

15. Styles S. W.; Burt C. M.; Orvis S. Accuracy of Global Vikroirrigation Distribution Uniformity Estimates // Journal of Irrigation Drainage Engineering, 2008; Vol. 134, N 3. - P. 292 - 297.
16. Angold, Ye. Spezial features of drip-sprinkler irigazion technology/ Ye. V. Angold, V.A. Zarkov, Water Supplu, issue 14-15-P. 841-849.
17. ProssS., SuttonB., Batamm M/ Komplentingmikro - irigaziontechnology with ivprjvtdirigazionmanagement based on krop and soil parameters//Inter Water irrigate. 2008. Vol. 23 №4. – P. 300-330.
18. Brunamonti, S., Jorge, T., Oelsner, P., Hanumanthu, S., Singh, B. B., Ravi Kumar, K., Peter, T. (2018). Balloon-borne measurements of temperature, water vapor, ozone and aerosol backscatter on 1the southern slopes of the himalayyas during StratoClim 2016-2017. Atmospheric Chemistry and Physics, 18- P. 21-29. 15937-15957. doi:10.5194/acp-18-15937-2018.

УДК 631.6:627.82

К ВОПРОСУ О ПРОЕКТИРОВАНИИ КРЕПЛЕНИЯ ОТКОСОВ ПЛОТИН ДРЕВЕСНЫМИ НАСАЖДЕНИЯМИ

В.А. Павлущенко

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Введение. В «лихие» девяностые годы нами было проведено обследование гидротехнических сооружений (ГТС), в том числе построенных экспедициями Жилинского, Анненкова, Докучаева. Исследование выполнено в переломный период **при переходе от плановой экономики к рыночной**. Было выявлено, что более 30% обследованных плотин были с древесными насаждениями на откосах, которые дошли до нашего времени с XIX века. Кроме того, на местности встречались остатки разрушенных плотин, вероятней всего еще с XIX столетия и не восстановленные. Тогда для общества, занятого реформами, при переходе **от принудительного к свободному труду** массовые разрушения плотин прошли незамеченными. И только в материалах экспедиций генерал-лейтенанта Анненкова, работавших в 1892 г. в верховьях бассейна Дона, мы можем найти небольшие сведения как о размытых помещичьих плотинах в начале 60-х годов XIX столетия, так и о начале массового роста оврагов.

В капиталистическое время с начала массового строительства плотин для целей обводнения и орошения (губернские экспедиции Анненкова, при проведении общественных работ только за один год построили более 600 плотин), участились и случаи разрушения построенных сооружений. Разрушение плотин происходило после всех периодов массового интенсивного строительства, независимо от существующего общественного строя, то есть после 1892, 1924-1925, 1948-1952 годов и даже в 1974-1975гг.

• *Обследование выполнялось под руководством академика Шумакова Б.Б., при научном консультанте академика Маслово Б.С. и производственных консультантов Викснэ А.А. и Вориводине В.В.*

Результаты и обсуждение. По биологическим креплениям верховых откосов ГТС с помощью древесных насаждений, находящихся под воздействием волнобоя (в дальнейшем мы будем называть такие откосы мокрыми), в настоящее

время нет единого мнения ввиду не отработанности их конструкций и предубеждений, возникших в 20-е годы XX столетия о многочисленных разрушениях таких плотин из-за наличия корней произрастающих деревьев.

По технической инструкции 1892 года, подписанной генерал-лейтенантом Анненковым, на верховом откосе плотин необходимо было устраивать насаждения из древовидной ивы. Основанием для таких рекомендаций был вековой опыт эксплуатации помещичьих и заводских прудов. Поэтому не случайно некоторые плотины, построенные экспедицией Анненкова с древесными насаждениями, эксплуатируются и в наше время.

Однако, уже в 1924 году в инструкции по возведению вододержательных плотин было указано, что на верховом откосе «древесных пород сажать не следует» и рекомендовалось применять для посадки кустарниковую иву. По этому вопросу в 20-е годы известный ученый А.М. Дубах, в изданных материалах по вопросам прудовой техники признал, что облесенные плотины сохраняются лучше, чем плотины без насаждений [1].

В 1941 году были изданы ТУ 24-104-40 «Земляные насыпные плотины», где против прорастания деревьев на верховых откосах плотин (**это же очень хорошо, что деревья сами растут, хуже было бы наоборот**) предлагалось даже устраивать твердые покрытия. По нашим наблюдениям, на твердых покрытиях откосов плотин и каналов и сейчас прорастают небольшие деревья и кустарники, укореняясь в швах между плитами. Следовательно, на мокрых откосах гидротехнических сооружений существуют хорошие условия для обитания некоторых пород деревьев, и **этот фактор необходимо использовать для создания более прочных и устойчивых к воздействию волн конструкций крепления откосов ГТС и берегов водотоков и водоемов.**

Такие крепления уже применяются в гидротехнической практике как сочетание биологических креплений с материальными. Так, на Гудовской плотине в Липецкой области при длине разгона волны в 1.5 км на отдельных, не облесенных участках верхового откоса, была смыта мостовая с крупностью камня 0.15-0.20 м. Там, где непосредственно перед мостовой были деревья, крепление осталось не поврежденным. Материальное покрытие защищает древесно-кустарниковую растительность от подмыва водой снизу, а растения сопротивляясь как ветру, так и волнам, уменьшают их скорость и предохраняют материальное крепление от повреждений, продлевая срок его службы.

Древесные насаждения на протяжении нескольких десятков лет защищают верховые откосы низконапорных дамб Киевского, Кременчугского и Каховского водохранилищ, где на отдельных участках длина разгона волн достигает десятков километров. Первоначально, в 50-х годах дамбы проектировались и строились без креплений, или предусматривалось крепление только с помощью кустарника. Однако, неоднократные размывы дамб и ветровые перемещения мелкозернистых песков показали необходимость их облесения.

При периодических обследованиях гидротехнических сооружений на протяжении почти столетия установлено, что количество прорванных плотин с древесными насаждениями значительно меньше, чем не облесенных плотин. Результаты обследований приведены в таблице:

Таблица - Влияние облесения откосов на сохранность плотин

Обследование	Год	Общее число обследованных плотин		Облесенные плотины		Не облесенные плотины	
		Количество шт.	% Облесенных	Количество шт.	% Прорванных	Количество шт.	% Прорванных
Фока А.А.	1899	93	0	-	-	93	29
Можаровского Б.А.	1924-1925	975	58	562	38	413	64
Дубаха А.Д. Жданова А.А. Лядова С.Е.	1927	992	40	398	16	594	31
Инвентаризация плотин	1946-1947	1512	5	72	14	1440	39
Кремеза С.А.	1956-1962	77	52	40	12	37	49
Павлущенко В.А.	1993-1996	35	65	23	0	12	0
Итого:		3684	30,5	1095	27,1	2496	40,8

Обследования Фока выполнено в Усманском и Тамбовском уездах Тамбовской губернии [2], Можаровского - в Пугачевском уезде Самарской губернии [3], Дубаха, Жданова, Лядова - в Центрально-Черноземных областях (ЦЧО) России [1], Кремеза в ЦЧО и некоторых областях Украины [4]. В 1993-1996гг. Павлущенко выполнил обследование ГТС, в том числе плотин построенных экспедициями Жилинского, Анненкова, Докучаева, в Рязанской, Воронежской, Липецкой, Волгоградской, Донецкой, Луганской, Кировоградской, Крымской областях. Результаты обследования частично опубликованы академиком Масловым Б.С. в «Истории мелиорации в России» т. I.

Как видно из таблицы, не обсаженные деревьями плотины за столетний период прорывались водой на половину чаще, чем обсаженные. Если бы не Великая Отечественная война, количество обсаженных плотин было бы больше. По инвентаризации плотин в 1946-47 гг. после войны плотин с деревьями было всего 5%. И это не удивительно, так как пруды и каналы являются водными заграждениями и активно использовались нашими войсками в обороне. Особенно ожесточенные бои были в Воронежской области и в самом городе Воронеж. А южнее в 1942 году Тингутинскую плотину обороняло Винницкое пехотное училище, а водным заграждением являлось созданное в 1881 году экспедицией Жилинского водохранилище.

В первые годы революции не только отсутствовала служба эксплуатации ГТС, но и происходили неумышленные повреждения плотин. Так, А.А. Жданов, обследовавший прудовые сооружения Воронежского уезда, отметил, что 28%

плотин были облесены древесными растениями, причем укрепление откосов производилось исключительно ивой. Далее он писал: «Эта цифра была бы больше, если бы обследование было проведено лет 10 назад, так как помещичьи пруды чуть ли не все были с древесной растительностью. Но ввиду того, что большинство помещичьих сооружений находились в степной безлесной местности, то крестьянство в силу «лесной голодовки» в первый год революции стихийно принялось за вырубку и раскорчевку деревьев на плотинах. В данное время почти все бывшие помещичьи плотины стоят без древесной растительности» [1]. Вот эти обстоятельства и были причиной разрушения плотин.

Конструкции биологического крепления зависят от пород и вида растений, применяемых для защиты откосов ГТС, условий их обитания и гидрологического режима водоема или водотока. Следовательно, конструктивные параметры будут определяться географическим фактором, биологическими свойствами растений и хозяйственными требованиями к водоему. Корни растений могут глубоко проникать в тело плотины и при защите откосов древесно-кустарниковой растительностью поперечный профиль плотины должен проектироваться с учетом величины максимально возможного проникновения корневой системы.

Растения даже в водных культурах до бесконечности не могут развивать корневую систему. Существует биологический предел ее распространению. Нами на основании исследований на плотинах и дамбах была установлена длина корневой системы ивы ломкой – вербы (*Salix fragilis*) 12 м. Для ивы белой - ветлы (*Salix alba* L.) на Тингутинской плотине установлено расстояние корневой системы от ствола дерева в 15 м. Однако, учитывая огромные размеры этого дерева (в зрелом возрасте диаметр ствола достигает 2 м, а высота – 30 м), определения максимальной длины распространения корней ветлы необходимо продолжить. У тополя черного-осоколя (*Populus nigra*) длина корней достигает 10 м. Раскопки на плотинах необходимо вести от ствола дерева, первоначально на расстоянии 5-10 м траншеями параллельными урезу воды, а дальше через 1-3 м. Таким образом, возле дерева мы призму грунта оставляем не тронутой. Диаметр корней уменьшается с расстоянием от ствола дерева. Например, если у ствола осоколя диаметр корня 170 мм, то на расстоянии 9 м уже 5 мм, а после раздвоения, всего несколько миллиметров. Предлагается следующий способ проектирования. Изыскательские группы для выбранной породы деревьев должны определить длину распространения корневой системы. Проектировщик эту длину вписывает в выбранную конструкцию и назначенные размеры плотины. Для этого от места посадки на верховом откосе откладывается длина корневой системы горизонтально, а для низового откоса – параллельно средней части депрессионной поверхности фильтрационного потока воды или касательно к ней (рис.1). При выходе длины корневой системы за пределы плотины, проектировщик назначает ее новые размеры, выбирает другую конструкцию (вводит бермы, изменяет заложение откосов, биологическое крепление совмещает с материальным и т. д.) или отказывается от применения древесных насаждений.

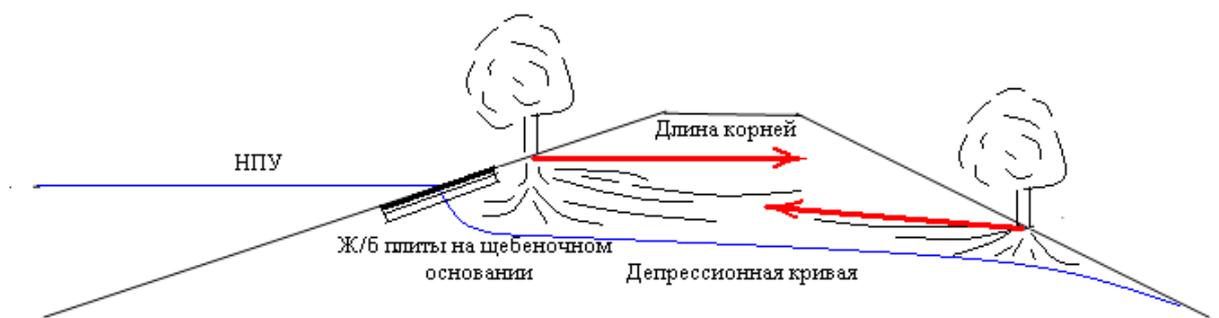


Рисунок 1- Схема проектирования длины корней деревьев на чертеже плотины

Представим себе, что в основании плотины расположены пронизывающие всю плотину 2 корня диаметром не 5 мм, а 0,5 м, то есть 500 мм. Когда корни живые, плотине ничего не угрожает, так как древесина корней преграждает путь воде. Но в случае гибели деревьев через некоторое время корни разложатся с образованием полуметровых пустот. Тогда возникает вопрос, будет ли разрушена вся плотина или нет? Ответ дает нам фотография аварии на одном из прудов-отстойников рудника (рис 2). Будем считать пространство, занятое полиэтиленовыми трубами водосброса, пространством разложившихся корней. Размыв захватил не всю, а небольшую часть плотины из-за того, что тело плотины является качественной насыпью с уплотнением до $2, -2,1 \text{ т/м}^3$, а не простой неброской земли без уплотнения, как это происходило при строительстве крестьянских плотин.



Рисунок 2 - Авария водосбросных труб одного из прудов-отстойников

Учитывая, что корневая система находится сверху над депрессионной поверхностью фильтрационного потока (рис. 1), а длина корней конечна и их диаметр, начиная со ствола дерева, уменьшается по длине и становится в конце менее миллиметра, опасность **внезапного прорыва плотины** из-за корней не существует. Какое-то время, достаточное для ликвидации просачивания, фильтрационный поток воды будет увлажнять откос без его повреждения.

Целостность плотины была восстановлена рудником за неделю. Срок эксплуатации этого отстойника до 5 лет. Поэтому заказчик сэкономил на всем, в том числе и на железобетонной подложке под трубы. Трубы с задвижками положили прямо на грунт. В результате осадки плотины произошел разрыв сварных пластмассовых швов прямо посередине. Из-за задвижек оторванную часть труб грязевой поток не потащил вниз, а отбросил в сторону.

Выводы:

1. Обследование ГТС, построенных в XIX-XVIII и ранее, показало, что качественно построенные экспедициями Жилинского и Докучаева плотины, несмотря на то, что часть из них на протяжении более столетней эксплуатации повреждалась и даже прорывалась (из-за неправильного определения размеров водопропускных сооружений), успешно работают и в наше время.

2. Более 30% обследованных плотин были облесены. На верховых откосах сажалась преимущественно ива-верба. Никаких достоверных данных, кроме отдельных сообщений, о разрушениях плотин с древесными насаждениями на откосах из-за наличия корней в теле плотины мы не имеем. Наоборот, статистические данные свидетельствуют, что плотины с древесными насаждениями разрушаются на 50% реже, чем без насаждений.

3. При наличии растущих, то есть живых растений, из-за корней нет угрозы разрушения плотины. Угроза наступает тогда, когда растения будут уничтожены или отомрут, и корни начнут разлагаться, образуя в теле плотины пустые тупиковые полости. Но эта угроза наступает не сразу после вырубki, а через десятилетия, что дает достаточное время для выкорчевки пней и заделки места посадки растений мятой глиной, тощим бетоном или посадкой новых растений. Если этого не сделать, то проникновение землеройных животных в пустые полости со стороны нижнего бьефа действительно приведет к аварийной обстановке на плотине.

4. Таким образом, мы показываем несостоятельность мифа о массовом разрушении плотин из-за наличия корней в теле плотины. Этот миф распространило население безлесных территорий, чтобы не нести ответственности за вырубку деревьев на плотинах.

5. Изыскательские группы проектных организаций должны установить путем раскопок максимальную длину распространения корней выбранной породы дерева на плотинах. Нашими исследованиями путем раскопок на плотинах установлена длина корневой системы тополя черного – 10 м, ивы ломкой-вербы – 12 м, ивы белой-ветлы – 15 м. Проектировщику остается только вписать эту длину в тело плотины. Для верхового откоса длина корней откладывается горизонтально от места посадки дерева и должна не выходить за пределы выбранной конструкции плотины. В случае выхода корневой системы за пределы плотины, ее конструкция и размеры изменяются или от крепления древесными насаждениями отказываются. При посадке деревьев в нижнем бьефе от места посадки линия максимальной длины корневой системы откладывается в сторону верхнего бьефа, параллельно или касательно средней части депрессионной поверхности фильтрационного потока в теле плотины.

6. При проектировании плотин с древесными насаждениями рекомендуется на верховом откосе по урезу воды размещать проверенное практикой смешанное крепление материальное и биологическое. Материальное покрытие защищает древесно-кустарниковую растительность от подмыва водой снизу, в свою очередь растения, сопротивляясь как ветру, так и волнам, уменьшают их скорость и предохраняют материальное крепление от повреждений, тем самым продлевая его срок службы.

7. Из всех обследованных плотин, только на Тингутинской находились остатки ивы-ветлы. Из-за большой высоты и парусности, раскачиваясь под ветровым напором, она может нарушать целостность небольших плотин. Поэтому мы рекомендуем сажать иву-ветлу только на крупных плотинах с проезжей частью 10 и более метров.

8. Во время обследования в 1996 г. Тингутинской плотины в Волгоградской области на верховом откосе плотины находились пни и остатки стволов погибших столетних ив. В связи с начавшимся процессом разложения корней и образования пустот в теле плотины, если пни не были выкорчеваны и место посадки не заделано водонепроницаемым материалом, существует реальная угроза возникновения аварийной ситуации на плотине.

9. Считаем целесообразным, не дожидаясь отмирания деревьев, заменять их новыми насаждениями.

Список использованных источников

1. Дубах А.Д. Материалы по вопросам прудовой техники. – Ленинград: – 1928. с.160.
2. Отчет по осмотру обводнительных сооружений, произведенных при общественных работах 1892 года под наблюдением генерала М.Н. Анненкова, заведующего геодезической частью А.А. Фока. -Санкт-Петербург: Типо-лит. К. Биркенфельд, -1900, 40 с.
3. Можаровский Б.А. Краткий обзор работ по гидрологическому обследованию Нижне-Волжской области за время с 1923-1926. – Саратов: Саратовполиграфпром. Отдельный оттиск. – 1926, 7 с.
4. Кремез С.А. Опыт строительства и эксплуатации малых водохранилищ в ЦЧО. –Воронеж: Издательство Воронежского университета. – 1965, 138 с.

УДК 631.6:626.8

ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

А.С. Плотников¹, Л.Н. Медведева¹, А.В. Медведев¹, Л.А.Воеводина²

¹ФГБНУ ВНИИОЗ, г. Волгоград, Россия;

²ФГБНУ РОСНИИПМ, г. Новочеркасск, Россия

В мелиоративном комплексе АПК произошло накопление большого количества проблем, связанных как с организационно-экономическими, так и техническими проблемами, которые проявились в серьезном ухудшении технического состояния оросительных и осушительных систем. Согласно Концепции продовольственной безопасности до 2020 года в России должно быть около 18 млн. га