

## К МЕТОДОЛОГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОТИВОЭРОЗИОННЫХ БЕРЕГОЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ, АДАПТИРОВАННЫХ К МОРФОЛОГИИ РЕК

Л.Н. Рыжанкова<sup>1</sup>, Э.С. Аргал<sup>2</sup>,  
Д.А. Болотов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Кафедра гидравлики и гидротехнических сооружений  
Российский университет дружбы народов  
ул. Орджоникидзе, 3, Москва, Россия, 115419

<sup>2</sup>ООО «Гидроспецпроект»  
ул. Летниковская, 11/10, стр. 3, Москва, Россия, 115114

В статье рассмотрены методологические аспекты, позволяющие проанализировать эффективность применения каждого вида гибкого берегозащитного сооружения при заданных морфологических условиях реки. На основе исследования эффективности работы конструкций сооружений, расположенных на реальных участках р. Белая (респ. Адыгея), можно, задавая морфологические данные для этих участков, произвести выбор оптимальной конструкции сооружения.

**Ключевые слова:** охрана земель от боковой водной эрозии, берегоукрепительные сооружения, морфологические условия реки, оценка эффективности работы конструкций.

В настоящее время проблемы комплексного использования водных ресурсов и эксплуатации существующих гидротехнических сооружений тесно связаны с охраной больших и малых рек, защитой естественных и техногенных ландшафтов от негативного воздействия поверхностных вод. Одним из проявлений такого воздействия является водная эрозия, в результате которой происходят деформации берегов рек и других водных объектов, потеря значительных площадей земельных угодий, увеличение расчлененности территорий оврагами и др.

При проектировании инженерных сооружений для охраны земель от боковой водной эрозии перед проектировщиками стоит сложная задача правильного выбора варианта берегоукрепительного сооружения. В настоящее время отсутствует научно обоснованная теория, позволяющая объективно принимать оптимальное проектное решение противоэрозионного берегозащитного сооружения, максимально адаптированного к морфологическим условиям рек. Отсутствие теории не позволяет производить обработку накопленного статистического материала и выполнять необходимые расчеты по статистическим моделям. В настоящее время проектировщики при выборе варианта технического решения руководствуются либо своими соображениями, основанными на опыте, либо общими рекомендациями, не всегда приводящими к оптимальному решению проблемы.

Для исследований выбраны два участка р. Белая в Республике Адыгея — в станице Даховской в Майкопском районе, расположенной на правом берегу реки

при впадении в нее небольшого правого притока Дах, и в поселке Каменноостровский также в Майкопском районе Адыгеи, расположенном по обеим берегам р. Белой.

Морфологические параметры обоих участков приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Морфологические параметры исследуемых участков реки**

Параметр	Значение параметра для участка	
	1 (ст. Даховская)	2 (пос. Каменноостровский)
Скорость потока $v$ , м/с	1,5	1,8
Глубина $h$ , м	2,5	2,3
Размер фракций грунтов русла $d$ , мм	60—100	более 100
Уклон $i$	0,0035	0,005
Мутность потока $\rho$ , мг/л	1,1	1,3
Продолжительность паводкового периода $n$ , мес	2	2

Основными факторами, влияющими на выбор варианта берегоукрепительного сооружения, приняты:

X1 — коэффициент кинетичности,  $Fr = a \cdot (v^2/gH)$ ;

X2 — коэффициент устойчивости,  $f = d/f$ ;

X3 — мутность воды;

X4 — продолжительность паводкового периода.

Результаты расчетов приведены в табл. 2.

Таблица 2

**Факторы, влияющие на выбор варианта берегоукрепительного сооружения**

Факторы, влияющие на выбор варианта ГБС	Участки реки	
	1 (ст. Даховская)	2 (пос. Каменноостровский)
X1	0,630733945	0,83559633
X2	0,028571429	0,02
X3	-0,591836735	-0,510204082
X4	-0,818181818	-0,818181818

Для исследования были выбраны шесть вариантов гибких противоэрозионных берегозащитных сооружений (ГБС) — подпорных стенок, которые обследовались, либо необходимый материал по ним собирался по отчетам инвентаризаций, проводимых регулярно организациями, на балансе которых они находятся. Конструкции ГБС приведены на рис. 1—6.

Оценка работы каждого из шести вариантов ГБС производилась по десятибалльной шкале по каждому из основных требований, предъявляемых к таким сооружениям (экономичность, экологичность, надежность работы).

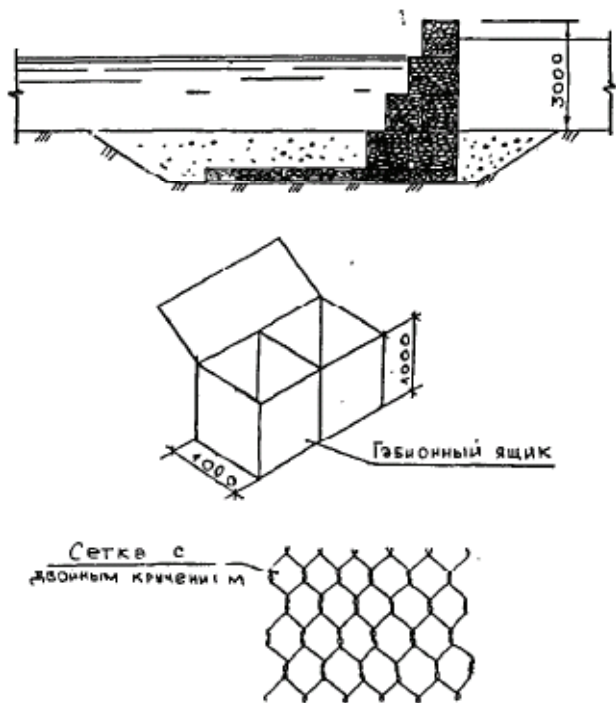


Рис. 1. Габрионная подпорная стенка из сетки с двойным кручением (вариант 1)

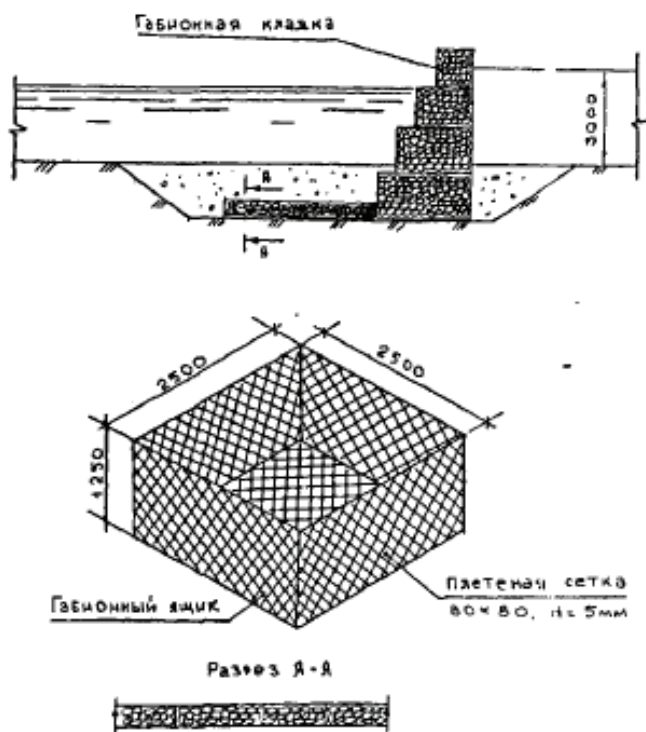


Рис. 2. Габрионная подпорная стенка из арматурных ящиков (вариант 2)

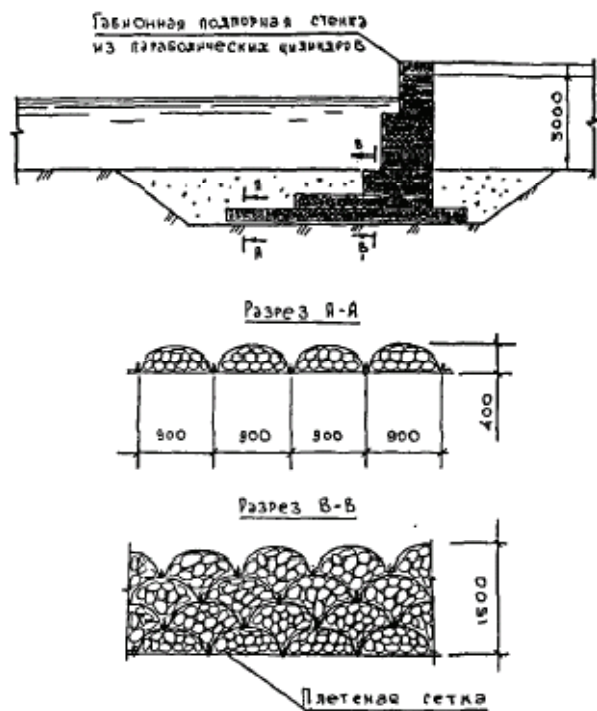


Рис. 3. Габрионная подпорная стенка из параболических цилиндров (вариант 3)

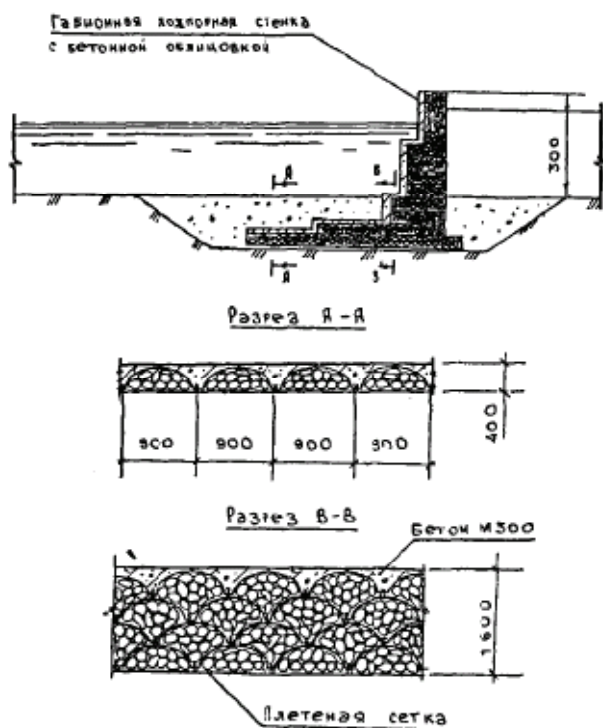


Рис. 4. Габрионная подпорная стенка с бетонной облицовкой (вариант 4)

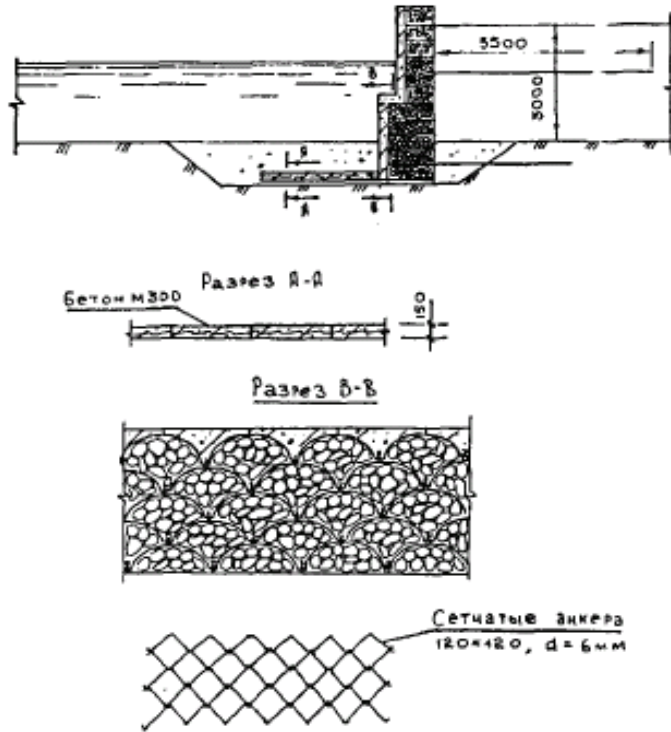


Рис. 5. Габрионная подпорная стенка с бетонной облицовкой и сетчатыми анкерами (вариант 5)

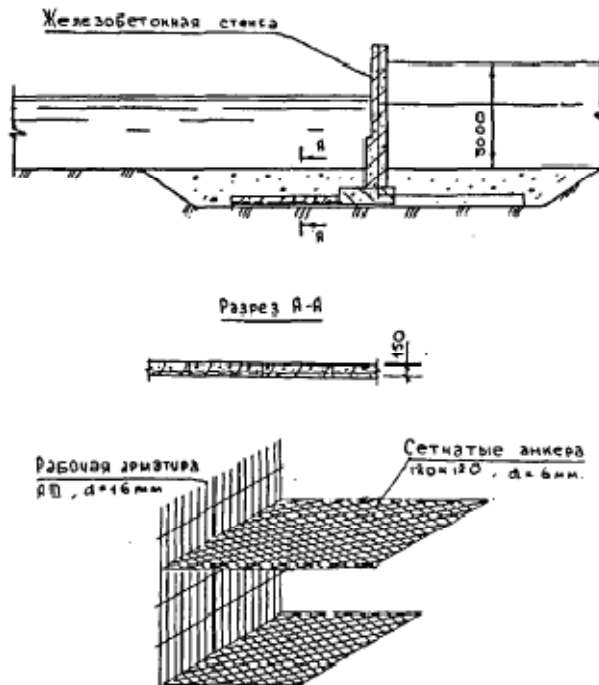


Рис. 6. Бетонная подпорная стенка с сетчатыми анкерами (вариант 6)

Для объективной оценки адаптированности ГБС к морфологическим условиям рек критерием параметра оптимизации принят интегральный показатель [1], состоящий из оценок сооружений по надежности, экономичности и экологичности применительно к местным морфологическим элементам потока и русла.

Общая относительная экономическая и экологическая оценка различных вариантов гибких откосных креплений не зависит в явном виде от морфологических элементов потока и реки, а определяется материалами и конструктивными особенностями технических решений. Для объективной оценки различных вариантов рассмотрены сооружения берегоукрепления высотой 3 м на участках длиной по 100 м. Стоимость креплений длиной 100 м определена по 20 рабочим проектам принятых вариантов ГБС. Экологическая оценка дана в зависимости от объемов применяемого техногенного материала. Результаты расчетов приведены в табл. 3.

Таблица 3

**Экономическая и экологическая оценка вариантов гибких откосных креплений**

Наименование конструкции и крепления	Сметная стоимость 100 м крепления в ценах 2012 г., тыс. руб.	Относительная оценка по стоимости в баллах, $P_c$	Масса техногенного материала на 100 м, т	Относительная оценка по экологичности в баллах, $P_e$
Габионная подпорная стенка из сетки с двойным кручением	1587,396	2,62	19,8	10
Габионная подпорная стенка из арматурных ящиков	1554,409	3,55	27,9	9,84
Габионная подпорная стенка из параболических цилиндров	1680,091	0	29,9	9,8
Габионная подпорная стенка с бетонной облицовкой	1653,369	0,75	23,5	9,92
Габионная подпорная стенка с бетонной облицовкой и сетчатыми анкерами	1521,294	4,49	313,2	4,22
Бетонная подпорная стенка с сетчатыми анкерами	1326,442	10	527,5	0

Показатель надежности крепления  $P_H$  для каждого вида откосного крепления определялся по результатам натурных наблюдений в зависимости от основных морфологических элементов потока и русла. Для этого на участках действующих берегозащитных сооружений для конкретных морфологических условий определяется срок службы различных вариантов креплений [1]. Зная максимальный срок службы берегоукрепительного сооружения, а он принимается равным 40 лет, устанавливалась относительная оценка в баллах. Для новых сооружений принята прогнозируемая величина срока службы в зависимости от величины морфологических элементов и работы аналогичных сооружений. Расчет показателя надежности приведен в табл. 4.

Таблица 4

**Показатели надежности гибких откосных креплений**

Наименование конструкции и крепления	Показатель эффективности каждого ГБС	Относительная оценка по надежности в баллах, ПН
ГБС № 1	10,46688325	3,96
ГБС № 2	8,27256734	0
ГБС № 3	10,47660102	3,98
ГБС № 4	12,28488093	7,24
ГБС № 5	13,80916452	10
ГБС № 6	12,12717191	6,96

Интегральный показатель определяется по формуле

$$P_{И} = P_{Н} + P_{С} + P_{Э}.$$

Результаты расчета приведены в табл. 5.

Таблица 5

**Интегральные показатели гибких откосных креплений**

Наименование конструкции и крепления	ГБС № 1	ГБС № 2	ГБС № 3	ГБС № 4	ГБС № 5	ГБС № 6
Интегральный показатель $P_{И}$	16,58	13,39	13,78	17,91	18,71	16,96

Оценка эффективности работы гибкого противозэрозийного берегозащитного сооружения производится по величине интегрального показателя и приведена в табл. 6.

Таблица 6

**Оценка эффективности работы гибкого противозэрозийного берегозащитного сооружения**

Интегральный показатель работы ГБС, $P_{И}$	Оценка работы ГБС	Класс по капитальности возводимых ГБС
0—6	Неудовлетворительная	Строить нельзя
6—12	Удовлетворительная	Временные ГБС
12—16	Хорошая	Капитальные ГБС
Выше 16	Высокая	Капитальные ГБС

**Выводы.** Разработана схема процесса моделирования для проведения натуральных исследований, обработки и интерпретации результатов экспериментальных данных. По результатам обследований дана оценка надежности всем выбранным вариантам в зависимости от морфологических условий рек, в которых они эксплуатируются. Разработан интегральный показатель оценки применимости гибких противозэрозийных берегозащитных сооружений в зависимости от особенностей конструкций, применяемых строительных материалов и морфологических параметров рек.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Ламердонов З.Г.* Гибкие берегозащитные сооружения, адаптированные к морфологическим условиям рек. — Нальчик: КБГСХА, 2004.

## THE METHODOLOGY USED EROSION CONTROL STRUCTURES PROTECTING, ADAPTED TO THE MORPHOLOGY OF RIVERS

**L. Ruzhankova<sup>1</sup>, E. Argal<sup>2</sup>,  
D. Bolotov<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Department of Hydraulics and Hydraulic Structures  
Engineering faculty  
Peoples' Friendship University of Russia  
*Ordzhonikidze str., 3, Moscow, Russia, 115419*

<sup>2</sup>ООО «Гидроспетспроект»  
*Letnikovskaya str., 11/10-3, Moscow, Russia, 115114*

The article describes the methodological aspects, to review the effectiveness the use of each type of flexible constructions for riverbank protection with specified morphological conditions of the river. Based on the study work efficiency structures, located on real sites Belaya River (Rep. Adygeya), you can, setting morphological data for these sections, make a choice optimum design constructions.

**Key words:** land protection from lateral water erosion; constructions for riverbank protection; morphological conditions of the river; evaluation of efficiency work designs.