6,45	20,32
4	3	7,16	22,55
5	2	7,86	24,77
6	1	8,92	28,11
7	0,3	13,25	41,75
8	0,1	15,64	49,27

На следующем этапе графическим методом строим площади затопления створа с определением высоты подъема воды, схема приведена на рисунке 4.

По результатам построения были получены основные геометриче-

ские параметры затопления пойменной части притоков 1 и 2, результаты приведены в таблице 6.



$h_{\text{пр}}$ – высота превышения уровня воды над береговой линией; L – ширина затопления пойменной части берега; L_1 – ширина затопленного берега от береговой линии
 $h_{\text{пр}}$ – the water level height above the shoreline; L – the width of the floodplain part of the shore; L_1 – the width of the flooded shore from the shoreline

Рисунок 4 – Графический метод определения высоты затопления пойменной части берега, основанный на определении общей площади

Figure 4 – A graphical method for determining the floodplain flood height of the bank based on determining the total area

Таблица 6 – Определение геометрических параметров зоны затопления от площади створа зоны затопления

Table 6 – Determination of the geometric parameters of the flood zone from the area of the flood zone section

№ сценария	Площадь створа зоны затопления притока $S_{\text{пр}}$, м^2	Площадь свободного пространства до береговой линии S , м^2	Площадь затопления пойменной части $S_{\text{зат}} = S - S_{\text{пр}}$, м^2	Высота подъема уровня воды выше береговой линии $h_{\text{пр}}$, мм	Ширина затопленной территории L , м	Ширина затопленного берега от береговой линии L_1 , м
Расчет затопления от площади створа № 1 (рисунок 1) зоны затопления						
1	4,33	7,4	0	0	0	0
2	5,74		0	0	0	0
3	6,45		0	0	0	0
4	7,16		0	0	0	0
5	7,86		0,46	36,75	16,11	4,05
6	8,92		1,52	86,47	27,13	9,55
7	13,25		5,85	196,9	51,43	21,70
8	15,64		8,24	239,94	60,80	26,40
Расчет затопления от площади створа № 3 (рисунок 1) зоны затопления						
1	13,64	14,4	0	0	0	0
2	18,09		3,69	127,09	43	14
3	20,32		5,92	174,45	53,5	19,25
4	22,55		8,15	213,03	61,95	23,48
5	24,77		10,37	247,03	69,5	27,25
6	28,11		13,71	292,06	79,40	32,20
7	41,75		27,35	436,42	111,20	48,12
8	49,27		34,87	497,2	124,61	54,80

На следующем этапе определяем геометрические параметры зоны затопления для створа границы площади водосбора 3 (рисунок 1) с учетом общего максимального дождевого расхода по данным таблицы 5. Полученные результаты представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Определение геометрических параметров зоны затопления от площади створа (приток) с учетом аккумуляирования воды в течение 1 ч в пруду-накопителе

Table 7 – Determination of the geometric parameters of the flood zone from the area of the section (inflow) taking into account the water storage in the storage pond for 1 hour

№ сценария	Максимальный дождевой расход с площади 100 га, м ³ /ч	Объем пруда-накопителя, м ³	Максимальный дождевой расход с площади 100 га с учетом аккумуляирования воды в пруду-накопителе, м ³ /с	Площадь створа зоны затопления притока S _{пр} , м ² , с учетом скорости потока 1 м/с	Площадь свободного пространства до береговой линии для притока составит S _{пр} , м ²	Площадь затопления пойменной части S _{зат} = S – S _{пр} , м ²	Высота подъема уровня воды выше береговой линии h _{пр} , мм	Ширина затопленного берега от береговой линии L ₁ , м
Расчетная площадь 100 га								
1	15587,67	20000	0	0	7,4	0	0	0
2	20677,52		0,19	0,19		0	0	0
3	23222,45		0,895	0,895		0	0	0
4	25767,38		1,60	1,60		0	0	0
5	28312,31		2,31	2,31		0	0	0
6	32129,69		3,37	3,37		0	0	0
7	47717,36		7,70	7,70		0,31	3,75	0,43
8	56306,49		10,09	10,09		3,50	146,9	16,2
Расчетная площадь 200 га								
1	17928,22	20000	0	0	14,4	0	0	0
2	23782,33		1,05	1,05		0	0	0
3	26709,39		1,86	1,86		0	0	0
4	29636,45		2,68	2,68		0	0	0
5	32563,5		3,49	3,49		0	0	0
6	36954,09		4,71	4,71		0	0	0
7	54882,31		9,69	10,29		0	0	0
8	64761,13		12,43	19,43		5,03	155,50	17,10

Для решения вопросов рационального использования паводковых вод предлагается расположение по движению потока от истока до устья

сети прудов-накопителей [9–12]. Данный метод аккумуляирования водного потенциала позволит не только решить вопросы орошения сельскохозяйственных земель, но и снизить уровень подъема паводковых вод и, как следствие, уменьшить ущерб [7, 8, 13].

Для выполнения расчета принимаем следующие исходные данные:

- объем одного пруда-накопителя – 20000 м^3 ;
- на каждом притоке расположен один пруд-накопитель, а также пруд-накопитель расположен в русле реки;
- пропускная способность канала составляет $20000 \text{ м}^3/\text{ч}$;
- регулирование запорного шлюза, расположенного на границе канала и водного объекта, осуществляется плавно в зависимости от подъема уровня воды.

Выполняем расчет для определения максимального дождевого расхода, поступающего в створ границы площади водосбора 1 и 2. Результаты расчета представлены в таблице 7.

На следующем этапе выполним расчет для определения максимального дождевого стока, поступающего в створ границы площади водосбора 3, который приведен на рисунке 1. При расчете площади створа зоны затопления русла реки $S_{\text{пр}}, \text{ м}^2$, прибавляем удвоенную сумму площади после аккумуляирования воды в притоках. После проведенных расчетов [14, 15] результаты сведены в одну таблицу, иллюстрирующую итоги расчета высоты подъема уровня воды выше береговой линии и ширины затопления берега от береговой линии без аккумуляирования и с аккумуляированием для створа границы площади водосбора N . Результаты представлены в таблице 8.

Из представленных в таблице 8 данных наглядно виден положительный эффект применения сети прудов-накопителей. Если принять во внимание проведенный расчет только для вероятности интенсивности дождя 0,1 %, внедрение технического предложения по аккумуляированию воды по течению от истока до устья позволит снизить в 9,1 раза ширину затоп-

ленного берега от береговой линии (с 155,5 до 17,1 м). Данное техническое предложение позволяет не только решить оросительные задачи для сельскохозяйственных земель, но и снизить негативный эффект паводковых периодов [16–18].

**Таблица 8 – Сравнительный анализ результатов расчета
высоты подъема уровня воды выше береговой
линии и ширины затопления берега от береговой
линии без аккумулялирования и с аккумулялированием
для створа границы площади водосбора N**

**Table 8 – Comparative analysis of the results of calculating the height of the
water level rise above the shoreline and the flooded shore width
from the coastline without accumulation and with accumulation
for the boundary section of the watershed area N**

№ сценария	Высота подъема уровня воды выше береговой линии $h_{пр}$, мм	Высота подъема уровня воды выше береговой линии $h_{пр}$, мм, с учетом аккумулялирования	Ширина затопленного берега от береговой линии L_1 , м	Ширина затопленного берега от береговой линии L_1 , м, с учетом аккумулялирования
1	0	0	0	0
2	127,09	0	14	0
3	174,45	0	19,25	0
4	213,03	0	23,48	0
5	247,03	0	27,25	0
6	292,06	0	32,2	0
7	436,42	0	48,1	0
8	497,2	155,5	54,8	17,1

Также следует отметить, что для каждого водного объекта количество прудов-накопителей определяется индивидуально [19, 20], в зависимости от целого ряда факторов, но основным является экономическая эффективность строительства и его эксплуатации в период половодья.

Выводы. На основании выполненных исследований было получено, что существует значительный позитивный эффект от использования сети прудов-накопителей, направленных на снижение негативных последствий паводков.

По итогам проведенных расчетов получены данные, которые свидетельствуют, что использование сети прудов-накопителей снижает ширину

затопленного берега в 9,1 раза (с 155,5 до 17,1 м) при интенсивности дождя 0,1 %. Следовательно, при применении данного способа происходит минимизация последствий паводков, что позволяет снизить масштабы затоплений и связанный с ними ущерб.

Благодаря применению сетевой системы прудов-накопителей решается проблема недостаточности водных ресурсов. При использовании такой системы происходят накопление водных ресурсов в период сильных осадков и равномерное распределение их в периоды недостатка, что решает проблему дефицита воды для орошения.

На основании полученных данных отмечено, что число и размер прудов зависят от индивидуальных характеристик водного объекта, рекомендации по проектированию и строительству такой системы следует экономически и функционально обосновать для более эффективной их работы.

Для минимизации потерь сельскохозяйственной продукции из-за последствий ежегодных паводков следует применять практические рекомендации, которые разработаны и научно обоснованы для формирования каскада прудов-накопителей, используемых для предприятий.

Результаты исследования в значительной степени показывают положительный эффект, который может быть получен от внедрения сетей прудов-накопителей для борьбы с паводками, а также достижения экономической и экологической стабильности на сельскохозяйственных землях.

Список источников

1. Волосухин В. А., Чижов А. Е., Новиков С. Г. Наводнения: проблемы снижения ущерба. Обоснование защиты // Гидротехника. 2011. № 2. С. 46–50. EDN: HTCNGV.
2. Волосухин В. А., Щурский О. М. Наводнения на Кубани. Проблемы и задачи // Гидротехника. 2012. № 4. С. 6–9. EDN: UJKIAN.
3. Исследование гидрометеорологических условий при проектировании гидротехнических сооружений на реке Абин в Краснодарском крае / А. А. Ткачев, Р. А. Карабашев, В. А. Невдах, В. Е. Чулков // Мелиорация и гидротехника. 2024. Т. 14, № 4. С. 438–458. DOI: 10.31774/2712-9357-2024-14-4-438-458. EDN: PWFHRB.
4. Бурчик В. В., Кузьмич Н. А. Инвестиционные проекты строительства сооружений инженерной защиты от паводковых вод // Глобальный научный потенциал. 2025. № 1(166). С. 234–237. EDN: JKQLTU.

5. Кирейчева Л. В., Глазунова И. В. Методика расчета прудов-накопителей дренажного стока для локальных участков орошения // *Природообустройство*. 2012. № 5. С. 30–34. EDN: PJQDWJ.

6. Хаджиди А. Е., Кузнецов Е. В., Новиков А. Е. Утилизация дренажного стока осушительной системы // *Природообустройство*. 2025. № 1. С. 13–20. DOI: 10.26897/1997-6011-2025-1-13-20. EDN: JOUNCR.

7. Каштанов В. В., Медведева А. А. Совершенствование нормативной базы в области безопасности гидротехнических сооружений // *Мелиорация и водное хозяйство*. 2024. № 5. С. 2–6. DOI: 10.32962/0235-2524-2024-5-2-6. EDN: JDIWAV.

8. Филиппова Е. А. Обеспечение безопасности гидротехнических сооружений как одно из основных направлений деятельности ВНИИГ // *Гидротехническое строительство*. 2021. № 8. С. 47–51. EDN: HAVQYJ.

9. Моделирование взаимодействия подземных и поверхностных вод для инженерной защиты от паводковых вод прибрежных территорий на востоке России / И. А. Расторгуев, Л. Н. Мухина, А. М. Запарий, Д. Д. Луканов, Д. О. Морозов, Э. Ю. Несынова, А. С. Пиотровский, И. В. Заигрин // *Гидротехническое строительство*. 2025. № 7. С. 48–51. DOI: 10.71917/EP.2025.07.10.96.006. EDN: KILIMT.

10. Садыкова Г. Э., Иваненко Т. А., Бабчинская И. А. Обоснование использования рекультивируемых прудов-накопителей для повышения водообеспеченности вододефицитных территорий Крыма // *Экономика строительства и природопользования*. 2020. № 1(74). С. 24–35. DOI: 10.37279/2519-4453-2020-1-24-35. EDN: VYDZTB.

11. Влияние прудов-накопителей нефтепромысловых сточных вод на окружающую среду / Р. Ф. Абдрахманов, И. К. Хабиров, И. Г. Асылбаев, Б. Н. Батанов, И. М. Габбасова, Р. Р. Сулейманов, А. Н. Поскряков // *Мелиорация и водное хозяйство*. 2006. № 5. С. 43–45. EDN: HVTUCP.

12. Tout F., Ghachi A. Social mobilization to prevent floods and runoffs in the city of Batna, north-eastern Algeria // *International Journal of Innovative Studies in Sociology and Humanities*. 2023. Vol. 8, № 1. P. 30–38. DOI: 10.20431/2456-4931.080103. EDN: WCPERG.

13. Волосухин В. А., Бондаренко В. Л. Факторы, определяющие безопасность гидротехнических сооружений водохозяйственного назначения // *Наука и безопасность*. 2014. № 3(12). С. 7–8. EDN: TGLREN.

14. Mathematical models and algorithms for the management of liquidation process of floods consequences / M. Khamutova, A. Rezchikov, V. Kushnikov, V. Ivaschenko, E. Kushnikova, A. Samartsev // *Studies in Systems, Decision and Control*. 2019. Vol. 199. P. 540–551. DOI: 10.1007/978-3-030-12072-6_44. EDN: FPVEDC.

15. Argal E. Accidents at waste storage facilities: Methods of struggle with the consequences of accidents // *Annals of Civil and Environmental Engineering*. 2024. Vol. 8, № 1. P. 032–038. DOI: 10.29328/journal.acee.1001063. EDN: DZKPXK.

16. Сметанин В. И., Жогин И. М. К вопросу защиты пойменных земель от паводковых наводнений // *Природообустройство*. 2020. № 4. С. 77–83. DOI: 10.26897/1997-6011/2020-4-77-83. EDN: XAOUAP.

17. Косиченко Ю. М., Баев О. А. Научное обоснование применения каналов переброски стока комплексного назначения // *Пути повышения эффективности орошаемого земледелия*. 2022. № 4(88). С. 15–22. EDN: DSHBTZ.

18. Amidžić G. 2014 Doboј floods – Consequences and hazard elimination activities // *Journal of Traffic and Transport Theory and Practice*. 2021. Vol. 6, № 2. DOI: 10.7251/jttpt2102078a. EDN: PBNDTJ.

19. Javadinejad S. Causes and consequences of floods: Flash floods, urban floods, river floods and coastal floods // *Resources Environment and Information Engineering*. 2022. Vol. 4, № 1. P. 156–166. DOI: 10.25082/reie.2022.01.002. EDN: ORMMYV.

20. Селезнева Н. В., Колосов М. А., Боровков С. В. Инженерная защита берегов и населенных пунктов от негативного воздействия вод // Гидротехника. 2020. № 3(60). С. 63–67. EDN: RBOANV.

References

1. Volosukhin V.A., Chizhov A.E., Novikov S.G., 2011. *Navodneniya: problemy snizheniya ushcherbov. Obosnovanie zashchity* [Floods: problems of damage reduction. Justification of protection]. *Gidrotekhnika* [Hydraulic Engineering], no. 2, pp. 46-50, EDN: HTCNGV. (In Russian).
2. Volosukhin V.A., Shchursky O.M., 2012. *Navodneniya na Kubani. Problemy i zadachi* [Floods in Kuban. Problems and tasks]. *Gidrotekhnika* [Hydraulic Engineering], no. 4, pp. 6-9, EDN: UJKIAH. (In Russian).
3. Tkachev A.A., Karabashev R.A., Nevдах V.A., Chulkov V.E., 2024. *Issledovanie gidrometeorologicheskikh usloviy pri proektirovanii gidrotekhnicheskikh sooruzheniy na reke Abin v Krasnodarskom krae* [Study of hydrometeorological conditions in the waterworks design on the Abin River in the Krasnodar Territory]. *Melioratsiya i gidrotekhnika* [Land Reclamation and Hydraulic Engineering], vol. 14, no. 4, pp. 438-458, DOI: 10.31774/2712-9357-2024-14-4-438-458, EDN: PWFHRB. (In Russian).
4. Burchik V.V., Kuzmich N.A., 2025. *Investitsionnye proekty stroitel'stva sooruzheniy inzhenernoy zashchity ot pавodkovykh вод* [Investment projects for the construction of engineering facilities for flood protection]. *Global'nyy nauchnyy potentsial* [Global Scientific Potential], no. 1(166), pp. 234-237, EDN: JKQLTU. (In Russian).
5. Kireycheva L.V., Glazunova I.V., 2012. *Metodika rascheta prудov-nakopiteley drenazhnogo stoka dlya lokal'nykh uchastkov orosheniya* [The calculation method of storage ponds of drain flows for local irrigated areas]. *Prirodoobustroystvo* [Environmental Engineering], no. 5, pp. 30-34, EDN: PJQDWJ. (In Russian).
6. Khadzhidi A.E., Kuznetsov E.V., Novikov A.E., 2025. *Utilizatsiya drenazhnogo stoka osushitel'noy sistemy* [Utilization of drainage runoff]. *Prirodoobustroystvo* [Environmental Engineering], no. 1, pp. 13-20, DOI: 10.26897/1997-6011-2025-1-13-20, EDN: JOUNCR. (In Russian).
7. Kashtanov V.V., Medvedeva A.A., 2024. *Sovershenstvovanie normativnoy bazy v oblasti bezopasnosti gidrotekhnicheskikh sooruzheniy* [Improvement of the regulatory framework in the field of safety of hydraulic structures]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Land Reclamation and Water Management], no. 5, pp. 2-6, DOI: 10.32962/0235-2524-2024-5-2-6, EDN: JDIWAV. (In Russian).
8. Filippova E.A., 2021. *Obespechenie bezopasnosti gidrotekhnicheskikh sooruzheniy kak odno iz osnovnykh napravleniy deyatel'nosti VNIIG* [Ensuring the safety of hydraulic structures as one of the main activities of VNIIG]. *Gidrotekhnicheskoe stroitel'stvo* [Hydrotechnical Construction], no. 8, pp. 47-51, EDN: HAVQYJ. (In Russian).
9. Rastorguev I.A., Mukhina L.N., Zapariy A.M., Lukanov D.D., Morozov D.O., Nesynova E.Yu., Piotrovsky A.S., Zaigrin I.V., 2025. *Modelirovanie vzaimodeystviya podzemnykh i poverkhnostnykh вод dlya inzhenernoy zashchity ot pавodkovykh вод pribrezhnykh territoriy na vostoке Rossii* [Modeling the interaction of groundwater and surface waters for engineering protection of coastal areas from flood waters in the East of Russia]. *Gidrotekhnicheskoe stroitel'stvo* [Hydrotechnical Construction], no. 7, pp. 48-51, DOI: 10.71917/EP.2025.07.10.96.006. EDN: KILIMT. (In Russian).
10. Sadykova G.E., Ivanenko T.A., Babchinskaya I.A., 2020. *Obosnovanie ispol'zovaniya rekul'tiviruemykh prудov-nakopiteley dlya povysheniya vodoobespechennosti vododefitsitnykh territoriy Kryma* [Rationale for using reclaimed storage ponds to increase water availability water-deficient territories of Crimea]. *Ekonomika stroitel'stva i prirodopol'zovaniya*

[Construction Economic and Environmental Management], no. 1(74), pp. 24-35, DOI: 10.37279/2519-4453-2020-1-24-35, EDN: VYDZTB. (In Russian).

11. Abdrakhmanov R.F., Khabirov I.K., Asylbaev I.G., Batanov B.N., Gabbasova I.M., Suleimanov R.R., Poskryakov A.N., 2006. *Vliyanie prudov-nakopiteley neftepromyslovykh stochnykh vod na okruzhayushchuyu sredu* [Impact of oilfield wastewater storage ponds on the environment]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Land Reclamation and Water Management], no. 5, pp. 43-45, EDN: HVTUCP. (In Russian).

12. Tout F., Ghachi A., 2023. Social mobilization to prevent floods and runoffs in the city of Batna, north-eastern Algeria. *International Journal of Innovative Studies in Sociology and Humanities*, vol. 8, no. 1, pp. 30-38, DOI: 10.20431/2456-4931.080103, EDN: WCPERG.

13. Volosukhin V.A., Bondarenko V.L., 2014. *Faktory, opredelyayushchie bezopasnost' gidrotekhnicheskikh sooruzheniy vodokhozyaystvennogo naznacheniya* [Factors determining the safety of hydraulic structures for water management purposes]. *Nauka i bezopasnost'* [Science and Security], no. 3(12), pp. 7-8, EDN: TGLREH. (In Russian).

14. Khamutova M., Rezchikov A., Kushnikov V., Ivaschenko V., Kushnikova E., Samartsev A., 2019. Mathematical models and algorithms for the management of liquidation process of floods consequences. *Studies in Systems, Decision and Control*, vol. 199, pp. 540-551, DOI: 10.1007/978-3-030-12072-6_44, EDN: FPVEDC.

15. Argal E., 2024. Accidents at waste storage facilities: Methods of struggle with the consequences of accidents. *Annals of Civil and Environmental Engineering*, vol. 8, no. 1, pp. 032-038, DOI: 10.29328/journal.acee.1001063, EDN: DZKPXK.

16. Smetanin V.I., Zhogin I.M., 2020. *K voprosu zashchity poymennykh zemel' ot pавodkovykh navodneniy* [To the question of protection of plain lands from flooding]. *Prirodobustroystvo* [Environmental Engineering], no. 4, pp. 77-83, DOI: 10.26897/1997-6011/2020-4-77-83, EDN: XAOUAP. (In Russian).

17. Kosichenko Yu.M., Baev O.A., 2022. *Nauchnoe obosnovanie primeneniya kanalov perebrozki stoka kompleksnogo naznacheniya* [Scientific rationale of the use of multi-purpose runoff transfer canals]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 4(88), pp. 15-22, EDN: DSHBTZ. (In Russian).

18. Amidžić G., 2021. 2014 Doboј floods – Consequences and hazard elimination activities. *Journal of Traffic and Transport Theory and Practice*, vol. 6, no 2, DOI: 10.7251/jttt2102078a, EDN: PBNDTJ.

19. Javadinejad S., 2022. Causes and consequences of floods: Flash floods, urban floods, river floods and coastal floods. *Resources Environment and Information Engineering*, vol. 4, no. 1, pp. 156-166, DOI: 10.25082/reie.2022.01.002, EDN: ORMMYV.

20. Selezneva N.V., Kolosov M.A., Borovkov S.V., 2020. *Inzhenernaya zashchita beregov i naseleennykh punktov ot negativnogo vozdeystviya vod* [Engineering protection of banks and settlements from negative impact of flooding]. *Gidrotekhnika* [Hydraulic Engineering], no. 3(60), pp. 63-67, EDN: RBOANV. (In Russian).

Информация об авторах

М. Е. Черги – аспирант, Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина (350044, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. им. Калинина, д. 13), cherguimossaab1@gmail.com, SPIN-код: 9587-3353, AuthorID: 1316431, ORCID: 0009-0004-1384-2423;

М. А. Бандурин – декан факультета гидромелиорации, доктор технических наук, доцент, Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина (350044, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. им. Калинина, д. 13), cherura@mail.ru, SPIN-код: 6451-2467, AuthorID: 518464, ORCID: 0000-0002-0986-8848.

Information about the authors

M. E. Chergui – Postgraduate Student, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin (350044, Krasnodar region, Krasnodar, Kalinina st., 13), cherguimossaab1@gmail.com, SPIN-code: 9587-3353, AuthorID: 1316431, ORCID: 0009-0004-1384-2423;

M. A. Bandurin – Dean of the Faculty of Hydrotechnical Engineering, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin (350044, Krasnodar region, Krasnodar, Kalinina st., 13), chepura@mail.ru, SPIN-code: 6451-2467, AuthorID: 518464, ORCID: 0000-0002-0986-8848.

Вклад авторов: М. Е. Черги – формирование целей исследования, расчет максимального расхода от дождевых осадков различной вероятности превышения, написание статьи, формулирование выводов. М. А. Бандурин – формирование целей и задач исследования, обработка полученных результатов, написание статьи, формулирование выводов.

Все авторы в равной степени несут ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.

Contribution of the authors: M. E. Chergui – formulated the study goals, calculated maximum discharge from rainfall with varying exceedance probability, wrote the article, and formulated conclusions. M. A. Bandurin – formulated the study goals and tasks, processed the results, wrote the article, and formulated conclusions.

All authors are equally responsible for ethical violations in scientific publications.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 18.11.2025; одобрена после рецензирования 16.07.2026; принята к публикации 24.09.2026.

The article was submitted 18.11.2025; approved after reviewing 16.07.2026; accepted for publication 24.09.2026.