



УДК 627.42

Хафизов Айрат Райсович

доктор технических наук, профессор

E-mail: chafizov@mail.ru

Башкирский государственный аграрный университет

Адрес организации: 450001, Россия, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, д. 34

Камалетдинов Фидан Франгилович

инженер

E-mail: kamaletdinoff.fidan@yandex.ru

Якушкина Алла Борисовна

инженер

E-mail: yakushkina_alla@mail.ru

Недосеко Игорь Вадимович

доктор технических наук, профессор

E-mail: nedoseko1964@mail.ru

Уфимский государственный нефтяной университет

Адрес организации: 450062, Россия, г. Уфа, ул. Космонавтов, д. 1

Строительные регуляционные системы для защиты берегов реки Уфы в районе водозаборов города Уфы

Аннотация

Постановка задачи. Целью исследования является выбор принципиальных конструкций строительных регуляционных систем для защиты берегов реки Уфы в районе водозаборов города Уфы. Поставлена задача на основе полученных научных результатов инженерно-геологических и гидрологических исследований нижнего течения реки Уфы в районе трех крупных водозаборов города Уфы разработать строительные регуляционные системы в районах водозаборов. Под разработкой понимается выбор принципиальных конструкций и обоснование их основных параметров.

Результаты. По результатам исследований параметров современных русловых процессов и анализа тренда русловых деформаций выявлены основные проблемы реки Уфы в районе трех крупных водозаборов города Уфы: на участке Северного водозабора – размыв берега; водозабора ТЭЦ-2 – посадка уровня воды; Южного водозабора – заиление берега с локальным размывом. Для решения выявленных проблем предложены следующие строительные регуляционные системы: на участке Северного водозабора – удлинение существующего крепления берега; водозабора ТЭЦ-2 – создание продольной дамбы, сужающей русло; Южного водозабора – устройство шпор в сочетании с локальным креплением.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в разработке принципиальных строительных регуляционных систем, учитывающих русловые процессы и тренд русловых деформаций на рассматриваемом участке. Строительные системы разработаны для трех наиболее вероятных русловых процессов: размыв берега, посадка уровня воды и заиление берега.

Ключевые слова: строительные регуляционные системы, водозабор, гидрологические и инженерно-геологические исследования, русловые деформации, посадка уровня, шпоры, продольные дамбы, берегоукрепительные работы.

Введение

Современное состояние реки Уфы во многом определяется возросшей техногенной нагрузкой на реку и ухудшением гидролого-экологического режима реки и активизацией процессов переформирования русла. Нижнее течение реки Уфы характеризуется наличием русловых деформаций, посадкой уровня воды, размывами дна и берегов реки. Приведенные негативные процессы ухудшают условия водозабора и судоходства, а также размывают откосы и основания искусственных сооружений (мостов, подводных переходов и т.п).

Целью работы является разработка (выбор принципиальной конструкции и обоснование основных параметров конструкции) строительных регуляционных систем для защиты берегов реки Уфы в районе водозаборов города Уфы.

Современное гидрологическое состояние реки Уфы и существующие проблемы анализировались по результатам новейших комплексных исследований, проведенных Башкирским филиалом РосНИИВХ. Выбор принципиальных строительных регуляционных систем и обоснование их основных параметров производились на основе выявленных проблем и современного состояния реки. Основным способом защиты предлагается искусственное формирование устойчивого русла (крепление берега, продольные дамбы и шпоры).

Современное состояние реки Уфа в районе города Уфы

Река Уфа является второй по величине рекой республики и самым крупным притоком реки Белой. Площадь водосбора – 53,1 тыс. км², длина – 918 км. Река берет свое начало на северо-восточном склоне горы Юрмы в Челябинской области и впадает в реку Белую в створе 487 км чуть выше г. Уфы. От истоков к устью течение реки меняется от северного и северо-западного на южное и юго-западное направление. В среднем течении река Уфа зарегулирована Павловским водохранилищем. Участок реки Уфы в районе города Уфа, расположенный ниже Павловского водохранилища, относится к нижнему течению. Для исследования русловых процессов на реке Уфе в районе города Уфы были выбраны участки в трех крупных водозаборах: Северный водозабор, водозабор технической воды ТЭЦ-2 и Южный водозабор.

Исследования дна и берегов реки Уфа в районе города Уфы

При комплексных исследованиях, проведенных Башкирским филиалом РосНИИВХ в 2016-2019 гг., изучались гидрологические режимы, инженерно-геологические условия и русловые процессы в нижнем течении реки Уфы. Выполнены полевые и лабораторные исследования грунтов дна и берегов, проведены батиметрические и топографические съемки участков, комплексное гидрологическое обследование.

В результате полевых и камеральных работ разработана следующая документация:

1. Планы батиметрических съемок трех исследуемых участков в масштабе 1:5000;
2. Поперечные профили по выбранным морфостворам участков;
3. Топографический план для трех исследуемых участков в масштабе 1:5000.

В результате инженерно-геологического обследования местности выявлено [1], что по рельефу земной поверхности исследуемые участки отличаются развитием увалистых и холмистых равнин с преобладанием широколиственных лесов и серых лесных почв. Большие лесные массивы сохранились в водосборе реки Уфы на крутых склонах, вершинах водоразделов, балках и карстовых воронках. Водосборы нижней части реки Уфы отличаются пологоувалистым рельефом и сильным развитием карста. Почвы – аллювиальные луговые, темно-серые лесные и черноземы оподзоленные. Грунты – аллювиальные и делювиальные четвертичные суглинки, глины, пески и галечники с гипсами, выходящими на дневную поверхность, ангидридами, известняками и доломитами.

Так же был проведен комплекс работ по оценке современной динамики посадки уровней, оценке параметров русловых процессов и транспорта наносов, выполнен прогноз русловых деформаций при различных колебаниях водности в исследуемых створах водозаборов реки Уфы. Проведенные исследования показали [1], что в период межени на исследуемых участках русло формируется свободно, без стеснений. Русловые процессы нижнего течения реки Уфы относятся к типу свободного меандрирования русла. Результаты расчета транспортирующей способности потока показали, что взвешенные наносы мало влияют на характер русловых процессов на исследуемых участках.

Результаты исследований позволили разработать строительные регуляционные системы с учетом полученных параметров современных русловых процессов и прогноза русловых деформаций для каждого из участков водозаборов.

Защита берегов и дна от размыва р. Уфы на участке Северного водозабора

Исследуемый участок (в дальнейшем – Северный водозабор) охватывает три водозабора: Северный инфильтрационный, Ковшовый поверхностный и Шакшинский подрусловой.

Основной проблемой участка Северного водозабора реки Уфы является значительная боковая эрозия, приводящая к размыву берегов. На участке сформированы две излучины (рис. 1). Северный ковшовый водозабор расположен на излучине № 1, Северный инфильтрационный – на излучине № 2. При повороте русла, вода устремляется к вогнутому берегу, подмывает его. На рис. 1 направления потока показаны стрелками. Поверхностные струи направлены к вогнутому берегу и образовавшийся поперечный уклон водной поверхности вызывает перемещение донных струй от вогнутого берега к выпуклому. Возникает винтообразное движение воды в потоке, приводящее к углублению русла реки у вогнутого берега и накопление донных наносов у выпуклого берега [2, 3]. Вогнутый берег становится обрывистым, начинает отступать, увеличивая кривизну изгиба и ширину долины реки, а выпуклый берег – заиливается.

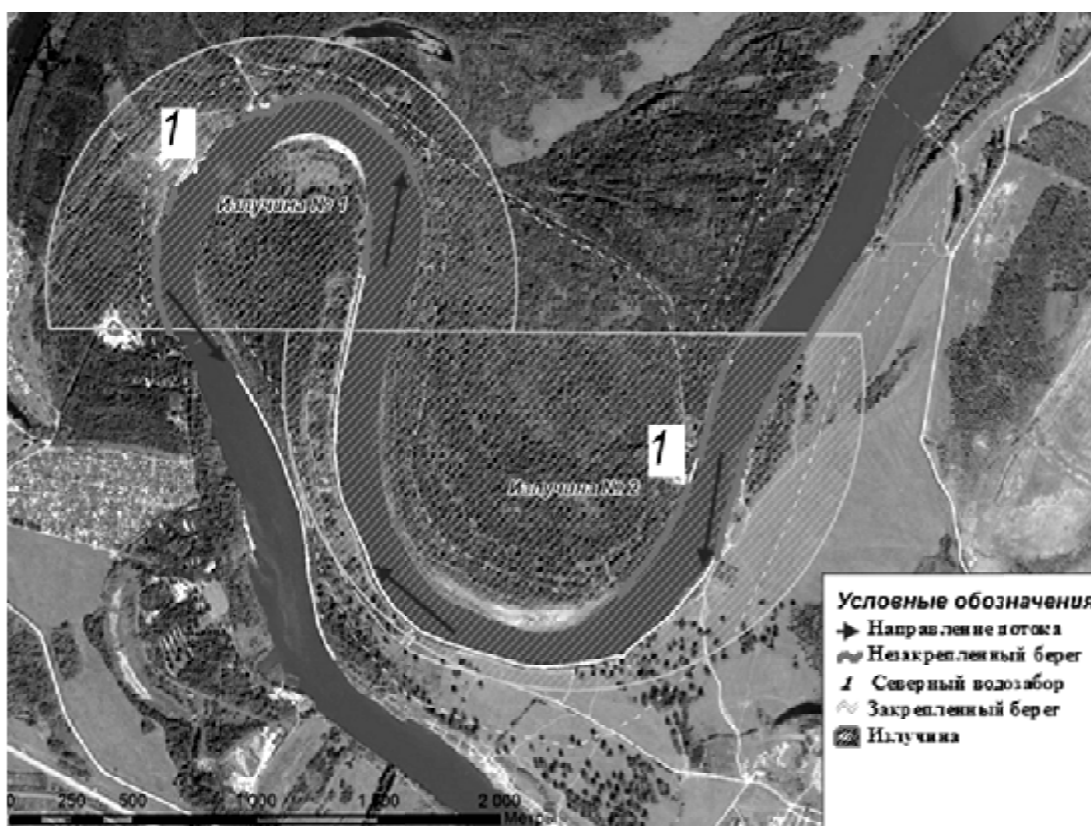


Рис. 1. Русловые деформации реки на участке Северного водозабора по излучинам (иллюстрация авторов)

Самым неблагоприятным извилистым участком, с точки зрения возможного негативного влияния на работу водозаборов, является участок низовых точек перегиба русла [4], где в результате циклических процессов постепенного увеличения извилистости русла, благодаря размыву его вогнутых берегов, развороту и смещению излучин, возможно образование прорыва перешейка со спрямлением русла. В настоящее время от прорыва перешейка защищает существующее крепление берега в виде каменной наброски.

Проектирование новых защитных сооружений на участке Северного водозабора необходимо выполнить с учетом имеющихся берегоукрепительных сооружений, которые уже сдерживают и предотвращают деформации размываемых берегов. На Северном водозаборе размывается неукрепленный левый берег общей длиной 1610 м и неукрепленный правый берег длиной 1090 м.

Анализ плановых и высотных деформаций, показал, что в местах, где есть укрепления берега, плановые деформации либо не происходят, либо значительно уменьшаются. Так, после проведения берегоукрепительных работ, смещение укрепленных бровок берегов более чем за 10 лет не произошло. Тренд русловых деформаций на участке Северного водозабора показывает снижение плановых деформаций. На данный момент составляет 1,6 м в год.

После изучения и анализа берегоукрепительных сооружения [5] было выявлено, что наиболее приемлемыми способами защиты берега от размыва являются каменная наброска, железобетонные плиты и матрацы Рено.

Каменная наброска состоит из несортированного рваного камня в виде горной массы. Железобетонные плиты представляют собой накладку бетонных плит на откосы рек. Для такого вида крепления применяются плиты различных размеров и форм. Плиты укладываются на однослойный обратный фильтр толщиной 0,2 м из песчано-гравийной смеси. Матрацы Рено – это объемная проволочная конструкция, выполненная из сетки с шестиугольными ячейками, изготовленная способом двойного кручения. Матрацы Рено укладываются на слой из обратного фильтра или дренирующего слоя из песка.

Наиболее экономичный тип берегоукрепления определен технико-экономическим обоснованием. Расчет стоимости крепления выполнен по объему основного крепления.

Наиболее экономичным является крепление берега из каменной наброски в виде горной массы (табл.). Предлагается для дальнейшей разработки.

Таблица

Стоимости строительства выбранных вариантов крепления

Тип крепления	Стоимость объема 1 м ³ основного крепления, руб.	Объем крепления, м ³	Общая стоимость основного крепления (в ценах 2001 г.), рублей
Каменная наброска в виде горной массы	214	70 956	15 397 452
Матрац Рено	1336	14 782	19 749 420
Железобетонные плиты	3167	11 826	37 452 942

Каменная наброска отсыпается из рваного камня средних размеров (от 15 до 70 см) и укладывается на слой из обратного фильтра или дренирующего слоя из песка, щебня и гравия. Основное крепление снизу у подошвы откоса подпирается упорной призмой. Рекомендуемые размеры: толщина основного крепления – 1,2 м и диаметр камня – 0,4 м. Параметры фильтра и призмы назначаются конструктивно (рис. 2).

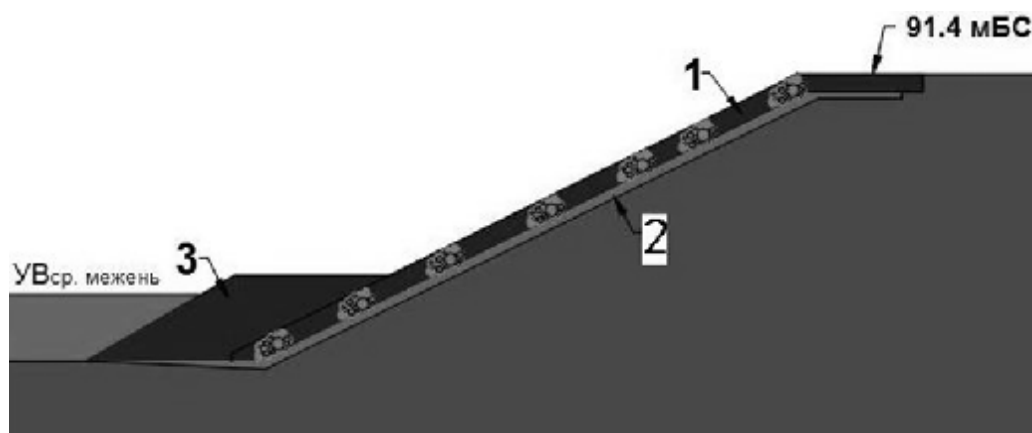


Рис. 2. Принципиальная конструктивная схема берегоукрепления из каменной наброски:
1 – основное крепление из камня; 2 – подготовка однослойная (обратный фильтр);
3 – условный упор (призма или зуб) (иллюстрация авторов)

Строительные работы рекомендуется проводить в меженный период при минимальных уровнях воды стандартными способами:

1. отсыпка призмы производится способом «отсыпки в воду»;
2. устройство крепления проводят «способом насухо».

Защита берегов и дна от размыва р. Уфы на участке Южного водозабора (ЮВ)

На исследуемом участке реки происходит локальная, но значительная боковая эрозия, ведущая к размыву части вогнутого левого берега. Продукты размыва (взвешенные и донные наносы), влекомые циркуляционным течением, направляются к вогнутому правому берегу, где расположены водозаборные скважины Южного водозабора (далее – ЮВ), за счет которого происходят аккумулятивные процессы в районе водозаборных скважин (рис. 3). Такой процесс становится причиной относительно быстрой кольматации водозаборных скважин.

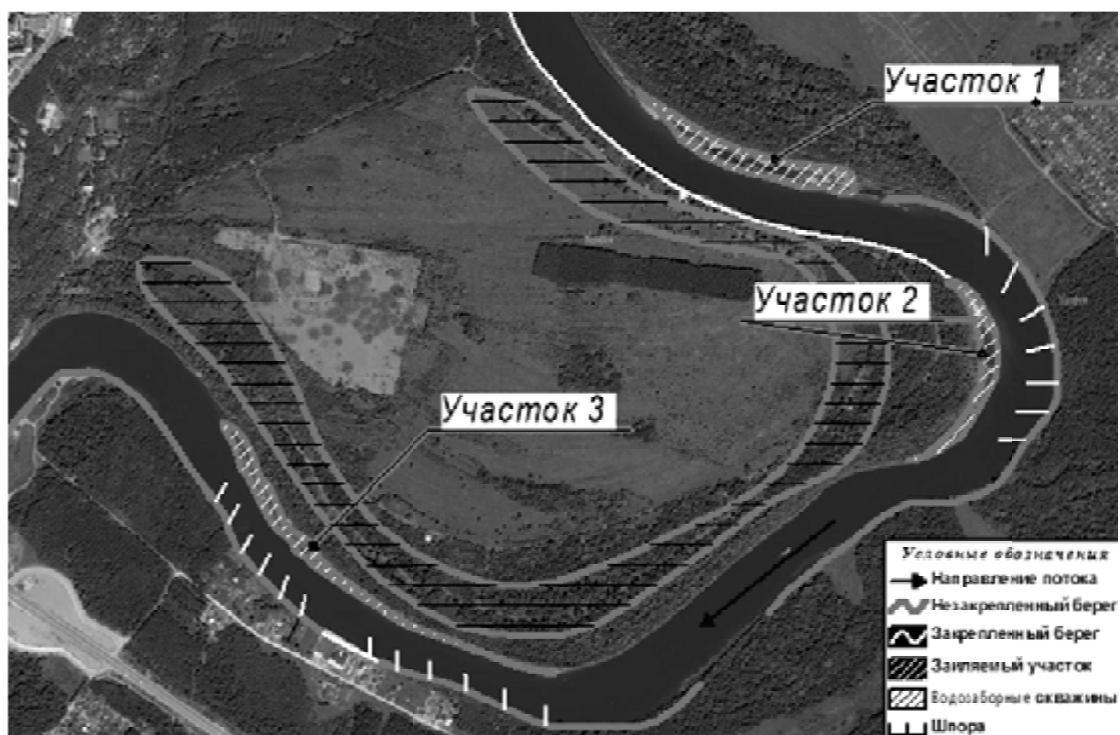


Рис. 3. Размываемые и заиляемые части реки на участке Южного водозабора.
Схематическое расположение шпор (иллюстрация авторов)

На ЮВ размывается левый неукрепленный берег длиной – 3100 м. Так, после проведения берегоукрепительных работ, смещения закрепленных откосов берегов в течение более чем 10 лет не произошло. Тренд русловых деформаций на участке ЮВ показывает стабилизацию деформаций на уровне 1,2 м.

Согласно проведенным исследованиям [1] в русле реки Уфы на участке ЮВ происходят одновременно два русловых процесса: размыв левого берега и аккумуляция наносов на правом берегу. За счет формирования «П»-образного изгиба, образуются три отдельных участка заиления и два участка размыва – в начале и в конце изгиба (рис. 4). В связи с этим, предлагается использовать комбинированный метод защиты [6]. На одной части берега установить пассивную защиту (крепление берега), а на другой – активную защиту (устройство шпор). При этом оба сооружения будут воспринимать различные динамические нагрузки [7].

Для крепления берегов и дна русла р. Уфы на участке ЮВ от размыва по аналогии с Северным водозабором предлагается каменная наброска.

Шпоры устанавливаются под углом 60° к течению потока, но не перекрывают его (рис. 3). Шпоры не только защищают берег от размыва, но и направляют течение реки в

противоположный берег (где происходит аккумуляция наносов) и размывают отложившиеся наносы с этого берега. Шпоры отсыпают в виде каменной наброски, как наиболее экономичный вариант. Предлагается следующая конструкция шпоры (рис. 5): длина – 28 м, ширина по верху – 3 м, заложение откосов 1:1,5 (рис. 4). Расстояние между шпорами – 96 м, количество шпор – 19 шт.

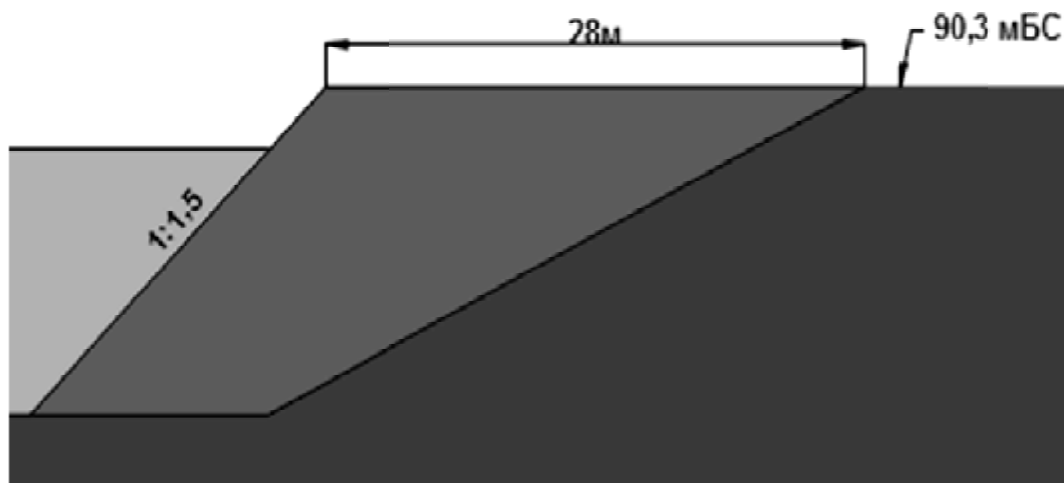


Рис. 4. Принципиальная конструктивная схема шпор (иллюстрация авторов)

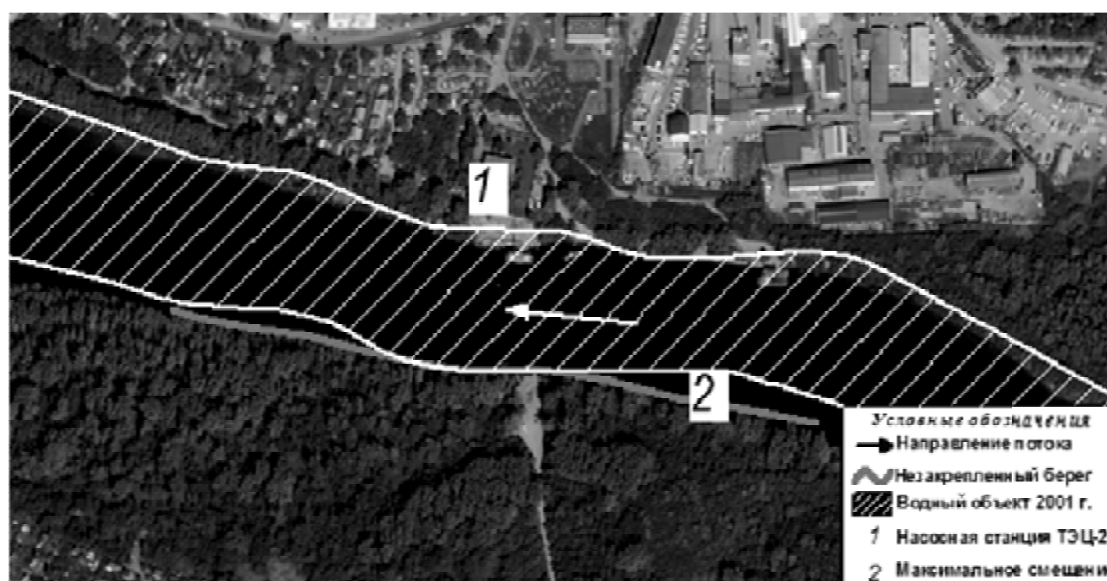


Рис. 5. Размываемые участки, места наибольших смещений русла на р. Уфы в районе ТЭЦ-2 (иллюстрация авторов)

Защита реки Уфы на участке ТЭЦ-2 от посадки уровня воды

Сравнение конфигурации береговых линий разных лет показало нестабильность русловых процессов и наличие на исследуемом участке русловых деформаций (рис. 5). Размывается левый берег длиной 1470 м.

Исследование динамики русловых деформаций на участке водозабора насосной станции ТЭЦ-2 (далее – ТЭЦ-2) показали снижение плановых деформаций до 0,4 м в год. Основной проблемой ТЭЦ-2 является посадка уровней воды, т.е. постоянное снижение уровня воды во времени. Нашими и другими исследованиями [1, 8] доказано, что основной причиной посадки является добыча ПГС.

В настоящее время необходимо повышение уровня воды до уровня, обеспечивающего гарантированную работу ТЭЦ-2. Для этого требуется повышение межженного уровня не менее чем на 0,5 м. Анализируя существующую научно-

техническую документацию по ТЭЦ-2 и исследования других авторов [9-12] выбрали и систематизировали технические решения, способные решить проблему посадки уровня:

1. Возведение придонной затопленной плотины.

Создается искусственный порог с сохранением фарватера для прохождения судов. Устройство обеспечит локальный подъем уровня воды в акватории водозабора за счет стеснения русла. Недостатком данного сооружения является аккумуляция взвешенных и влекомых русловых наносов выше дамбы.

2. Устройство шпор.

Короткие шпоры стесняют русла в акватории водозабора. Устройство шпор подобно устройству придонной плотины с тем лишь различием, что гребень шпор выступает над средним уровнем воды. Недостатком является аккумуляция наносов вблизи шпор.

3. Устройство струенаправляющей дамбы.

Дамба располагается в середине реки. При наличии судоходства не применяется.

4. Создание перегораживающего подпорного сооружения.

Необходимые уровни воды поддерживаются водовыпуском с затворами, которыми перекрывают водный поток и создают подпор уровня воды. Недостатком является перекрытие реки, исключаящее или затрудняющее судоходство.

Учитывая значительные недостатки вышеуказанных строительных систем, авторами предлагаются дополнительные варианты повышения меженного уровня в створе ТЭЦ-2:

1. Увеличение сбросных расходов Павловского водохранилища в межень, поддерживающих уровень воды реки Уфы в створе ТЭЦ-2, гарантирующих бесперебойную работу ТЭЦ-2. Для этого необходимо пересмотреть режимы регулирования и Правила использования Павловского водохранилища.

2. Сужение поперечного сечения реки в створе продольными дамбами. Продольные дамбы по конструкции аналогичны с поперечными, но располагаются вдоль русла реки [13]. Речному (обращенному к реке) откосу придают большую пологость и прочность. Гидравлическими расчетами получено, что для увеличения уровня воды на 0,5 м в межень следует сузить русло на 40 м. Устройство продольной плотины сужает русло реки. Это в свою очередь ведет к уменьшению сечения реки и подъему уровня воды. Одновременно увеличивается скорость потока на данном участке (при одинаковых расходах) и начинается размыв дна и русла реки. За счет этого в дальнейшем русло будет углубляться, и уровни начнут опускаться. Поэтому требуется крепление дна реки для исключения его размыва. В отличие от придонной затопленной дамбы не будет происходить аккумуляция наносов возле водозабора. Размывы будут минимизированы за счет крепления берегов и дна. Устройство продольной дамбы с креплением берегов и дна рекомендуется производить поэтапно:

1. Продольная дамба устраивается на противоположном (левом) берегу от водозабора. После начала эксплуатации дамбы организуется мониторинг состояния берегов и дна. В случае активизации русловых процессов начинается следующий этап строительства.

2. Укрепление правого берега и дна в районе водозабора. Здесь могут быть выбраны несколько способов крепления: каменно-набросная, матрацы Рено, габионы. Крепление дна и берегов предусматривается от створа начала продольной дамбы до створа стабилизации скорости потока до естественного (без стеснений русла). Расстояние уточняется после строительства самой дамбы (перед вторым этапом). Устройство крепления дополнительно сузит русло. Вследствие этого дополнительно увеличится уровень воды.

Продольная дамба в основное время года будет затопленной. Отметка гребня дамбы – 85,0 мБС, отметка дна – 81,0 мБС. Строительством дамбы достигается локальный подъем уровня р. Уфы в межень на 0,5 м. Отметка уровня воды в межень составит 83,5 мБС (рис. 6).

Материал крепления правого берега, гребня и откоса дамбы – каменная наброска толщиной 1,2 м (самый экономичный вариант). Материал крепления дна русла реки – матрацы Рено (толщина – 0,25 м) (из условия судоходства).

Общая длина продольной дамбы с примыканиями – 420 м. Длина одного примыкания – 160 м, расположены под углом 14° к берегу реки (для уменьшения завихрений при входе в дамбу). Дно русла реки крепится на длину – 100 м. Крепление правого берега реки Уфы по всей длине дамбы – 420 м.



Рис. 6. Конструкция русла после сужения: 1 – крепление откоса и гребня дамбы; 2 – крепление дна русла; 3 – крепление правого берега; 4 – продольная дамба (иллюстрация авторов)

Заключение

После проведения комплексного исследования реки Уфы в районе водозаборов города Уфы было выявлено, что современные русловые процессы нижнего течения реки Уфы относятся к типу свободного меандрирования. В районе водозаборов на русловые процессы влияют укрепления берегов. Наличие русловых деформаций в районе водозаборов подтверждает незавершенность русловых процессов, однако снижение интенсивности русловых деформаций в среднем в три раза показывает затухание руслоформирующих процессов. Интенсивность русловых деформаций прогнозируется в пределах $0,4 \div 1,6$ см/год.

На Северном водозаборе на реке Уфе основной проблемой является боковая эрозия. Для защиты берегов и дна русла реки Уфы на участке Северного водозабора рекомендуется запроектировать каменную наброску толщиной 1,2 м из рваного камня размером 0,4 м. Каменная наброска укладывается на слой из обратного фильтра, подпирается упорной призмой и является наиболее экономичным вариантом.

Основной проблемой Южного водозабора является боковая эрозия левого берега и заиление правого берега. Для защиты берегов и дна русла реки Уфы в районе Южного водозабора рекомендуется комбинированная защита из каменной наброски толщиной 1,2 м из рваного камня размером 0,4 м и шпор длиной 28 м в количестве 19 шт. Шпоры устраиваются из каменной наброски и устанавливаются под углом 60° к потоку.

Основной проблемой на водозаборе ТЭЦ-2 является посадка уровня воды. Дальнейшая посадка уровня воды на водозаборе ТЭЦ-2 может привести к остановке работы ТЭЦ-2. Для решения данной проблемы авторами предлагается вариант сужения поперечного сечения реки в створе продольными дамбами. Материал укрепления правого берега, гребня и откоса дамбы – каменная наброска толщиной 1,2 м (самый экономичный вариант). Материал укрепления дна русла реки – матрацы Рено (толщина – 0,25 м) (из условия судоходства).

Список библиографических ссылок

1. Хафизов А. Р., Недосеко И. В., Валитов С. А., Камалетдинова Л. А., Низамова Р. А. Современный гидрологический режим и русловые процессы нижнего течения реки Уфы в районе водозаборов города Уфы // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2018. № 5. С. 4–20.
2. Бабич Д. Б., Иванов В. В., Коротаяев В. Н. Размывы речных берегов как негативные проявления русловых процессов (на примере нижней Волги и ее дельты) // ГЕОРИСК. 2016. № 3. С. 34–45.
3. Kozlov D. Some provisions of calculations of hydraulic structures according to Russian norms and American standards // MATEC Web of Conferences. № 251. 2018.

4. Антроповский В. И., Петров О. А. Морфология и русловые процессы рек в районах распространения карста // Известия российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. 2002. № 4. С. 145–152.
5. Рогачко С. И., Шунько Н. В. Научное сопровождение проектирования берегозащитных сооружений // Вестник МГСУ. 2016. № 12. С. 103–113.
6. Davis R. J., Gregory K. J. A new distinct mechanism of riverbankerosion in a forested catchment // Journal of Hydrology. 1994. V. 157. P. 1–11.
7. Mirsaidov M. M., Sultanov T. Z., Abdikarimov R. A., Ishmatov A. N., Yuldoshev B. S., Toshmatov E. S., Jurayev D. P. Strength parameters of earth dams under various dynamic effects // Magazine of Civil Engineering. 2018. № 1 (77). С. 101–111.
8. Калюжный В. К. Современное состояние «посадки» уровней воды на Р. Белой // Географический вестник. 2011. № 3. С. 23–27.
9. Новиков В. Ю. Экологическая безопасность городов и переработка берегов // Вестник университета. 2012. № 14-1. С. 183–190.
10. Enzo Pranzini Shoreprotection in Italy: From hard to soft engineering ... and back // Ocean & Coastal Management. 2018. V. 156. P. 43–57.
11. Kory M. Konsoer, Bruce L. Rhoads, Eddy J. Langendoen, James L. Best, Marcelo H. Garcia Spatial Variability in bank resistance to erosion on a large meandering, mixed bedrock-alluvial river // Geomorphology. 2016. V. 252. P. 80–97.
12. Mirsaidov M., Sultanov T., Yarashov J., Toshmatov E. Assessment of dynamic behaviour of earth dams taking into account large strains // E3S Web of Conferences. № 97. 2019.
13. Rangel-Buitrago Nelson, Williams A. T., Anfuso Giorgio. Hard protection structures as a principal coastal erosion management strategy along the Caribbean coast of Colombia. A chronicle of pitfalls // Ocean & Coastal Management. 2018. V. 156. P. 58–75.

Khafizov Airat Raisovich

doctor of technical sciences, professor

E-mail: chafizov@mail.ru

Bashkir State Agrarian University

The organization address: 450001, Russia, Ufa, 50 let Oktjabrja st., 34

Kamaletdinov Fidan Frangilovich

engineer

E-mail: kamaletdinoff.fidan@yandex.ru

Yakushkina Alla Borisovna

engineer

E-mail: yakushkina_alla@mail.ru

Nedoseko Igor Vadimovich

doctor of technical sciences, professor

E-mail: nedoseko1964@mail.ru

Ufa State Oil University

The organization address: 450062, Russia, Ufa, Kosmonavtov st., 1

**Construction regulatory systems to protect the banks of the Ufa river
in the area of Ufa water intake****Abstract**

Problem statement. The purpose of the study is to select the principal structures of the construction regulatory systems for the protection of the banks of the Ufa River in the area of water intakes in the city of Ufa. The task is set – based on the obtained scientific results of engineering-geological and hydrological research of the lower flow of the Ufa River in the area of three large water intakes of the city of Ufa to develop construction regulatory systems in the areas of water intakes. Development means selection of principal structures and justification of their main parameters.

Results. According to the results of studies of modern channel processes' parameters and analysis of trend of channel deformations, the main problems of the Ufa River in the area of three large water intakes of the city of Ufa have been identified: on the section of the Northern water intake – coastal erosion; on the Cogeneration plant-2 area – water level planting, on the section of the Southern water intake – shedding of the bank with local washing. To solve the identified problems, the following construction regulatory systems are proposed: extension of the existing shore attachment on the section of the Northern water intake; creation of longitudinal dam narrowing the bed on the Cogeneration plant-2 area; spur arrangement in combination with local attachment on the section of the Southern water intake.

Conclusions. The significance of the obtained results for the construction industry consists in the development of basic construction regulatory systems, which take into account the channel processes and the trend of channel deformations at the site under consideration. Construction systems are designed for the three most likely channel processes: coastal erosion, water level planting and shore silting.

Keywords: building regulatory systems, water intake, hydrological and engineering-geological investigations, channel deformations, level planting, spurs, longitudinal dams, coastal strengthening works.

References

1. Khafizov A. R., Nedoseko I. V., Valitov S. A., Kamaletdinova L. A., Nizamova R. A. Modern hydrological regime and channel processes of the lower reaches of the Ufa river in the area of water intakes in the city of Ufa // *Vodnoye khozyaystvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravleniye*. 2018. № 5. P. 4–20.
2. Babich D. B., Ivanov V. V., Korotaev V. N. River washouts as negative manifestations of channel processes (on the example of the lower Volga and its delta) // *GEORISK*. 2016. № 3. P. 34–45.
3. Kozlov D. Some provisions of calculations of hydraulic structures according to Russian norms and American standards // *MATEC Web of Conferences*. № 251. 2018.
4. Antropovsky V. I., Petrov O. A. Morphology and riverbed processes of rivers in areas of karst distribution // *Izvestiya rossiyskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. A.I. Gertsena*. 2002. № 4. P. 145–152.
5. Rogachko S. I., Shunko N. In Scientific support for the design of shore protection structures // *Vestnik MGSU*. 2016. № 12. P. 103–113.
6. Davis R. J., Gregory K. J. A new distinct mechanism of riverbankerosion in a forested catchment // *Journal of Hydrology*. 1994. V. 157. P. 1–11.
7. Mirsaidov M. M., Sultanov T. Z., Abdikarimov R. A., Ishmatov A. N., Yuldoshev B. S., Toshmatov E. S., Jurayev D. P. Strength parameters of earth dams under various dynamic effects // *Magazine of Civil Engineering*. 2018. № 1 (77). P. 101–111.
8. Kalyuzhny V. K. The current state of «landing» of water levels on R. Belaya // *Geograficheskiy vestnik*. 2011. № 3. P. 23–27.
9. Novikov V. Yu. Ecological safety of cities and coastal processing // *Vestnik universiteta*. 2012. № 14-1. P. 183–190.
10. Enzo Pranzini Shoreprotection in Italy: From hard to soft engineering... and back // *Ocean & Coastal Management*. 2018. V. 156. P. 43–57.
11. Kory M., Konsoer, Bruce L. Rhoads, Eddy J. Langendoen, James L. Best, Marcelo H. Garcia Spatial Variability in bank resistance to erosion on a large meandering, mixed bedrock-alluvial river // *Geomorphology*. 2016. V. 252. P. 80–97.
12. Mirsaidov M., Sultanov T., Yarashov J., Toshmatov E. Assessment of dynamic behaviour of earth dams taking into account large strains // *E3S Web of Conferences*. № 97. 2019.
13. Rangel-Buitrago Nelson, Williams A. T., Anfuso Giorgio. Hard protection structures as a principal coastal erosion management strategy along the Caribbean coast of Colombia. A chronicle of pitfalls // *Ocean & Coastal Management*. 2018. V. 156. P. 58–75.