

УДК 72.03

**Мустакимов Валерий Раифович**

кандидат технических наук, доцент

E-mail: [Mustakimovvr@yandex.ru](mailto:Mustakimovvr@yandex.ru)

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

**Мустакимов Альберт Валерьевич**

архитектор

E-mail: [architectus@mail.ru](mailto:architectus@mail.ru)

**ПСО «ФОРС»**

Адрес организации: 420044, Россия, г. Казань, ул. Волгоградская, д. 43

## Реновация приакваториальных зон г. Казани

### Аннотация

*Постановка задачи.* Целью исследования является выявление эффективности, целесообразности и необходимости комплексной реновации приакваториальных зон реки Волги, реки Казанки и озера Кабан, в пределах города Казани, с защитными берегоукрепительными инженерно-техническими мероприятиями и обустройством прибрежной территории в системе градоформирующей и транспортно-пешеходной структуры, на фоне интенсивного развития современной инфраструктуры и высоких требований к охране окружающей среды.

*Результаты.* Основные результаты исследования состоят в том, что комплексная реновация приакваториальных зон реки Волги, реки Казанки и озера Кабан с берегоукрепительными инженерно-техническими мероприятиями и обустройством прибрежной территории, позволит существенно повысить экологическую привлекательность древнего города Казани. Организовать интенсивный приток жителей города, республики и гостей к зонам культурного отдыха, сформированным реновацией, вблизи от естественных источников воды, усовершенствовать и систематизировать транспортно-пешеходную сеть локальных участков и города в целом.

*Выводы.* Значимость полученных результатов для градостроительной, архитектурно-строительной и реставрационно-реконструктивной сферы состоит в том, что в результате комплексного геотехнического преобразования и реновации береговых зон приакваториальных территорий реки Волги, реки Казанки и озера Кабан в пределах границ города Казани, повышается степень защиты городской приакваториальной территории от наводнений в паводковый период; укрепляется и обустраивается береговая зона; формируются зоны культурного времяпрепровождения и комфортного отдыха населения; создаются условия сохранения и поддержания требований по охране окружающей среды города-миллионника.

**Ключевые слова:** реновация, приакваториальная зона, подземные воды, водопонижение, берегоукрепление, обустройство, гидронамыв, шпунт, больверки, контрфорсы, ростверк, анкер.

### Введение

На примере крупных и крупнейших отечественных и зарубежных городов, расположенных на территориях, где протекают реки или вблизи от акваторий, представленных озёрами, морями или океанами, с исторических времён формируется и успешно реализуется тенденция эффективного и рационального использования укрепленных и обустроенных приакваториальных зон, в качестве экологически чистых участков для проведения тихого и активного отдыха различных групп населения. Для укрепления береговой зоны, усовершенствования городской структуры и обновления инфраструктуры прибрежной зоны города в его сформировавшейся ткани, как правило, возникает необходимость в реновации приакваториальных зон. Такая актуальная проблема в проведении реновации, присутствует и в городе Казани.

Реновация (от лат. «renovation» – обновление, возобновление) – процесс замещения, выбывающих в результате морального износа, устаревших градостроительных, архитектурно-строительных, объёмно-планировочных и берегоукрепительных решений приакваториальных зон городской структуры Казани, а также замены на новые, прочные и надёжные системы защиты береговых территорий от возможного наводнения в паводковый период календарного года. Реновация является в этом случае необходимым условием воспроизводства укрепления и обустройства береговой зоны, формирования зон культурного времяпрепровождения и комфортного отдыха населения, создания условий сохранения и поддержания требований по охране окружающей среды города, развивающего свою инфраструктуру на приакваториальной территории.

### **Краткая история формирования приакваториальных зон Казани**

Одной из главных достопримечательностей Казани, является, расположенное в городе озеро Кабан. Кабан – система трёх озёр (Нижний, Средний и Верхний). Озёра соединены проливами и имеют протяжение с севера на юг. Опорожнение воды из озера осуществляется посредством протоки Булака. Общая протяжённость озера – 6500 м, ширина – 350 м, глубина переменная и составляет от 5 до 12,5 м. Самое глубокое из них озеро Средний Кабан. Точную глубину определить сложно из-за толстого слоя ила, накопившегося на дне озера. Когда-то водоём славился своей кристально чистой водой, в нем вылавливали много рыбы, а на его берегах отдыхали горожане и гости города.

С происхождением названия озера связано множество древних легенд, историй и объяснений. Одно из объяснений в том, что слово «Кабан» происходит от древних тюркских корней «каб-куб», что переводится как «выемка в земле», «яма», в том числе и «водоём». Другая легенда связана с именем сына последнего болгарского хана Кабанбека. Когда город Булгар (город Болгар) – столицу Волжской Булгарии, завоевал аксак Тимур (хромой Тимур, правитель древнего Самарканда), спастись удалось немногим. Среди них оказался и сын последнего болгарского хана – Кабанбек – князь Кабан (он был беком или князем, поэтому звали его Кабанбеком). Уходя от преследования, израненные, истекающие кровью Кабанбек и его подданные, бежали на север, пробираясь через непроходимые леса, топи и болота и наконец вышли на берег большого красивого озера. Вода в озере оказалась целебной. Раны князя и его воинов, окропленные этой святой водой, быстро зажили. Вскоре на берегу озера был возведён дворец, а вокруг него – поселения беженцев – предков современных татар – волжских болгар. С тех пор это озеро и стали называть по имени болгарского хана Кабанбека – Кабаном.

Структурообразование и формирование Казани с тех времён происходило за счёт прироста слободами (Бикбулатов Р., Мустафин Р. Казань и её слободы. Казань, 2001. 208 с.), каждая из которых имела свою историко-территориальную или ремесленную специфику. Среди них отмечают Старая Татарская, Новая Татарская, Ямская, Подлужная, Мокрая, Красная, Суконная, Ягодная, Игумнова, Пороховая, Кизическая, Козья, Слобода Гривка, Архангельская, Госпитальная и Академическая слободы. Историческое своеобразие развития градостроительной культуры и урбанизация исследованы в работе [1]. Поддержание и ремонт старых и исторических зданий описаны в работе [2]. Стратегия обновления архитектурно-исторической среды, изложена в работах Айдаровой Г.Н. Деревянные жилые кварталы Казани. Старо-татарская слобода: история и современность // Жилищное строительство. 2018. № 12. С. 45-49 и Надыровой Х.Г. Развитие градостроительной культуры Волго-Камья X-середины XVI веков: итоги исследования // Известия КГАСУ. 2009. № 1 (11). С. 9-12 и в работах [3, 4].

Главная легенда и история озера Кабан связана с исчезнувшей ханской казной, клад которой не найден до сих пор. Предполагается, что на дне озера покоятся несметные сокровища. Эта легенда и все, что с ней связано, во всех подробностях описывается в книге татарского писателя Рафаэля Мустафина «Тайны озера Кабан». Автору книги эту давнюю историю рассказал потомок семьи Азимовых, приближенной к казанскому хану. По преданию, передававшемуся из поколения в поколение, когда в 1552 году город осаждало войско Ивана IV Грозного, вся ханская казна была ночью тайно опущена на дно озера, где-то в северной его части. По некоторым предположениям сейчас это район торгового центра «Алтын».

Эта история имеет своё продолжение и даёт полезную геотехническую информацию о состоянии донной части озера. В 1950 г. во время криминально-поисковых работ в акватории озера, вблизи от торгового центра «Алтын», железная «кошка», при помощи которой обследовали дно, зацепилась за тяжёлый предмет небольших размеров, который сорвался и исчез под водой в мощном слое ила, накопившегося за весь период существования озера.

Один из исторических этапов формирования города Казани был заложен болгарским ханом Кабанбеком на северном берегу озера Кабан и получил развитие до левобережья р. Казанки, с перспективой заселения левой береговой территории р. Волги.

Интенсивная эксплуатация в течение длительного периода прибрежной зоны озера, с возведением производственных предприятий, которые потребляли воду из озера и сбрасывали свои стоки туда же, привело к тому, что на дне накопился толстый слой ила.



а)



б)



в)

Рис. 1. Исторические этапы эксплуатации и застройки приакваториальных зон озера Кабан  
(источники: <http://www.xn--80aaxucapghcr.xn--p1ai/kazan?page=6>;  
<http://www.iske-kazan.ru/photoalbum#>; <https://pastvu.com/p/d/t/v/3/tv3saux6v81ccmxlz6.jpg>):  
а) судоходное озеро в 1905-1915 гг; б) озеро с береговой застройкой;  
в) пристань на озере Средний Кабан. Архирейская Дача в 1900-1910 гг.

Поэтому, если не предпринять решительные меры по устранению этой экологической проблемы, озеро как акватория может просто исчезнуть. До 1980 г. озеро считалось одним из самых загрязнённых, поэтому экологами ему был присвоен пятый, самый низкий класс. Длительное время целый ряд предприятий сливал отходы прямо в озеро, а водоросли, разрастающиеся в интенсивном режиме, активно выделяли сероводород.

После проведения ряда мероприятий по очищению и благоустройству берега, озеру был присвоен четвёртый класс. Вода в озере не может самоочищаться из-за отсутствия в ней планктона; мутность воде придаёт и слой водорослей.

Только с середины XX в., с целью сохранения и оздоровления акватории озера, стали предприниматься комплексные меры по полному исключению неочищенных стоков в озеро от приакваториальных объектов, а также по осуществлению инженерно-технических, берегоукрепительных и экологических мероприятий. С этой целью, отечественными проектировщиками и учёными, с привлечением иностранных специалистов, разработаны различные варианты проектных решений по оздоровлению и обустройству озера.

После процедур согласования с общественностью и руководством РТ был принят основной вариант проектного решения, который поэтапно на постоянной основе реализуется в настоящее время.

Прирастая слободами, Казань преимущественно расширялась и развивалась в западном направлении к левобережью реки Волги, а также в северном и северо-западном направлении, к акватории реки Казанки. С точки зрения градостроительной концепции развивающегося города, это закономерно и научно обосновано. Приближение границ Казани к крупным судоходным акваториям способствует решению вопросов обеспечения водой, транспортных перевозок, оздоровления и отдыха горожан.

Вместе с тем, в течение обозримого исторического периода существования города Казани и других прибрежных городов и поселений Республики Татарстан Волжского бассейна известны периоды негативного влияния воды акватории Волги на безопасность жизнедеятельности людей при паводковом повышении уровня в весенне-летний период календарного года.

### **Гидрологическая обстановка и безопасность жизнедеятельности при паводке в Казани**

По сведениям известного казанского журналиста и краеведа Льва Жаржевского, в «Реальном времени», в отдельные годы резкое потепление в весенний период приводит к половодью и подтоплению приакваториальных районов и городов, расположенных вдоль берега Волги, включая Казань. «...Казань, богатая водными ресурсами, нередко становилась заложницей своего «богатства»», – пишет краевед.

Одно из крупных наводнений постигло город весной 1926 г. Как отмечают специалисты, причиной этому крупному наводнению послужил антициклонический характер погоды, преобладающей в январе 1926 года.

С февраля по апрель 1926 г. выпало много снега, толщина которого в бассейне Верхней Волги достигала 1 метра. В связи с тем, что в апреле установилась холодная погода, постепенное таяние снега было нарушено. Интенсивный процесс таяния снега произошёл лишь в конце апреля и поспособствовал подъёму воды во всех реках Волжского бассейна.

Уже в мае 1926 г. половодье приобрело опасный для нормальной жизнедеятельности характер. По хронологическим записям, только в Казани подъём уровня воды подтопления составил около 15 метров, что сопоставимо только с аналогичным случаем 1719 года.

Масштаб и последствия подъёма уровня воды в реках и озёрах бассейна Верхней Волги, включая реку Казанку и протоку Булак, расположенные в черте города, запечатлены на фотографиях того исторического периода (рис. 2).

Специалистами Верхне-Услонского водомерного поста Татарстана отмечено, что именно в мае 1956 года зафиксирован один из высших уровней воды на всей акватории Волги, включая город Казань. Так же установлено, что причиной подтопления Казани и его окрестностей паводковыми водами, по мнению специалистов и учёных, является его неудачное географическое и высотное-топографическое расположение, в приакваториальной зоне Волги, с точки зрения обеспечения безопасных санитарно-гигиенических и гидрогеологических условий.

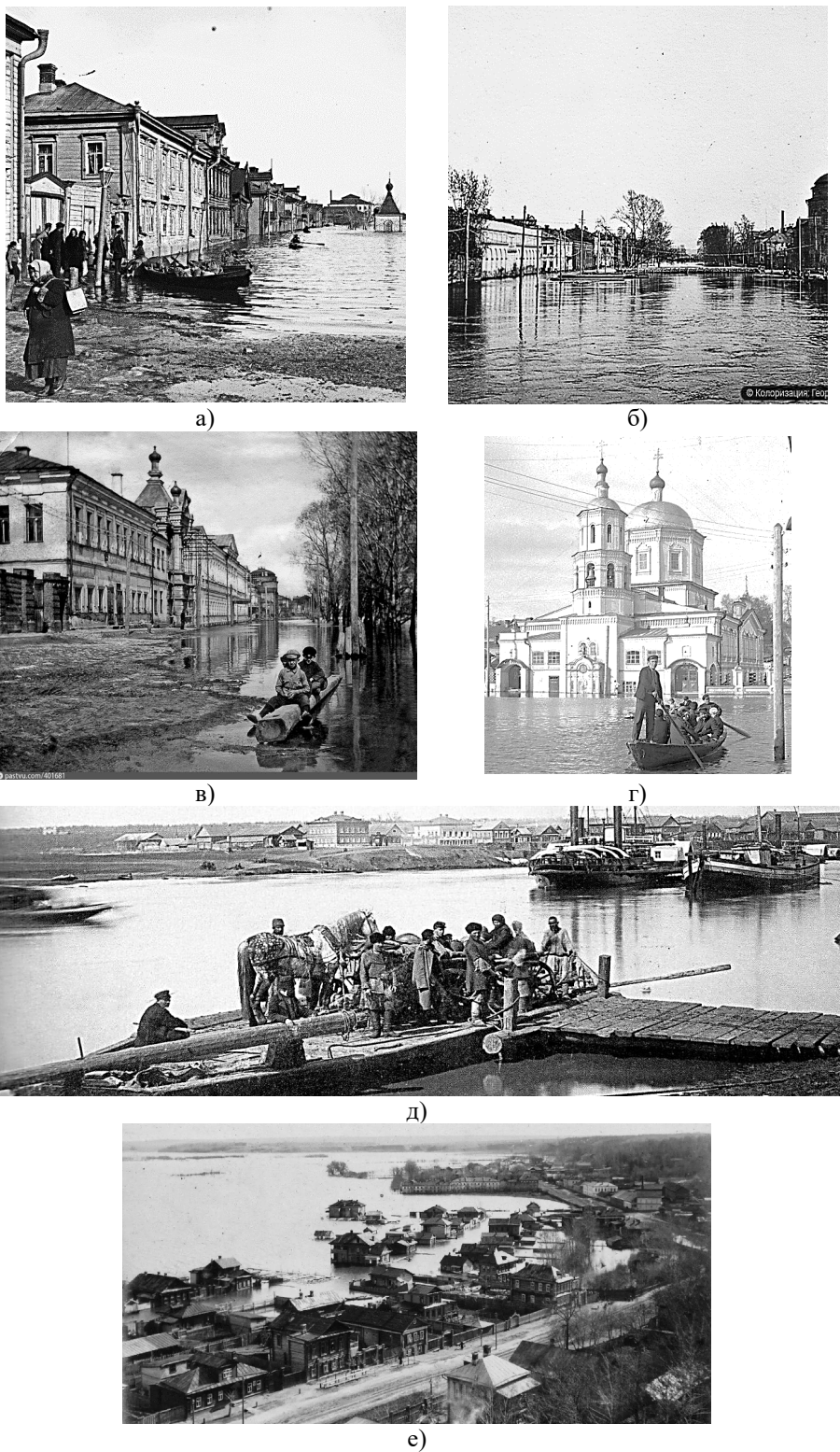


Рис. 2. Последствия повышения уровня воды в реках и озёрах бассейна Верхней Волги и подтопление улиц с постройками в Казани в мае 1926 года (источник: [https://pastvu.com/\\_p/a/y/l/w/ylwx5xr0lypbwqnda5.jpg](https://pastvu.com/_p/a/y/l/w/ylwx5xr0lypbwqnda5.jpg); <https://pastvu.com/p/552648>; <https://pastvu.com/p/401681>; <https://pastvu.com/p/366868>; [https://pastvu.com/\\_p/a/l/x/w/lxw5h3m1kqpe2ivf1k.jpg](https://pastvu.com/_p/a/l/x/w/lxw5h3m1kqpe2ivf1k.jpg); [https://pastvu.com/\\_p/a/y/v/e/yve0614plp9sbcvwl.jpg](https://pastvu.com/_p/a/y/v/e/yve0614plp9sbcvwl.jpg)):  
а), б) подтопление улиц Казани, застроенной деревянными зданиями;  
в) протока Булак во время наводнения (1926 г.);  
г) подтопление Георгиевской церкви на Суконной слободе;  
д) Игумнова слобода в период разлива; е) разлив на Подлужной улице Казани

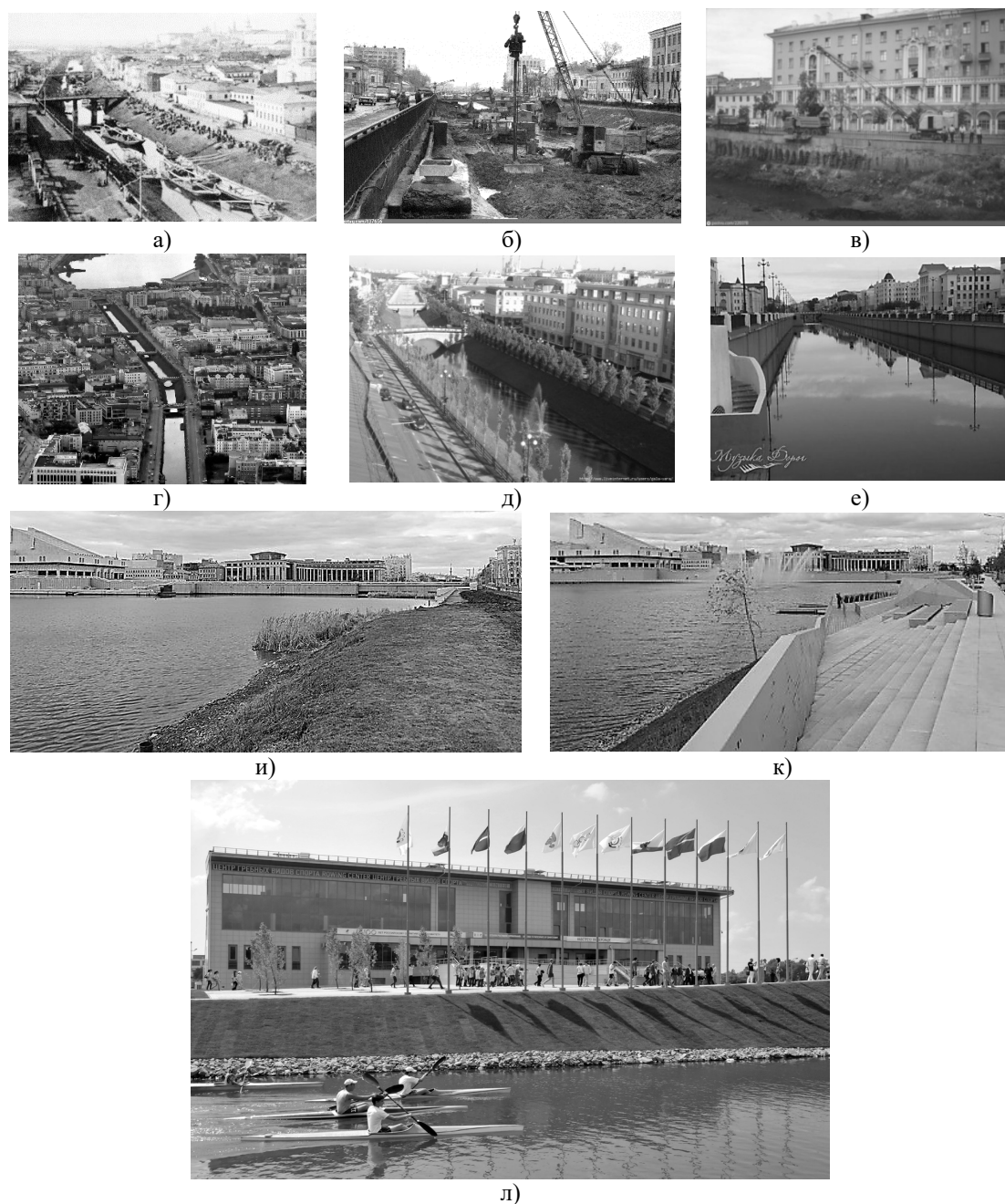


Рис. 3. Сопоставительно-аналитический ряд реновационно-реконструктивных инженерно-технических мероприятий по укреплению и обустройству береговой зоны протоки Булак и озера Кабан в пределах границ города Казани (источник: <https://where-you.com/user/ilnur-gatin-6451561#images-8>; <https://pastvu.com/p/437656>; <https://pastvu.com/p/220378>; <http://project517169.tilda.ws/gallery>; [https://www.personalguide.ru/rossiya/kazan/excursion/rechka-protoka\\_bulak](https://www.personalguide.ru/rossiya/kazan/excursion/rechka-protoka_bulak); <https://parusvlg.ru/kazan/>; [https://gre4ark.livejournal.com/687254.html?utm\\_referrer=mirtesen.ru](https://gre4ark.livejournal.com/687254.html?utm_referrer=mirtesen.ru); [http://shop.sportacadem.ru/catalogue\\_goody-goody\\_id-90.html](http://shop.sportacadem.ru/catalogue_goody-goody_id-90.html)):

- а) общий вид протоки Булак до реконструкции и укрепления берегов;
- б) расширение русла, возведение вертикальных подпорных стен с отметки дна Булака (1990 г.);
- в) обустройство береговой зоны с озеленением откосов (1997 г.);
- г) современный вид на протоку Булак; д) укрепленные подпорными стенами, обустроенный грунтовыми откосами и озелененный участок протоки;
- е) безопасный для жизнедеятельности подъем уровня воды в русле протоки Булак (2019 г.);
- и) берег озера Кабан до укрепления и обустройства; к) то же, после реновации (2019 г.);
- л) обустроенный берег озера Кабан в зоне Гребного канала

Поэтому вопросы защиты города Казани от природных катаклизмов, вызванных подтоплением в паводковые периоды, имеют государственное значение, ими занимаются специалисты на регулярной основе, включая настоящий период. Конечно, глядя на современные конструктивно укрепленные дамбы, одетые в бетон и камень, береговые зоны акваторий Волги, Казанки, Кабана, обустроенные инженерными водоотводящими и дренажными коммуникациями, уже с трудом можно представить ту опасность, которая существовала в предыдущий период.

Комплексное обустройство береговых зон позволяет избежать неблагоприятных экологических последствий, характерных для стихийного использования приакваториальных пространств. Выборочные историко-архивные этапы систематизированного формирования комплексных берегоукрепительных мероприятий, с целью защиты приакваториальных зон от размывания при повышении и снижении уровня воды в протоке Булак и озере Кабан, приведены на (рис. 3).

Гидрогеологическая обстановка в Казани требует постоянного мониторинга для обеспечения безопасности жизнедеятельности горожан при ежегодных паводках.

### Система ливневой канализации в гидрологических условиях Казани

В период выпадения единовременных интенсивных дождевых осадков, значительно превышающих нормативный суточный уровень для природно-климатических условий Казани, наблюдается ещё один вид подтопления отдельных участков города с пониженными абсолютными высотными отметками поверхности земли.

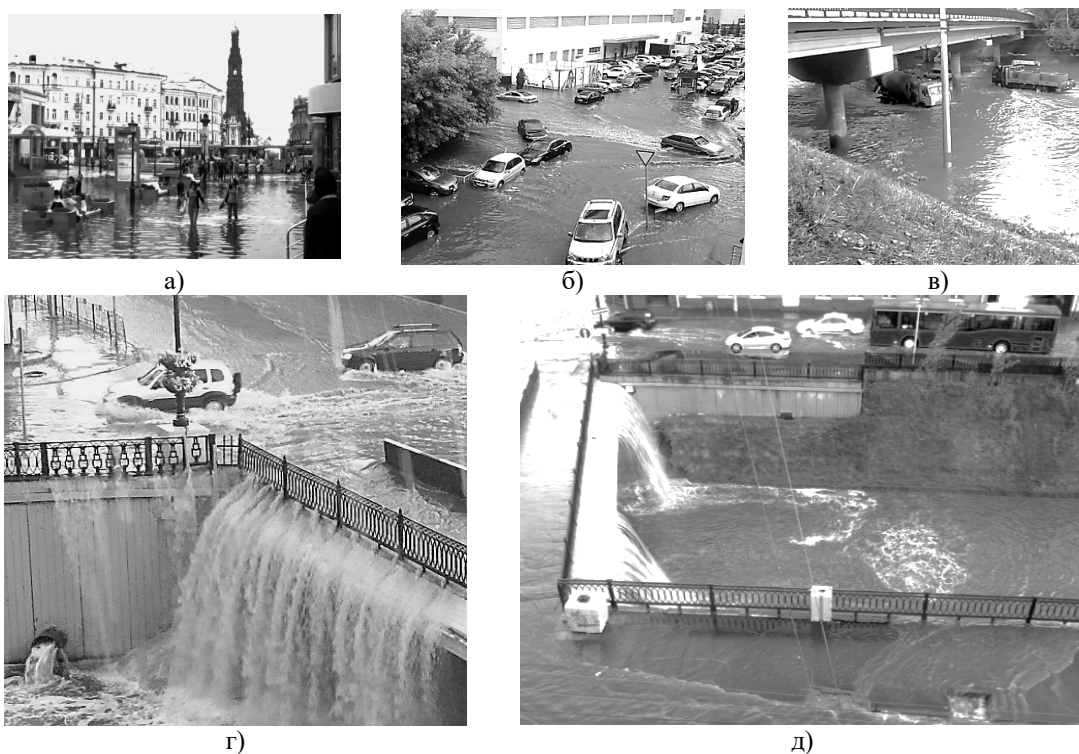


Рис. 4. Последствия подтопления пониженных участков современной территории города Казани после одного из ливней

(источники: <https://kazan.bezformata.com/listnews/kazan-plivushaya-tcentr-stolitci/76140368/>;  
<https://news.sputnik.ru/obschestvo/f97f9261956afed8126f80b507ef76e663921874>;

[https://yandex.ru/images/search?pos=0&cbir\\_id=2372696%2FuuVhYSLFs1PaUK8oDeCJsQ&img\\_url=https%3A%2F%2Fi.yimg.com%2Fvi%2F4RRC1CvH-10%2Fmaxresdefault.jpg&rpt=imagelike](https://yandex.ru/images/search?pos=0&cbir_id=2372696%2FuuVhYSLFs1PaUK8oDeCJsQ&img_url=https%3A%2F%2Fi.yimg.com%2Fvi%2F4RRC1CvH-10%2Fmaxresdefault.jpg&rpt=imagelike);

<https://prokazan.ru/news/view/102436/tags/194>; [http://www.tat-t.ru/www/news/2015/6/24-13-30-22-669\\_s.jpg](http://www.tat-t.ru/www/news/2015/6/24-13-30-22-669_s.jpg));

а) вид на улицу Баумана вблизи со станцией метро «Тукаевская»;

б) автомобильной развязки вблизи компрессорного завода;

в) пониженный участок двухуровневой автомобильно-железнодорожной развязки;

г, д) перелив воды дождевых осадков в акваторию протоки Булак в центральной части города

К таким зонам, как показывает опыт и наблюдения специальных служб МЧС РТ, относятся:

- центральная часть города, на пересечении пешеходной улицы Баумана с улицей Татарстан, вблизи станции метро «Тукаевская», с частым затоплением станции и подземного пешеходного перехода;
- автомобильная развязка вблизи компрессорного завода;
- пониженный участок проезжей части дороги на двухуровневой автомобильно-железнодорожной развязке (рис. 4 а-в).

В результате обильных дождей происходит затопление пешеходных переходов и отдельных станций метро (Тукаевская), транспортно-пешеходных магистралей и мостовых проездов и переходов. Один из примеров перелива воды дождевых осадков в акваторию протоки Булака, центральной части города, приведён на (рис. 5г, д).

Анализ фотоснимка на (рис. 5а), позволяет констатировать, что общий объём дождевой воды, переливающейся через мостовые сооружения с поверхности, значительно превышает объём воды, сливающейся из трубы ливневой канализации.

Следовательно, существующая система подземной ливневой канализации города, не в состоянии воспринять и беспрепятственно сбросить фактический объём дождевых стоков, поэтому вода самотёком переливается с поверхности в пониженные зоны. При этом создаются чрезвычайные ситуации с угрозой жизнедеятельности.

Причиной формирования, накопления и повышения уровня дождевой воды подтопления является устаревшая и неэффективная система подземной ливневой канализации города Казани, которая не обновлялась с середины 50-х годов.

Усилиями руководства РТ, мэрии Казани, специалистов, служб МЧС РТ, архитекторами и градостроителями, осуществляется комплекс мер по практическому искоренению создавшейся проблемы в устаревшей инфраструктуре развивающегося города-миллионника. В первую очередь разработан и согласован генеральный план города Казани с перспективой развития его инфраструктуры, включая развитую систему надёжной ливневой канализации. Реализация научно-обоснованных решений по обновлению структуры города с реновацией её инженерной инфраструктуры, запланирована до 2040 года. В ближайшее время будет введена крупная насосная станция «Заречная» и цех по обработке иловых отходов. В соответствии новому генплану, уже с 2018 года, на одном из проблемных участков с регулярным подтоплением (рис. 4б), расположенном вблизи компрессорного завода, выполняются работы по возведению современной системы подземной ливневой канализации, которая впоследствии объединится в единую систему.

### **Зарубежный опыт возведения и эксплуатации системы ливневой канализации**

Наглядным и убедительным примером надёжной и безаварийной работы городской системы ливневой канализации может служить японская ливневая канализация, которая напоминает настоящий подземный город. Она впечатляет своими масштабами и применяемыми технологиями. В Японской столице городе Токио никогда не возникают проблемы, связанные с подтоплением улиц в результате выпадения обильных осадков или наводнений. Эти стихийные бедствия уже с 1992 года предотвращаются хорошо налаженной разветвлённой подземной системой Шатокан Гайкаку Хоусуй Ро (Shutoken Gaikaku Housui Ro), которая представляет собой современное инженерное сооружение – главный водный резервуар японской столицы (рис. 5).

Важно, что эта инженерная система выполняет не только функцию ливневой канализации, но и предназначена для того, чтобы собирать паводковую и дождевую воду под Токио во время разлива рек и тайфунов для предотвращения затопления города. Подземное сооружение, общей протяжённостью 6,3 км, находится на глубине 50 м. Резервуар состоит из пяти залов, каждый из которых высотой 65 м с внутренним диаметром 32 м. Все залы соединены между собой туннелями диаметром по 10 м. В самом большом зале расположены 59 водяных помп, каждая мощностью в 14 тысяч лошадиных сил. В условиях чрезвычайных ситуаций помпы могут перекачивать до 200 тонн воды в секунду. При заполнении резервуара водой до контролируемого уровня, она начинает перетекать самотёком в огромный подземный зал через туннель. Когда бункеры оказываются почти переполненными, вода начинает перетекать в огромный подземный



зал шириной 78 м, высотой 25 м, длиной 177 м, расположенный в конце туннеля. После отстоя в подземном зале, вода насосами откачивается в реку Эдогава в любое время: как во время ливня, так и после его окончания, так как общая вместимость системы достаточно велика. Контроль и управление этой сложной, гигантской и масштабной системой осуществляется из надземного центра. Впечатляющим является и то, что этот комплекс частично обеспечивает себя электроэнергией, за счёт солнечных батарей, установленных на крыше здания центра управления.

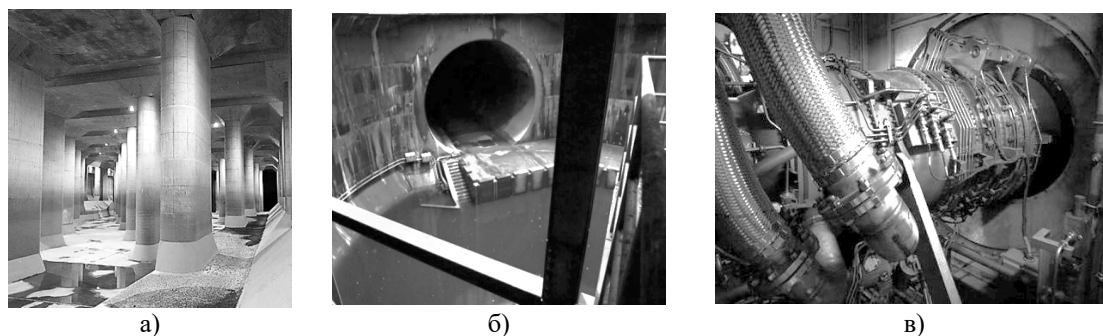


Рис. 5. Подземная система Шатокан Гайкаку Хоусуй Ро (Shutoken Gaikaku Housui Ro) в Токио (<https://www.liveinternet.ru/users/weissewolf/post124024151/>):

- а) пяти зальный подземный резервуар-накопитель высотой 65 м;  
б) горизонтальный туннель диаметром 10 м; в) водяная помпа мощностью 14000 л.с.

Таким образом, в мировой и отечественной практике существуют современные эффективные системы ливневой канализации, опыт эксплуатации которых применим в условиях Казани.

#### **Катастрофическое снижение уровня воды в акватории Волжско-Камского бассейна и акваториях Казани**

В 2010 и 2019 гг. в акватории реки Казанки, и других акваториях рек и заливов на территории Татарстана, наблюдался обратный процесс наводнению – снижение уровня воды. Привычный для горожан Казани уровень воды в Казанке понизился до катастрофически низкого уровня.

Обнажились островные участки акваторий, погибло много рыбы, нарушился процесс нереста и баланс пришлых и местных водных обитателей, разрушены особо охраняемые территории, функционально связанные с водой акваторий. Нарушено речное судоходство. Уровень воды понизился ниже нормативного уровня пристаней (рис. 6).

По мнению учёных и специалистов, причиной этому послужил необоснованно большой сброс воды из акватории Куйбышевского водохранилища, аномально высокая температура в летний период и дефицит осадков в весенне-летний период. Среди этих причин большую долю потери водного объёма занимает сверхнормативный сброс воды из Куйбышевского водохранилища.

Значительно пострадали Волгоградская и Астраханская области Волжского бассейна, где ситуация существенно сложнее.

С целью сохранения гидрологического баланса, плановые сбросы воды осуществляются ежегодно и контролируются специальными службами российской энергетической компании ПАО «РусГидро».

В 2019 году произошёл сбой плановых гидрологических мероприятий, что вызвало негативные последствия, связанные с существенным снижением уровня воды в Волжском бассейне и акваториях бассейна рек Татарстана и соседних регионов.

Следовательно, для реновации приакваториальных территорий и улучшения экологической обстановки Казани важен регулярный контроль, установленный службами «РусГидро», за наполнением Куйбышевского водохранилища и остального каскада водохранилищ водой реки Волги на оптимальных отметках.

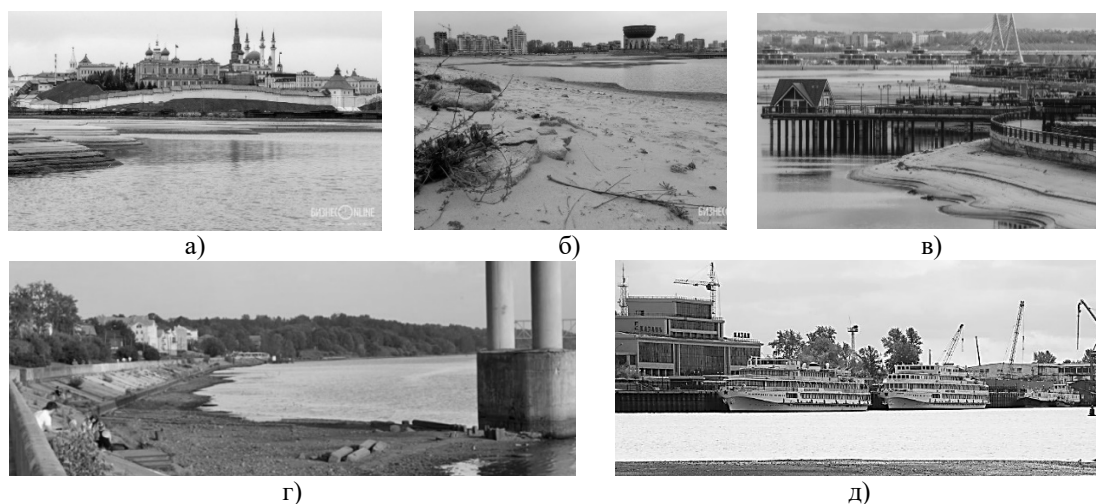


Рис. 6. Последствия сверхнормативного снижения уровня воды в Куйбышевском водохранилище в 2019 г., Волжско-Камского бассейна и реке Казанке (источник: <https://m.business-gazeta.ru/photo/423517>; <https://green-city.su/vody-vsyo-menshe/>; <https://nvdaily.ru/info/160532.html>):

- а) оголение береговой зоны Казанского Кремля;
- б) то же, береговая зона вблизи от центра бракосочетания «Казан»;
- в) оголение берегоукрепительных и защитных конструкций зоны отдыха на набережной Казанки;
- г) оголение устоев мостовых опор; д) скопление речных теплоходов у пристани речного порта Казани, в связи со снижением уровня воды в Волге

### **Инженерно-геологические, гидрогеологические условия приэкваториальных зон и современная гидрологическая обстановка в акватории Волжского бассейна**

В геологическом строении исследованной площадки с расположением конструкций подпорной стены, принимают участие современные искусственные насыпные грунты, современные озерно-болотные отложения, верхнечетвертичные аллювиально-делювиальные отложения и неогеновые аллювиально-озёрные отложения.

С поверхности до глубины изучения 25 м геологическое строение площадки представлено следующими инженерно-геологическими элементами (ИГЭ):

- ИГЭ № N1A – торф неогеновый ( $\gamma=19,9\text{кН/м}^3$ ,  $c=16\text{кПа}$ ,  $\varphi=19^0$ ,  $E=3,1\text{МПа}$ );
- ИГЭ № N2A – глина неогеновая полутвёрдая ( $\gamma=20,3\text{кН/м}^3$ ,  $c=59\text{кПа}$ ,  $\varphi=19^0$ ,  $E=16\text{МПа}$ );
- ИГЭ № N2A3 – глина неогеновая слабо заторфованная полутвёрдая, твёрдая ( $\gamma=16,3\text{кН/м}^3$ ,  $c=39\text{кПа}$ ,  $\varphi=16^0$ ,  $E=6,4\text{МПа}$ );
- ИГЭ № N2АП – глина неогеновая с примесью органических веществ полутвёрдая ( $\gamma=18,5\text{кН/м}^3$ ,  $c=38\text{кПа}$ ,  $\varphi=18^0$ ,  $E=9,1\text{МПа}$ );
- ИГЭ № N2Б – глина неогеновая тугопластичная ( $\gamma=19,3\text{кН/м}^3$ ,  $c=51\text{кПа}$ ,  $\varphi=18^0$ ,  $E=13\text{МПа}$ );
- ИГЭ № N2БП – глина неогеновая с примесью органических веществ тугопластичная ( $\gamma=18,4\text{кН/м}^3$ ,  $c=37\text{кПа}$ ,  $\varphi=16^0$ ,  $E=9,0\text{МПа}$ );
- ИГЭ № N3A – суглинок неогеновый полутвёрдый ( $\gamma=20,9\text{кН/м}^3$ ,  $c=50\text{кПа}$ ,  $\varphi=19^0$ ,  $E=16\text{МПа}$ );
- ИГЭ № N3Б – суглинок неогеновый тугопластичный ( $\gamma=19,9\text{кН/м}^3$ ,  $c=33\text{кПа}$ ,  $\varphi=17^0$ ,  $E=11\text{МПа}$ );
- ИГЭ № N6A – песок мелкий неогеновый насыщенный водой, средней плотности ( $\gamma=19,6\text{кН/м}^3$ ,  $c=2\text{кПа}$ ,  $\varphi=31^0$ ,  $E=31\text{МПа}$ );
- ИГЭ № НМ – намывной грунт малой и средней степени водонасыщения ( $\gamma=18,9\text{кН/м}^3$ ,  $\varphi=25^0$ ,  $E=16\text{МПа}$ );
- ИГЭ № НС – насыпные грунты разнородные ( $\gamma=18,9\text{кН/м}^3$ ,  $\varphi=7^0$ ,  $E=11\text{МПа}$ );
- ИГЭ № 2В – глина мягкопластичная ( $\gamma=17,4\text{кН/м}^3$ ,  $c=21\text{кПа}$ ,  $\varphi=12^0$ ,  $E=5,4\text{МПа}$ );
- ИГЭ № 2ВП – глина с примесью органических веществ мягкопластичная ( $\gamma=17,8\text{кН/м}^3$ ,  $c=20\text{кПа}$ ,  $\varphi=13^0$ ,  $E=5,1\text{МПа}$ );

- ИГЭ № 2ГД – глина текуче пластичная, текучая ( $\gamma=17,6\text{кН/м}^3$ ,  $c=16\text{кПа}$ ,  $\varphi=11^\circ$ ,  $E=4,2\text{МПа}$ );
- ИГЭ № 3А – суглинок полутвёрдый ( $\gamma=21,1\text{кН/м}^3$ ,  $c=24\text{кПа}$ ,  $\varphi=21^\circ$ ,  $E=16\text{МПа}$ );
- ИГЭ № 3ГД – суглинок текуче пластичный, текучий ( $\gamma=19,0\text{кН/м}^3$ ,  $c=13\text{кПа}$ ,  $\varphi=17^\circ$ ,  $E=3,7\text{МПа}$ );
- ИГЭ № 7А – песок средней крупности насыщенный водой, средней плотности ( $\gamma=20,2\text{кН/м}^3$ ,  $c=1\text{кПа}$ ,  $\varphi=33^\circ$ ,  $E=28\text{МПа}$ );
- ИГЭ № 7А – песок средней крупности насыщенный водой ( $\gamma=20,7\text{кН/м}^3$ ,  $\varphi=36^\circ$ ,  $E=40\text{МПа}$ );
- ИГЭ № 7АР – песок средней крупности насыщенный водой, рыхлый ( $\gamma=19,0\text{кН/м}^3$ ,  $\varphi=27^\circ$ ,  $E=17\text{МПа}$ ).

Результаты исследования особенностей формирования и изменения гидрогеологической и экологической обстановки в приэкваториальных зонах, включая, Казань, приведены в работе авторов «Проблемы геотехники в современном строительстве и реконструкции зданий и сооружений Казани» // Известия КГАСУ, 2006. № 2 (6). С. 66-68 и в работах других исследователей [4-11].

Следует отметить, что в исследованном массиве грунтового основания набережной выделяются специфические грунты, в том числе искусственные (насыпные, намывные), органо-минеральные, «слабые» и грунты рыхлой плотности сложения.

Органо-минеральные и «слабые» грунты на площадке изысканий обнаружены во всех инженерно-геологических выработках и залегают в виде единой толщи в интервалах абсолютных отметок 44,62-50,74 м.

Органо-минеральные и «слабые» грунты характеризуются сильной сжимаемостью и низкими показателями физико-механических свойств.

Пески мелкие ИГЭ № 6АР и пески средней крупности ИГЭ 7АР характеризуются рыхлой плотностью сложения. Вскрыты во всех выработках в интервале абсолютных отметок 40,68-49,84 м, кроме выработок № 3, 8, 11, 14, 19-21, 24, 30-32.

Неогеновые органо-минеральные грунты: глины твёрдые, полутвёрдые и туго пластичные с примесью органических веществ ИГЭ №№ N2АП, N2БП и глины слабо заторфованные текуче пластичные ИГЭ № N2ГЗ залегают в интервале абсолютных отметок 43,44-33,65 м.

На площадке вскрыто два водоносных горизонта: четвертично-аллювиальный и неогеновый.

Четвертично-аллювиальный горизонт залегают на абсолютных отметках 52,42-53,90 м, вскрытый неогеновый – на абсолютных отметках 35,44-38,65 м.

Локальным водоупорным слоем для четвертичных отложений служат глинистые грунты неогенового возраста, которые залегают на абсолютных отметках 40,54-44,94 м.

Гидрогеологические условия площадки зависят от гидрологического режима Куйбышевского водохранилища, акватория которого захватывает долины рек Волги и Казанки.

Хронология инструментального наблюдения за изменением уровня воды, позволяет констатировать, что максимальный уровень реки Волги у города Казани при естественном режиме наблюдался в 1926 году и составил 56,19 м при нормальном подпорном уровне (НПУ) 53,00 м (БС). В 1979 г. уровень воды водохранилища, составил 54,77 м (БС), что тоже превысило НПУ на 1,77 м. Зафиксировано, что максимальные проектные уровни для периодов половодий с вероятностью превышения 0,1 % – 57,90 м (БС), 1 % – 57,10 м (БС), 5 % – 56,40 м (БС). Минимальный уровень воды был замерен к концу навигационного периода, который составил – 49,10 м (БС).

В зимний период уровень воды понизился до абсолютной отметки – 45,60 м (БС). Минимальный уровень в акватории реки Казанки в 1993-2005 гг. зафиксирован на абсолютной отметке – 48,95 м (БС), а в 2011 г. – 50,90 м (БС).

Максимальный уровень воды в районе берегоукрепительных работ в период 1993-2005 гг. – 54,77 м (БС), а в 2011 г. – 52,66 м (БС).

Таким образом, установление гидрологического режима регулирования и поддержания безопасного для жизнедеятельности уровня воды в Куйбышевском водохранилище, с учётом геоэкологических рисков, является актуальной задачей.

Критерии функционирования и регулирования уровня воды в Волжском бассейне при помощи системы гидроузлов ГЭС, приведены на рис. 7.

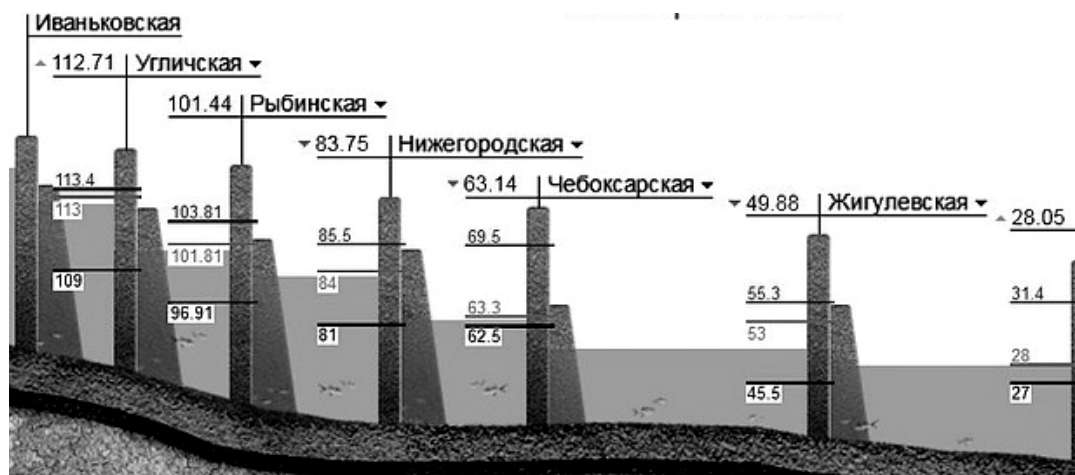


Рис. 7. Схема расположения ГЭС на реке Волге с обозначением ФПУ, НПУ и УМО.  
Расположение основных гидроузлов Волжского бассейна с нормативными и экстремальными высотными абсолютными отметками водохранилищ (источник: <https://master-fisher.ru/wp-content/uploads/2019/05/volga-3.jpg>)

Анализ инженерно-геологических условий приакваториальных зон Казани показал особенность нерегулярного наслоения инженерно-геологических элементов различного генезиса в пределах исследованной территории и зависимость гидрогеологических условий площадок для реновационных мероприятий от гидрологического режима Куйбышевского водохранилища.

### **Берегоукрепление и защита приакваториальной зон р. Казанки и озера Кабан**

Приакваториальная территория реки Казанки находится в режиме постоянного укрепления береговой зоны и её обустройства с обеспечением требуемой безопасности населения и инфраструктуры Казани от подтопления паводковыми водами и размывания берегов. С этой целью вдоль берегов реки осуществляется комплекс инженерных берегоукрепительных мероприятий с возведением конструкций подпорных стен. В рамках требований технического регламента о безопасности зданий и сооружений Федерального закона № 384-ФЗ, Правительство РФ, руководство Татарстана и города Казани защитным мероприятиям уделяют серьёзное внимание. Для надёжной защиты приакваториальных зон, специалистами осуществляются научно-практические изыскания, разрабатываются проектные решения, возводятся специальные берегоукрепительные сооружения с дополнительным инженерно-техническим инструментальным обследованием, вновь возведённых подпорных и удерживающих конструкций перед их сдачей в эксплуатацию. Так в апреле 2014 года специалистами ГУП «Татинвестгражданпроект», под научно-техническим руководством авторов, выполнены работы по инженерному обследованию технического состояния конструкций подпорных стен по объекту: «Берегоукрепительные работы на левом берегу Казанки» (Заказ № 7749, Инв. № 2399-ТЗ).

В соответствии с требованиями по обеспечению безопасности жизнедеятельности, при чрезвычайных случаях повышения уровня воды в Волжском бассейне, абсолютная отметка подошвы ленточного ростверка принята равной 49,150 м (БС), отметка низа анкерной плиты – 52,00 м (БС), а отметка верха подпорной стены назначена равной 55,30 м (БС), что на 300 мм выше абсолютной отметки обреза плотины ГЭС Куйбышевского водохранилища (рис. 8). НПУ составляет 53,00 м (БС). В связи этим, высота подпорной стены составляет 6,15 м. Численные значения абсолютных отметок конструкций береговой защиты, продиктованы НПУ Куйбышевского водохранилища, заполненного в 1957 году и зарегулированным режимом поверхностных и подземных вод

всего района Казани. Бассейн водохранилища, ежегодно наполняясь в периоды весенних половодий до НПУ, затем в течение всего года сбрасывается до минимальных уровней. К концу навигационного периода (летне-осенней межени) в маловодные годы уровень в водохранилище понижается до отметок 49,10-49,20 м. В зимний период за счёт максимального уменьшения объёма его уровень к весеннему наполнению может быть понижен до отметок 45,60-45,70 м.

Конструктивно укреплена и обустроена береговая зона театральной площади, вблизи театра Камала. Надёжно сформирован узел опорожнения воды озера в протоку Булак, через водовод, проложенный под проезжей частью улицы Татарстан.



Рис. 8. Берегоукрепительная подпорные стены вдоль акваториальной зоны реки Казанки (иллюстрации автора): а) общий вид конструкции подпорной стены с контрфорсами; б) сваи, погруженные вдоль берега Казанки; в) возведение монолитного железобетонного ростверка и подпорной стены с контрфорсами; г) подпорная стена с анкерными тягами, удерживаемая анкерной плитой; д, е) инструментальное обследование конструкций подпорной стены; е) общий вид и нормальное техническое состояние конструкций подпорной стены со стороны Казанки по состоянию на 2019 г.

На берегу озера Средний Кабан находится крупный спортивный комплекс – Центр гребных видов спорта, где проходили соревнования по гребле 16-17 июля 2011 года, гонки этапа чемпионата мира «Формула-1» на воде «F1H<sub>2</sub>O» и во время Универсиады 2013 года. Сейчас комплекс является местом тренировок атлетов по всем видам гребли.

Инженерным обследованием, проведённым на основании ГОСТ Р 53778-2010 и ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга...»;

СП 13-102-2003 «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений» и в соответствии: СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции»; СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений»; СП 63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции», было установлено, что техническое состояние строительных конструкций подпорных стен, включая: больверки, контрфорсы, ростверки, анкера и анкерные плиты, оценены, как имеющие работоспособное техническое состояние, и рекомендованы к завершению строительства согласно проекту 7749-АС и сдачи в эксплуатацию.

Конструкция постоянного гидротехнического берегоукрепительного сооружения III класса квалифицируется, как подпорная стенка вертикального углового профиля, возведённая на забивных железобетонных сваях сечением 350×350 мм, длиной 12 м, погруженных в два ряда вдоль набережной с замерным шагом 1,25 м. Несущая способность сваи С 120-35 по грунту – 700 кН. Больверк (монолитная железобетонная вертикальная стена) толщиной 300 мм, с рёбрами жёсткости (контрфорсами) толщиной 250 мм, размещёнными с шагом 2500 мм вдоль всей длины подпорной стены, установлен на монолитный железобетонный ленточный ростверк. За каждый из контрфорсов подпорной стены, при помощи стальных тяжёлых диаметром 42 мм, длиной 15830 мм, произведено крепление за удерживающие анкерные железобетонные плиты 1АП 50.15. Инструментальным обследованием установлено, что конструкции монолитных стен выполнены из тяжёлого бетона для гидротехнических сооружений, зоны переменного уровня воды, класса В25 (М350), F200, W8 и соответствуют требованиям ГОСТ 26633-91\* и проектным решениям. Монолитная железобетонная анкерная плита 1АП 50.15 выполнена из бетона класса БСГ В25 (М350), П4, F50, W8 ГОСТ 7473-94 по щебёночной подготовке толщиной 150 мм. Расчётное усилие на растяжение на каждую анкерную тягу составляет 25,0 тонн. По длине подпорная стена разделена температурно-усадочными швами на деформационные блоки. Длина блоков составляет 10,0 и 20,0 м. Составлено и оформлено техническое заключение с выводами и рекомендациями. Результаты исследований находятся в архиве ГУП ТИГП, часть из которых приведены на рис. 10.

Анализ мероприятий по берегоукреплению и защите приакваториальных зон р. Казанки и озера Кабан показал, что это сложные инженерно-строительные мероприятия, которые должны проводиться системно с применением современных конструкций на основе результатов планомерных наблюдений за работой всей береговой системы Казани.

### **Заключение**

1. Реновация всех приакваториальных зон Казани, включающая берегоукрепительные, защитные инженерно-технические и гидрологические мероприятия, должны осуществляться с учётом научно-обоснованных, режимных изменений нормативного уровня воды в Камском водохранилище с НПУ 53,00 м (БС). Обследованные авторами, вновь возведённые современные конструктивные типы подпорных стен и защитных береговых укреплений реки Казанки, а также существующие берегоукрепительные сооружения вдоль протоки Булак, оцениваются, как достаточные и соответствующие требованиям безопасной для жизнедеятельности высоты береговых ограждений, равной 53,00 м (БС).

2. С целью исключения и предотвращения подтопления пониженных участков территории города Казани в периоды максимального выпадения дождевых осадков, существующая система городской ливневой канализации в регулярном режиме должна находиться в работоспособном состоянии. По состоянию на 2020 год, физически и морально устаревшая, возведённая в середине 50-х годов, ливневая канализация Казани, уже не справляется с экстремальными потоками дождевых осадков и не может оцениваться, как работоспособная до полноценной реализации комплексного проекта генерального плана города Казани, завершение которого запланировано в 2040 г.

3. При разработке рабочей документации и выполнении строительно-монтажных и реновационно-реконструктивных работ по воплощению системы ливневой канализации в составе нового генерального плана Казани следует учитывать отечественный и зарубежный передовой опыт выполнения подобных систем ливнеотводов с эффективным использованием собранной воды в народно-хозяйственных целях.

**Список библиографических ссылок**

1. Mahtab Zaman, Igea Troiani. Transdisciplinary Urbanism and Culture : Springer International Publishing AG, 2018. 232 p.
2. Mike Lydon, Anthony Garcia. Tactical urbanism : Island Press, 2015. 255 p.
3. Cullinane J. Maintaining and Repairing Old and Historical Buildings. Hoboken : John Wiley & Sons, Inc, 2013. 264 p.
4. Преображенский Ю. В. Районы Нижнего Новгорода и Перми: особенности восприятия жителями // Географический вестник. 2019. № 1 (48). С. 33–41.
5. Закирова Ю. А., Хуснутдинова С. Р., Дембич А. А. Полицентричность города Казань: возможности и ограничения развития административных районов // Географический вестник. 2018. № 2 (45). С. 62–71.
6. Городецкая В. М. Волга – больше чем река: Экологическая агитбригада // Чем развлечь гостей. 2013. № 1. С. 17–19.
7. Михайлов А. М. Оценка состояния сети ливневой канализации города Красноярск: проблемы и особенности управления // Молодой учёный. 2017. № 44 (178). С. 70–72.
8. Чупин В. Р. Повышение эффективности управления муниципальным имуществом на примере инженерных сооружений по приёму поверхностных сточных вод // Вопросы региональной экономики. 2016. № 2. С. 83–99.
9. Карпенко Н. П. Геоэкологический риск: анализ, оценки, управление. Геоэкологические проблемы природообустройства. М. : Palmarium Akademik Publishing, 2014. 152 с.
10. Доронкина И. Г., Борисова О. Н. Эколого-экономическая эффективность технологических процессов очистки сточных вод // Сервис в России и за рубежом. 2015. № 4. С. 112–121.
11. Labunska I., Brigden K., Santillo D., Kiselev A., Johnston P. Russian Refuse III. Investigation of organic and heavy metal contaminants input and distribution in selected rivers of the Russian Federation // Greenpeace Research Laboratories Technical Note. 2014. № 4. P. 14–18.

**Mustakimov Valery Raifovich**

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: [Mustakimovvr@yandex.ru](mailto:Mustakimovvr@yandex.ru)

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

**Mustakimov Albert Valerievich**

architect

E-mail: [architectus@mail.ru](mailto:architectus@mail.ru)

**PSO «FORCE»**

The organization address: 420044, Russia, Kazan, Volgogradskaya st., 43

**Renovation of Kazan's aquatorial zones****Abstract**

*Problem statement.* The purpose of the study is to identify the effectiveness, feasibility and need for a comprehensive renovation of the near – equatorial zones of the Volga, Kazanka and Kaban rivers, within the city of Kazan, with protective coastal engineering measures and the arrangement of the coastal territory in the system of city-forming and transport-pedestrian structures, against the background of intensive development of modern infrastructure and high requirements for environmental protection.

*Results.* The main results of the research are that the complex renovation of the near-Equatorial zones of the Volga, Kazanka and Kaban rivers, with coast-protecting engineering and technical measures and the development of the coastal territory, will significantly increase the

environmental attractiveness of the ancient city of Kazan. Organize an intensive influx of residents of the city, Tatarstan and guests to the cultural recreation zones formed by the renovation near natural water sources, improve and systematize the transport and pedestrian network of local sections and the city as a whole.

*Conclusions.* The significance of the results to urban design, architectural restoration and reconstruction of the sphere, as a result of complex geotechnical transformation and renovation of coastal areas prequaternary areas of the rivers Volga and Kazanka river and Kaban lake within the boundaries of the city of Kazan, is to: improve the degree of protection prequaternary urban areas from flooding during the flood period; the strengthening and improvement of the coastal zone; the formation of cultural areas-stop and comfortable rest of the population; creation of conditions to preserve and maintain requirements for the protection of the environment of megacities.

**Keywords:** renovation, near-equatorial zone, underground water, water drainage, bank protection, arrangement, hydraulic sinking, sheet pile, bolverki, buttresses, grillage, anchor.

### References

1. Mahtab Zaman, Igea Troiani. *Transdisciplinary Urbanism and Culture* : Springer International Publishing AG, 2018. 232 p.
2. Mike Lydon, Anthony Garcia. *Tactical urbanism* : Island Press, 2015. 255 p.
3. Cullinane J. *Maintaining and Repairing Old and Historical Buildings*. Hoboken : John Wiley & Sons, Inc, 2013. 264 p.
4. Preobrazhenskiy Yu. V. Districts of Nizhny Novgorod and Perm: features of perception by the residents // *Geograficheskiy vestnik*. 2019. № 1 (48). P. 33–41.
5. Zakirova Yu. A., Khusnutdinova S. R., Dembich A. A. Polycentricity of the city of Kazan: opportunities and limits of the administrative districts development // *Geograficheskiy vestnik*. 2018. № 2 (45). P. 62–71.
6. Gorodetskaya V. M. Volga-more than a river: Environmental campaign team // *Chem razvlech' gostey*. 2013. № 1. P. 17–19.
7. Mikhailov A. M. Assessment of the state of the storm sewer network in the city of Krasnoyarsk: problems and features of management // *Molodoiy uchoniyy*. 2017. № 44 (178). P. 70–72.
8. Chupin V. R. Improving the efficiency of municipal property management on the example of engineering structures for receiving surface wastewater // *Voprosi regionalnoy ekonomiki*. 2016. № 2. P. 83–99.
9. Karpenko N. P. *Geoecological risk: analysis, assessment, management. Geoecological problems of nature management*. M. : Palmarium Akademik Publishing, 2014. 152 p.
10. Doronkina I. G., Borisova O. N. Ecological and economic efficiency of technological processes of wastewater treatment // *Service v Rossii i za rubegom*. 2015. № 4. P. 112–121.
11. Labunska I., Brigden K., Santillo D., Kiselev A., Johnston P. *Russian Refuse III. Investigation of organic and heavy metal contaminants input and distribution in selected rivers of the Russian Federation* // *Greenpeace Research Laboratories Technical Note*. 2014. № 4. P. 14–18.