

**СПОСОБЫ ПРИМЕНЕНИЯ БЕРЕГОЗАЩИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ  
В ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМ И ГИДРОМЕЛИОРАТИВНОМ  
СТРОИТЕЛЬСТВЕ**  
METHODS OF APPLICATION OF COASTAL PROTECTION  
STRUCTURES IN HYDROTECHNICAL AND HYDRO-RECLAMATION  
CONSTRUCTION



УДК 631.626

DOI:10.24411/2588-0209-2020-10227

**Виноградова Людмила Ивановна**, кандидат географических наук, доцент кафедры Природообустройства, института Землеустройства, кадастров и природообустройства, ФГБОУ ВО Красноярский государственный аграрный университет (660049, г. Красноярск, ул. Мира 90), ORCID: [Lyda.vinogradova@yandex.ru](mailto:Lyda.vinogradova@yandex.ru).

**Иванова Ольга Игоревна**, кандидат географических наук, доцент кафедры Природообустройства, института Землеустройства, кадастров и природообустройства, ФГБОУ ВО Красноярский государственный аграрный университет (660049, г. Красноярск, ул. Мира 90), ORCID: [ivolga49@yandex.ru](mailto:ivolga49@yandex.ru).

**Vinogradova Lyudmila Ivanovna**, candidate of geographical Sciences, associate Professor of the Department of nature Management, Institute of land Management, cadastres and nature management, Krasnoyarsk state agrarian University (660049, Krasnoyarsk, 90 Mira street), ORCID: [Lyda.vinogradova@yandex.ru](mailto:Lyda.vinogradova@yandex.ru).

**Ivanova Olga Igorevna**, candidate of geographical Sciences, associate Professor of the Department of nature Management, Institute of land Management, cadastre and nature management, Krasnoyarsk state agrarian University (660041, Krasnoyarsk, Svobodny Avenue, 70.), ORCID: [ivolga49@yandex.ru](mailto:ivolga49@yandex.ru).

**Аннотация:** В статье рассматриваются берегозащитные и берегоукрепляющие мероприятия, где они применяются и могут применяться в Красноярском крае. Проблема берегозащитных и берегоукрепительных

мероприятий на сегодняшний день актуальна. Охрана водных объектов и техногенных ландшафтов от сил природы это основная задача при использовании водных ресурсов и гидротехнических сооружений возведенных на них. Деформация берегов рек и других водных объектов происходит в результате гидрологических, гидрогеологических, и техногенных факторов, таких как: размыв речными потоками, поднятие уровня воды, волнение воды, в результате водной эрозии от паводковых или ливневых вод. Результатом которой, является обвалы, подмывы, размывы берегов водных объектов, проседание грунта, образование отмелей. Целью данной работы является рассмотрение берегозащитных конструкций, разработанных с учетом экологических проблем связанных с использованием водных объектов. Берегозащитные конструкции это комплекс инженерных и биоинженерных технологий для защиты и благоустройства территорий, разработанных с использованием новых и экологичных материалов, которые отличаются простотой в изготовлении, экономичностью и эффективностью в работе сооружений. Примером являются габионные крепления и биоинженерные технологии, широко применяемые за рубежом. Такие сооружения отличаются отличными строительными качествами, относительной простотой возведения и экономностью затрат, гармонично вписываются в береговую зону любого водного объекта, и не нарушают экологического равновесия, надежно защищают ее от негативных природных и техногенных воздействий

**Abstract:** The article discusses coastal protection and shore protection measures, where they are used and can be used in the Krasnoyarsk territory. The problem of coastal protection and shore protection measures is relevant today. Protection of water bodies and man-made landscapes from the forces of nature is the main task when using water resources and hydraulic structures built on them. Deformation of riverbanks and other water bodies occurs as a result of hydrological, hydrogeological, and man-made factors, such as: erosion by river flows, rising water levels, water waves, as a result of water erosion from flood or stormwater. The result of which is landslides, washouts, washouts of the banks of water bodies, subsidence of soil, formation of shoals. The purpose of this work is to consider the coastal protection structures developed taking into account the environmental problems associated with the use of water bodies. Coastal protection structures are a complex of engineering and bioengineering technologies for the protection and improvement of territories developed using new and environmentally friendly materials that are easy to manufacture, economical and efficient in the operation of structures. Examples are gabion fasteners and bioengineering technologies that are widely used abroad. Such structures are

distinguished by excellent construction qualities, relative ease of construction and cost savings, they fit harmoniously into the coastal zone of any water body, and do not violate the ecological balance, reliably protect it from negative natural and man-made impacts

**Ключевые слова:** берегозащитные конструкции, берегоукрепляющие мероприятия, габионы, щебень, валуны, ландшафт, сооружения.

**Keywords:** coastal protection structures, shore protection measures, gabions, rubble, boulders, landscape, structures and correctly

Гидрологические, гидрогеологические и техногенные факторы влияющие на деформацию берегов водных объектов часто взаимосвязаны. Для каждого конкретного объекта, влияние того или иного фактора на процесс формирования берегов различное. В связи с этим берегозащитные и берегоукрепительные мероприятия различаются довольно в широком диапазоне, и поэтому единых рекомендаций в принципе существовать не может. Однако в общем разнообразии мероприятий по борьбе деформацией берегов водных объектов достаточно эффективными являются комплексные гидротехнические мероприятия, которые включают в себя строительство берегозащитных сооружений, с учетом прогноза возможных деформаций, вызываемых искусственным и естественным изменением гидравлического режима водных объектов. От того, как выполняют свои функции берегозащитные сооружения и укрепления, зависит устойчивость берега и дна, а также работа всех объектов, расположенных в защищаемой зоне. Воздействие водных потоков на сооружение в большинстве случаев особенно сильно сказывается в периоды паводков и половодий, когда поднимается уровень воды, возрастают расходы, скорости течения. В эти периоды происходит размывы сооружений, отложения наносов у сооружений, переливы воды через них. Как показывает опыт проектирования и эксплуатации берегозащитных сооружений, защита их от местного размыва должна заключаться не в его ликвидации, так как это нерентабельно и трудновыполнимо, а в проведении экономически обоснованного уменьшения размыва, с целью исключения подмыва сооружения.

При решении вопросов долговечности и надежности объектов гидротехнического и гидромелиоративного строительства большое внимание уделяется совершенствованию проектирования, технологии воздействия новых более экологических и экономичных берегоукрепительных сооружений на водных объектах и методам их гидравлического обоснования. Необходимость защиты берегов водных объектов от размыва обусловила проведение во многих странах мира широких исследовательских работ. За последние десятилетия ученые и инженеры-гидротехники в России и за рубежом разработали многочисленные способы и методы укрепления берегов, применяя конструкции из различных материалов.

Целью данной работы является рассмотрение берегозащитных конструкций, разработанных с учетом экологических проблем связанных с использованием водных объектов. Берегозащитные конструкции это комплекс инженерных и биоинженерных технологий для защиты и благоустройства территорий, разработанных с использованием новых и экологических материалов, которые отличаются простотой в изготовлении, экономичностью и эффективностью в работе сооружений. С изобретением в 1844 году

цемента и чуть позже железобетона в Мире началось активное развитие берегозащитных и укрепительных сооружений. Разнообразные виды железобетонных конструкций стали использоваться для укрепления берегов. После активного применения достаточно жестких бетонных, железобетонных конструкций при укреплении берегов возникла проблема значительной перестройке всей системы взаимосвязей и взаимозависимостей гидро - и лито - динамических процессов. Для решения данной проблемы необходим комплексный и рациональный подход, так как берег любого водного объекта, является сложной природной системой[1]. Берегоукрепительные сооружения делят по степени связи с водным потоком. Принято различать берегоукрепительные сооружения: активного и пассивного типа[2]. Действие берегоукрепительных сооружений активного типа заключается в том, что они не только гасят энергию волн при подходе к береговому склону, так же способствуют накоплению наносов, сохранению и созданию пляжей. Действие берегоукрепительных сооружений пассивного типа лишь противостоять водному потоку, гася его энергию. К сооружениям активного типа относятся сооружения, которые меняют вид волны и силу течения в береговой зоне: волноломы, молы, буны различных конструкций, а также искусственные намытые или отсыпанные пляжи. Типы этих сооружений, могут быть сделаны, из каменной наброски с железобетонным покрытием откосов. Обустройство естественных береговых склонов является сооружениями пассивного типа, здесь применяется: каменная наброска, мощение, сборное железобетонное и монолитное бетонное, асфальтобетонное крепление, синтетическое покрытие, так же биологическое укрепление берегов[2]. При укреплении берегов и откосов плотин водохранилищ используется, каменная наброска, монолитные плиты, которые бетонируют на месте, или используют в сборно-монолитном виде. Разрушение железобетонных креплений и потеря устойчивости откоса происходит под влиянием ветро-волновых, ледовых и температурных воздействий. Минимальный объем земляных работ требуется при креплении откосов из монолитного железобетона, или из металлического шпунта, но данные крепления, значительно подвержены, осадочным деформациям. В 70-е годы XX века для крепления откосов берегов водоемов использовали отработанные покрышки засыпанные мелким камнем, так же биологическое крепление берегов и верховых откосов, с помощью гидропосева трав, применялось асфальтобетонное покрытие. Мало эффективным, оказалось, крепления из асфальтобетона, из-за влияния на покрытия температурных перепадов и нагрузок, оказываемых ледовыми явлениями. При биологическом креплении берегов для подводной части откоса для волн, имеющих высоту более 0,5 м эффективность защиты, резко ухудшается, для надводной части склона данный вид себя оправдывает [3].

Достаточно эффективны, для берегозащитных мероприятий применение комплексных технологий, современных синтетических покрывных и противодиффузионных материалов и традиционных берегозащитных дамб. При этой технологии создается проницаемое покрытие, имеющее открытые ячейки, которые заполняются гравием, склеенным между собой[4]. В настоящее время совершенствуются традиционные крепления из железобетона, которое включает сочетание мелкофракционных частей из железобетона с основой из гравийной подсыпки.

Остановимся более подробно на применении габионных креплениях как способе применения биоинженерных технологии, широкое применение получившем за рубежом, получившем в последние годы распространение в нашей стране. Такие сооружения отличаются отличными строительными качествами, относительной простотой возведения

и экономностью затрат, гармонично вписываются в береговую зону любого водного объекта, и не нарушают экологического равновесия, надежно защищают ее от негативных природных и техногенных воздействий [5]. Данный вид сооружения относится к сооружениям пассивной берегозащиты.

Габионы – ящик из металлической сетки, заполненный камнями. Способ крепления берегов габионами предложен итальянским инженером Павильсом в 1906 году. Габионы применяются в мелиоративном и водохозяйственном строительстве, для укрепления склонов и железнодорожного полотна, ограждения опасных участков и при противоэрозионных мероприятиях для укрепления оврагов. Для изготовления габионов применяются различные виды сеток (с квадратными, с ромбическими ячейками), но наибольшее распространение получили сетки двойного кручения с шестиугольными ячейками производства БОМС. В отличие от других сетка двойного кручения при повреждении не расплетается и габионная кладка не теряет своей прочности. Проволока для сетки применяется стальная оцинкованная, термически обработанная.

В последнее время цинковое покрытие заменяется гальфановым (сплав цинка и алюминия; содержание алюминия – 5%). Исследования показали, что покрытие из гальфана, в отличие от цинкового покрытия, имеет плотную тонкозернистую микроструктуру, при этом наличие в сплаве алюминия способствует моментальному образованию прочной сетки, которая препятствует дальнейшему развитию коррозии [6]. Таким образом, в случае изгиба или закручивания проволоки гальфановое покрытие не растрескивается. Кроме того, со временем процент содержания алюминия у поверхности возрастает в несколько раз, тем самым увеличивается сопротивление коррозии. Ещё одним немаловажным преимуществом гальфана является его прочность. При использовании габионов в агрессивной среде проволока дополнительно покрывается пластиковой оболочкой толщиной 0,4-0,6мм.

Габионы размером 2х1м и толщиной 0,3-0,5м называются матрасами Рено, по названию реки, на которой они впервые были применены.

Гибкие конструкции из габионов при подмыве или просадке грунта заполняют образовавшиеся пустоты [7]. Дальнейшее укрепление конструкций из габионов происходит за счет растительности. Сооружения забиваются грунтом через 5-10 лет и покрываются растительностью и сливаются с окружающим ландшафтом.

В России габионы начали применяться в 1908 году при строительстве Кругобайкальской железной дороги. Габионы применялись при строительстве водозаборного сооружения Унэгэтэйской оросительной системы в Бурятии. Изготовлением сетки и технологией по использованию габионов занималась БОМС СибНИИГиМ.

В Красноярском крае, к сожалению, при проектировании объектов мелиоративного и водохозяйственного строительства габионы не нашли своего применения, а возможно использовать для закрепления береговых линий рек, заливов [8].

В Красноярске последние годы габионы нашли широкое применение при строительстве и укреплении крутых склонов. На рисунках приведены примеры. (Рисунок 1, рисунок 2) Надеемся, что при возобновлении проектирования и строительства объектов мелиорации, габионы найдут применение, используя опыт других регионов Сибири.



Рисунок 1. Габионы у ТЦ «Июнь» Красноярск



Рисунок 2. Габионы на набережной Красноярска.

*Заключение.* Основными отличительными свойствами габионных конструкций, обеспечивающими их существенное преимущество, по сравнению с традиционно используемыми методами защиты, являются: прочность, гибкость, водопроницаемость, долговечность, экономичность и экологичность. Эксплуатация осушительных каналов может осуществляться до 30 лет без проведения ремонта с учетом соблюдения природоохранных мероприятий при креплении откосов канала осушительной системы матрасами, изготовленными из оцинкованной сетки двойного кручения с диаметром проволоки 3мм. Срок службы стальной проволоки, покрытый гальфаном и пластиком, даже в достаточно агрессивной среде превышает 100 лет.

### Литература

1. Пышкин, Б. А. Динамика берегов водохранилищ / Б. А. Пышкин // Киев : Наукова думка, 1973. – 416 с.
2. Левкевич, В. Е. Крепление берегов и верховых откосов подпорных сооружений гидроузлов Беларуси / В. Е. Левкевич. – Минск : БНТУ, 2019.–172 с

3. Кондратьев, В. Н. Гидропосев трав при использовании агрегата для ухода за гидротехническими сооружениями / В. Н. Кондратьев / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию, Ин-т мелиорации. – Минск, 2010. – 28 с
4. Кантаржи, И. Г. Накат волн на проницаемые закрепленные откосы / И. Г. Кантаржи, С. Л. Кивва, Н. В. Шунько // Инженерно-строительный журнал М., - 2014. - №6 – С.13–23.
5. ГеоИнфо ЭКСПО – 2020 Габбионы: достоинства, недостатки и возможности новых решений. [Электронный ресурс].-URL: <https://www.geoinfo.ru/product/konferencii-geoinfo/geoinfo-ehkspo-2020-41468.shtml> (дата обращения: 01.03.2020).
6. Экология. Справочник / Назначение и место берегоукрепительных работ в водохозяйственных мероприятиях. [Электронный ресурс].-URL: [https:// ru ecology.info](https://ru.ecology.info). (дата обращения: 01.03.2020).
7. GlobalScience.ru научно-популярные новости и статьи/ Берегоукрепительные работы. [Электронный ресурс].-URL: <http://globalscience.ru> (дата обращения: 01.03.2020).
8. Кажуховский, А.В Особенности разрушения берегов в заливе р. Тубы / А.В. Кажуховский, мат-лы Национал. науч. конф. (Красноярск, 17 мая 2019г.) / Краснояр. Гос. Аграр. ун-т.- Красноярск,. 2019.- С. 164-170

### Literature

1. Pyshkin, B. A. Dynamics of reservoir banks / B. A. Pyshkin // Kiev: Naukova Dumka, 1973. - 416 p.
2. Levkevich, V. E. Fixing of banks and upper slopes of retaining structures of waterworks in Belarus / V. E. Levkevich. - Minsk: BNTU, 2019. -172 p
3. Kondratev, V. N. Hidroposev grasses when using the unit for the care of hydraulic structures / V. N. Kondratev / Nauch. - prakt. center of the national Academy of Sciences of Belarus for agriculture and land reclamation. - Minsk, 2010. - 28 p.
4. Kantarzhi, I. G. Rolling waves on permeable fixed slopes / I. G. Kantarzhi, S. L. Kivva, N. V. Shunko // Engineering and construction magazine M., - 2014. - No. 6-P.13-23.
5. Geoinfo EXPO-2020 Gabions: advantages, disadvantages and opportunities of new solutions. [Electronic resource]. - URL: <https://www.geoinfo.ru/product/konferencii-geoinfo/geoinfo-ehkspo-2020-41468.shtml> (accessed: 01.03.2020).
6. Ecology. Reference book / Purpose and place of Bank protection works in water management activities. [Electronic resource]. - URL: [https:// ru ecology.info](https://ru.ecology.info). (date accessed: 01.03.2020).
7. GlobalScience.ru popular science news and articles/ Shore protection. [Electronic resource]. - URL: <http://globalscience.ru> (accessed: 01.03.2020).
8. Kazhukhovsky, A. V Especially the destruction of the coast in the Gulf of the Tuba river / A.V. Kazhukhovsky, Mat-ly National. scientific Conf. (Krasnoyarsk, may 17, 2019) / Krasnoyar. GOS. Agrarian. UN-t.- Krasnoyarsk,. 2019. - P. 164-170