

МРНТИ 67.29.55: 70.17.43

С.К. Джолдасов<sup>1</sup> – основной автор, ©  
М.Н. Сенников<sup>2</sup>, Б.Ж. Манапбаев<sup>3</sup>, С.Ж. Таттибаев<sup>4</sup>,  
Б.О. Турлыбаева<sup>5</sup>, М.М. Асылбек<sup>6</sup>, Е.Ш. Сейдуллаев<sup>7</sup>



<sup>1</sup>Канд. техн. наук, доцент, <sup>2</sup>Д-р техн. наук, профессор,  
<sup>3</sup>Канд. техн. наук, ассоц. профессор, <sup>4</sup>Магистр, ст. преподаватель,  
<sup>5,6,7</sup>Докторант

ORCID

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-3947-1411> <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0003-4944-2128>  
<sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0001-9140-178X> <sup>4</sup><https://orcid.org/0000-0003-2687-0189>  
<sup>5</sup><https://orcid.org/0009-0009-9421-2568> <sup>6</sup><https://orcid.org/0009-0008-6063-6429>  
<sup>7</sup><https://orcid.org/0009-0001-9782-0368>



<sup>1,2,3,4,5,6,7</sup>Казахский Национальный университет водного хозяйства и ирригации,



г. Тараз, Казахстан



<sup>1</sup>[arnur\\_68@mail.ru](mailto:arnur_68@mail.ru)

<https://doi.org/10.55956/SAYO8289>

## СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ СОХРАНЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ЗЕМЛЯНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ВОДОХРАНИЛИЩАХ

**Аннотация.** В научной работе приводятся решения задачи устойчивости грунтовых откосов земляных сооружений и методы борьбы с размывами откосов плотин водохранилищ. При решении задачи об устойчивости грунтовых откосов появляется необходимость расчета устойчивости по заранее установленной плоской поверхности скольжения (плотина с тонким глинистым экраном или к примеру при наличии прослойки слабого грунта в основании сооружения). Для этого случая имеются свои инженерные приемы. Земляные сооружения откосного профиля являются наиболее распространенными в гидротехническом строительстве и широко применяются для создания напорных фронтов и защиты от размыва волнами берегов водохранилищ. В современной технической литературе земляные сооружения в зависимости от уклонов и конструкций их откосов подразделяют на сооружения распластанного и нормального профиля. Это могут быть глухие напорные земляные плотины, водоградительные защитные дамбы, берегозащитные сооружения откосного профиля.

**Ключевые слова:** земляные сооружения, устойчивость откосов, откосный профиль, защита от размыва, земляные плотины, защитные дамбы, берегозащитные сооружения.



Джолдасов, С.К. Специфические подходы сохранения устойчивости земляных сооружений на водохранилищах [Текст] / С.К. Джолдасов, М.Н. Сенников, Б.Ж. Манапбаев, С.Ж. Таттибаев, Б.О. Турлыбаева, М.М. Асылбек, Е.Ш. Сейдуллаев // Механика и технологии / Научный журнал. – 2025. – №2(88). – С.351-361. <https://doi.org/10.55956/SAYO8289>

**Введение.** Устойчивость откосов земляных масс остается до сих пор наименее изученной и наиболее ответственной частью проектирования грунтовых гидротехнических сооружений. Первый значительный шаг в этом

направлений был сделан Кулоном, который, исследуя работу подпорных стенок, установил, что поверхностью обрушения в песках является плоскость и, исходя из этого положения, разработал метод расчета давления грунтов на подпорную стенку. В 1916 году шведские инженеры Петерсен и Гюлтин, исследуя работу морских набережных, обнаружили, что поверхности их обрушения в глинистом грунте криволинейны и могут быть приблизительно приняты цилиндрическими. В поперечном сечении эта поверхность дает примерно дугу круга. С этого времени началась усиленная разработка метода круглоцилиндрических поверхностей обрушения.

Этот метод во всех своих многочисленных вариантах является приближенным инженерным приемом оценки устойчивости откосов. Главное условие в основе метода – необходимость удовлетворить три условия статики для предполагаемого к обрушению массива, но количество неизвестных обычно больше трех и в зависимости от принимаемых допущений можно получить необыкновенно широкий ряд методов, которые в настоящее время известны.

Предпринимались попытки отказаться от круглоцилиндрической поверхности, заменив ее логарифмической спиралью или какой-либо другой плавной криволинейной поверхностью, но во всех этих случаях основное противоречие, когда количество неизвестных превышает количество уравнений, сохранялось, а расчеты усложнялись и создавались новые трудности теоретического характера.

**Условия и методы исследований.** На основании сказанного постепенно в проектной практике остановились на предположении о круглоцилиндрической поверхности обрушения с довольно простыми допущениями, выдвинутыми К. Терцаги, тем более, что большое количество сделанных сопоставительных разработок по различным методам в различных странах показали, что для большинства встречающихся объектов различие в результатах расчетов меньше точности определения исходных характеристик.

Иногда при решении задачи об устойчивости грунтовых откосов появляется необходимость расчета устойчивости по заранее установленной плоской поверхности скольжения (плотина с тонким глинистым экраном или к примеру при наличии прослойки слабого грунта в основании сооружения). Для этого случая имеются свои инженерные приемы.

Земляные сооружения откосного профиля являются наиболее распространенными в гидротехническом строительстве и широко применяются для создания напорных фронтов и защиты от размыва волнами берегов водохранилищ.

**Результаты исследований и их обсуждение.** В современной технической литературе земляные сооружения в зависимости от уклонов и конструкций их откосов подразделяют на сооружения распластанного и нормального профиля. Это могут быть глухие напорные земляные плотины, водооградительные защитные дамбы, берегозащитные сооружения откосного профиля (рис. 1).

Сооружения распластанного профиля возводятся с верховым пляжным (пологим) и низовым крутым откосами (рис. 1а), или с верховым откосом комбинированной конструкции и низовым пологим откосом (рис. 1б). Выбор профиля и конструкции сооружения производится на основании технико-экономических расчетов [1].

Экономически выгодно для защиты от затопления мелководных участков применять сооружения с пологим откосом, для защиты глубоководных участков – сооружения с комбинированными или крутыми верховыми откосами.

В зависимости от характера и вида гидродинамических воздействий пологим откосам придают соответствующие уклоны и форму, обеспечивающие устойчивость и прочность в период эксплуатации. Мысовидные участки пологих берегов, подвергаемые наиболее интенсивным волновым воздействиям, защищаются дополнительными волногасящими устройствами – прерывистыми подводными одно- или двухъярусными волноломами, бунами, струенаправляющими шпорами.

Крутые откосы защищаются от воздействия волн, фильтрационных потоков и прочих воздействиях сплошным покрытием железобетонными плитами, наброской горной массы, биологическими способами и прочими.

Верхняя крутая часть комбинированного верхового откоса защищается от воздействий сплошным покрытием (рис. 1б), нижняя пологая незащищенная часть представляет собой песчаный примыв.

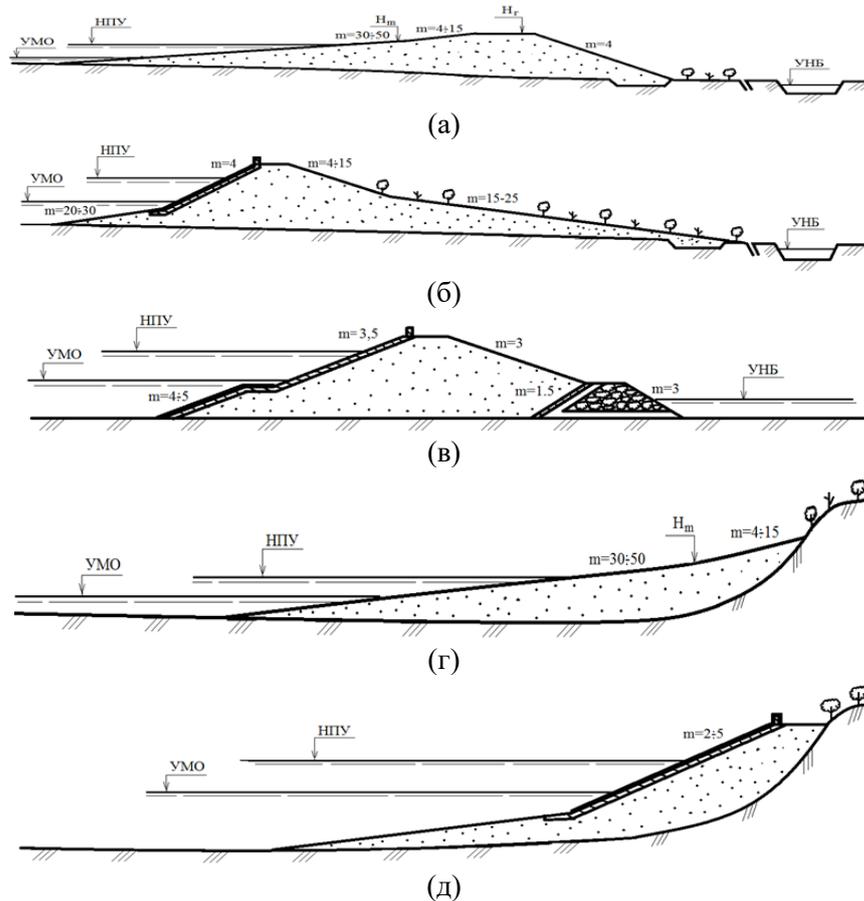


Рис. 1. Плотины распластанного (а, б) и нормального (в) профилей; берегозащитное крепление откосного профиля (г, д)

Земляные сооружения Кременчугской, Киевской ГЭС и Тасоткольского, Терс-Ащыбулакского водохранилищ возведены с верховыми откосами комбинированной конструкции.

Низовые откосы устраиваются со свободным высачиванием фильтрующей воды в пределах откоса или дренированными карьером-дреной, дренажом.

Конструкции волногасящих и дренажных устройств и противоэрозионные мероприятия, защищающие откосы от волновых, фильтрационных и атмосферных воздействий, подробно рассмотрены [1].

Расчетные характеристики ветра и уровня воды.

Ветры являются одной из причин возникновения в водохранилищах ветрового волнения, они вызывают интенсивную переработку береговой полосы, вдольбереговое перемещение массы грунта на незащищенных участках откосов и другие явления.

Определение расчетных характеристик ветра для сооружений на водохранилищах с многолетним и сезонным регулированием объемов и уровней воды производится с требованиями [2]

В водоемах с суточным регулированием объемов и уровней воды появление волноопасных ситуаций снижается, расчетные характеристики ветров можно принимать более высокой обеспеченности, например по зависимости, учитывающий суточный режим работы водоема:

$$F_{np} = F_n k_t k_p k_r, \quad (1)$$

где,  $F_n$  – обеспеченность, % скорости ветра, определяемая по [2] для водохранилищ с многолетним и сезонным колебаниями уровней воды;

$$F_n = 4,17t / N n_t p_w; \quad (2)$$

где:  $t$  – непрерывная продолжительность действия ветра; при отсутствии наблюдений принимается для водоемов и озер по [2],  $t$ =час;  $n_t$  – заданное число лет повторяемости расчетного шторма (для сооружений I, II классов 1 раз в 50 лет, III и IV – 1 раз в 25 лет);  $p_w$  – повторяемость волноопасного направления ветра (в долях единицы от суммы повторяемости всех направлений ветра);  $N$  – число дней, наблюдаемых с ветрами в безледный период или по данным [2] за многолетние периоды 100,50, 25 лет;  $k_t$  – относительный показатель стояния НПУ по графикам суточного колебания уровня воды водоема.

$$k_t = 24 / t_{НПУ} \quad (3)$$

$k_p$  – показатель, учитывающий относительное уменьшение нормативной или наблюдаемой непрерывной продолжительности действий ветра расчетной скорости на волноопасном направлении вследствие несовпадения суточной режимной функции ветра с суточным режимным графиком стояния НПУ.

$$k_p = 1/(1 - \Sigma \Delta p) \quad (4)$$

где  $\Sigma \Delta p$  – сумма отрезков несовпадения по обеспеченности (в долях единицы) суточной режимной функции ветра расчетной скорости с суточным графиком стояния НПУ;  $k_r$  – коэффициент гарантийного предотвращения волноопасной ситуации при наличии автоматизированной или индивидуальной системы регулирования уровней воды, работающей с учетом суточной режимной функции ветра.

Обеспеченность расчетных уровней воды при проектировании откосных водооградительных сооружений принимается по [2] в зависимости от класса, вида и конструкции откоса. Для сооружений I, II, IV классов с крутыми откосами ( $m=2,0-5,0$ ) расчетный уровень воды принимается соответственно равным 0,1; 0,5; 1% обеспеченности, для сооружений IV класса с пологим откосом – 1% обеспеченности. Обеспеченность расчетных уровней воды, %, по наивысшим годовым уровням [3]

$$F = \frac{n-3}{N+0,4} 100\% \quad (5)$$

где,  $n$ ,  $N$  – номер члена ряда в порядке убывания и общее число членов в ряду.

При сильных ветрах, действующих в направлении откоса сооружения, уровень воды у сооружения повышается на высоту;

$$\Delta h = 2 \cdot 10^{-6} \frac{W^2 D}{gH} \cos \theta \quad (6)$$

где;  $\Delta h$  – нагон волны, м;  $W$  – скорость ветра, м/с;  $D$  – расстояние от наветренного берега по зеркалу водохранилища до сооружения, м;  $H$  – глубина воды по расчетному направлению, м;  $\theta$  – угол между продольной осью водохранилища и направлением ветра, градус.

Ветровой нагон существенно влияет на высоту сооружения [3-9].

Интенсивность перемещения частиц грунта незащищенных участков откосов и гребня плотины зависит от скорости, направления и продолжительности действия ветров, размеров частиц грунта, защищенности участка растительностью, искусственными средствами. Опыт эксплуатации и натурные наблюдения показывают, что с созданием водохранилищ ветровой режим в данном регионе изменяется, действие ветров в направлении из водохранилища на сушу усиливается. Возведенные насыпью или намывом земляные сооружения, оставленные незащищенными, подвержены ветровой эрозии. Предотвратить эрозию можно применением простейших агрокультурных или агротехнических мероприятий.

Ниже в таблице 1 приводятся основные параметры удара волн об откос земляных сооружений.

Таблица 1

Основные параметры удара волн об откос земляных сооружений

<i>M</i>	$h_i$ , м	$H_{Vi}$ , м	$l_{Vi}$ , м	$l_{Di}$ , м	$l_{Ki}$ , м	$q_B$ , кПа	$q_K$ , кПа	$q_D$ , кПа
2	1	0,099	0,22	0,50	0,29	28,9	24,6	21,6
	2	0,295	0,66	1,02	0,60	57,3	49,3	42,9
	3	0,580	1,29	1,56	0,88	82,7	70,3	60,4
	4	0,842	1,88	2,09	1,15	104,9	88,6	75,5
3	1	0,17	0,55	0,46	0,31	29,8	25,3	23,0
	2	0,43	1,36	0,95	0,64	58,8	49,8	45,2
	3	0,76	2,40	1,44	0,96	82,4	69,6	62,6
	4	1,07	3,40	1,93	1,26	103,1	86,6	77,1
3,5	1	0,22	0,80	0,44	0,31	29,6	25,2	23,1
	2	0,52	1,90	0,90	0,62	58,1	49,7	45,6
	3	0,87	3,20	1,37	0,97	80,4	68,2	62,2
	4	1,23	4,50	1,64	1,25	99,5	84,0	75,8
4	1	0,26	1,10	0,41	0,30	29,5	25,4	23,7
	2	0,59	2,43	0,84	0,59	57,5	49,7	45,8
	3	0,99	4,10	1,29	0,89	79,2	68,0	62,5
	4	1,40	5,70	1,73	1,20	96,7	82,4	75,3
5	1	0,32	1,66	0,36	0,26	29,4	26,1	24,5
	2	0,72	3,67	0,73	0,53	55,8	49,3	46,4
	3	1,17	5,98	1,12	0,80	75,0	65,7	62,5
	4	1,62	8,26	1,50	1,07	88,6	76,8	71,9

где:  $m$  – коэффициент откоса;  $h_i$  – высота волн;  $H_{Vi}$  – слой воды стекающего потока после разрушения предыдущей волны;  $l_{Vi}$ ,  $l_{Di}$ ,  $l_{Ki}$  – задаваемые расстояния от точек  $B$ ,  $K$ ,  $D$  до точек  $i$  с давлениями  $q_B$ ,  $q_K$ ,  $q_D$ .

Биологические способы защиты сухих откосов от атмосферных воздействий и ветровой эрозии один из насущных проблем действующих плотин водохранилищ. На строительстве многих плотин уделяется большое внимание защите необводненных сухих участков песчаных откосов. Общая площадь пляжных пологих откосов, подлежащих защите от атмосферных воздействий, иногда составляет до 6000 га.

Однако из-за отсутствия карьеров гумусированного грунта, значительного удаления карьеров от защищаемых откосов, недостаточного количества посевного и посадочного материала на некоторых участках сооружений биологическая защита выполнялась без соблюдения агротехнических правил. Как правило, такие участки в период временной эксплуатации до создания полноценной защиты были наиболее подвержены воздействию ветров, происходили перемещение мелких частиц песка за пределы участков, и как следствие, значительные изменения профиля пологих участков, сооружения.

Борьба с ветровой эрозией сухих песчаных откосов наиболее эффективна и экономична путем посева трав, посадок кустарника и деревьев. При разработке и осуществлении этих защитных мероприятий рекомендуется учитывать следующие агротехнические условия:

- для нормального развития травяного покрова толщина гумусированного корнеобитаемого слоя на откосе должна быть не менее 0,2 м;
- эоловые процессы наиболее активно проявляют себя на площадях, лишенных биологической защиты;

– с увеличением густоты биологической защиты ветровая эрозия уменьшается. Когда посадка травы составляет 100% и кустарника 50% защищаемой площади, эрозия прекращается и происходит накопление песка, переносимого ветром;

– увеличение густоты кустарниковой посадки и травяного покрова повышает эффективность биологической защиты.

Для эффективной биологической защиты, как показывает опыт строительства и эксплуатации земляных плотин водохранилищ, необходимы создание гумусированного корнеобитаемого слоя требуемой мощности, выбор районированных культур трав, кустарников и деревьев, соблюдение агротехнических правил по высеву, выращиванию и уходу за культурами в период эксплуатации. Посев травосмеси на пологих или крутых откосах рекомендуется производить по сплошь нанесенному и перемешанному с песком растительному слою. Толщина наносимого растительного слоя гумусированного грунта зависит от его механического состава: при содержании частиц в грунте мельче 0,01 мм около 40% толщина слоя принимается равной 10 см, при содержании частиц менее 0,01 мм 20% толщина слоя принимается равной 20 см. Для образования корнеобитаемого слоя наносимый слой растительного грунта перемешивается с песком откоса на глубину 40 см. Перемешивание производится двухкратной отвальной вспашкой на глубину 20-30 см с обязательным рыхлением почвоуглубителем до 40-45 см и с последующей обработкой площади откоса дискованием и разравниванием боронами.

Не рекомендуется допускать большого разрыва во времени между нанесением растительного слоя и его перемешиванием, так как это может вызвать размыв тальми или ливневыми водами.

Как показал опыт эксплуатации, биологическая защита, выполненная в соответствии с принятыми агротехническими правилами, надежно защищает песчаные откосы от ветровой эрозии.

В ряде случаев причиной размыва откосов ливневыми водами явилось неудачное конструктивное решение. Так, проезжая часть автодороги на гребне плотины одной из Днепровых ГЭС, покрытая асфальтобетоном, выполнена двухскатной на участке длиной около 18 км. Вследствие этого бровка низового откоса и откос в пределах заложения 1:4 размываются ливневыми и тальми водами. Размывы бровки во многих местах достигают покрытия дороги и угрожают ее разрушению. Постоянные ежегодные ремонты откоса обходятся дорого, а для устройства ливнеотводной сети вдоль бровки низового откоса требуются значительные дополнительные затраты.

Откосы плотин имеют большую длину и культурно-хозяйственному использованию их, особенно пляжных и пологих, целесообразно уделять особое внимание. Так, намывные и благоустроенные пляжи являются местами массового отдыха трудящихся. Некоторые участки намывных дамб с широкими гребнями, пологий низовой откос плотины используются под фруктовые сады и огороды коллективов работников этих ГЭС и плотин. Возможно, в будущем пляжные и пологие откосы могут более эффективно использоваться для нужд народного хозяйства.

**Заключение.** Нами рекомендуется биологические и инженерно-биологические способы защиты пологих (М 1:40-1:100) берегов, пляжных (пологих откосов) с интенсивностью размыва не более 0,2-0,3 м/год. Это могут быть волноломные насаждения из кустарников и полуводных растений

на откосах дамб распластанного профиля и абардируемых берегах, смешанные вербово-тростниковые защитные культуры, тростниковые и цицианиевые биофильтры в мелководных заливах, фронтальные временные и постоянные живые стенки, заборщики и плетни, вербовые, щебнево-вербовые и каменно-вербовые сооружения в виде траверсов и бун; каменно-вербовые рефракторы. Главными видами растений этого вида защиты откосов сооружений и берегов являются: ива белая (верба), ива миндальная, ива корзиночная; тростник обыкновенный, камыш озерный, цициния широколистная (рис. дальневосточный). На участках кратковременного неглубокого затопления могут применяться: аморфа, лох узколистный, облепиха, тополь черный (осокорь), шелковица, ясень зеленый.

Биологическая защита устраивается двухъярусной: камышево-тростниковой на глубинах 1,0-2,0 м при НПУ и ивово-кустарниковой на глубинах 0,2 м и выше НПУ по откосу. При интенсивном волнении (0,8-1,5м) биозащиту дополняют начиная с глубин 0,6-0,7 м при НПУ защитными стенками, заборщиками или плетнями из живых кольев или прутьев ив, а также плетнями-траверсами и бунами. Эти конструкции обеспечивают стабильность подводного откоса в первые годы жизни молодых культур и улучшают условия их разрастания и закрепления в данном грунте. При создании двухъярусной биозащиты из полуводных культур тростника и камыша корневищный грунт, взятый экскаватором из естественной заросли, укладывается и засыпается в неглубокие траншеи. Фронтальные стенки и траверсы устраиваются путем плотной установки живых кольев к стенкам траншеи и с последующей засыпкой грунтом.

Каменно-вербовые и щебнево-вербовые буны и рефракторы рекомендуется применять при защите участков откосов при воздействии волн высотой 1,2-1,5 м. Эти конструкции располагаются нормально к береговой линии, голова располагается на глубине 0,8-1,0 м при НПУ, а начало выводится на 0,5-0,8 м выше НПУ. Концы кольев выводятся на 0,4-0,5 м выше НПУ. Расстояние между бунами принимается 1,3-1,7 их длины.

Рефракторы с размерами в поперечнике 1,5-2,0 м размещаются вдоль берега в шахматном порядке. Пространство между бунами засаживается ивовыми и тростниковыми культурами.

В случае периодического волнового воздействия, например в паводок, полоса кустарника и деревьев так же может погасить волну перед откосным водоограждающим сооружением. Специально выполненные исследования и практические эксперименты позволили разработать способ назначения оптимальной ширины и густоты волногасящей полосы кустарника с помощью графиков на рисунке 2.

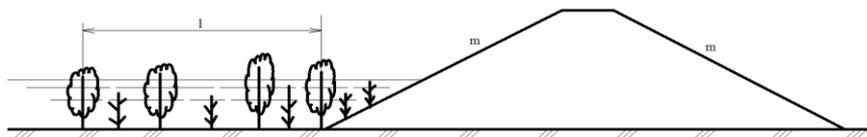


Рис. 2. Волногасящие полосы посадок деревьев и кустарника

Полосы биологической защиты откосов и отмелей берегов рассматриваются не только как способ гашения энергии волн, но и как

создание условий для проживания плавающей птицы, биоочистки воды, озеленения и украшения местных ландшафтов.

#### Список литературы

1. Доценко, Т.П. Плотины и дамбы распластанного профиля [Текст] / Т.П. Доценко, В.Ф. Канарский. – М.: Энергия, 1975. – 113 с.
2. СН РК 3.04-01-2023. Гидротехнические сооружения [Текст]. – Введ. 9.06.2023. – РК, 2023.
3. Руководство по определению нагрузок и воздействий на гидротехнические сооружения (волновых, ледовых и от судов) [Текст]. – Л: ВНИИГ, 1977 (2012). – 317 с.
4. Жигитбаева, Б.Е. Воздействие ветровых волн на естественные береговые склоны открытых водоемов [Текст] / Б.Е. Жигитбаева, Н.Т. Туменбаева // Материалы VI-Международной научно-практической конференции «Европа и тюркский мир: наука, техника и технология». – г. Бурса (Турция), 2021. – С. 344-349.
5. Ержанова, Н.К. Об обосновании потенциальной опасности устойчивости плотины Тасоткельского водохранилища [Текст] / Н.К. Ержанова, М.Н. Сенников // Материалы Международной научно-практической конференции «Уркимбаевские чтения – 4», Том I. – Тараз, 2021. – С. 141-146.
6. Койбаков, С.М. О влиянии ветрового волнения на естественные прибрежные гряды [Текст] / С.М. Койбаков, Б.Е. Жигитбаева // Материалы Международной научно-практической конференции «Уркимбаевские чтения – 4», Том I. – Тараз, 2021. – С. 180-184.
7. Ибраев, Т.Т. Исследование устойчивости и прочности откосов земляных сооружений [Текст] / Т.Т. Ибраев, Б. Нуржанулы, Б. Турлыбаева // Материалы 2-й Международной научной конференции «Основы и тенденции современного обучения». – г. Берлин, Германия, 2023. – С. 30-34.
8. Тургынбаева, Б.О. Контроль и оценка технического состояния плотин [Текст] / Б.О. Тургынбаева, К.Т. Султанаев // Журнал «Наука и образование: Новое время». – 2024. – № 4. – С. 63-67.
9. Kalashnikov A.A. et al. Regulation of hydrocyclone parameters to improve the quality of water purification on drip irrigation systems //Caspian Journal of Environmental Sciences. – 2023. – Vol. 21. – No. 4. – P. 787-799.

*Данные, представленные в статье, получены в результате исследований, проведенных в рамках финансируемого проекта «BR24992867-Разработка ресурсосберегающих технологий, создание инновационного инжинирингового центра для развития и управления водохозяйственной и перерабатывающей промышленностью Казахстана».*

*Материал поступил в редакцию 31.05.25, принят 30.06.25.*

**С.К. Джолдасов<sup>1</sup>, М.Н. Сенников<sup>1</sup>, Б.Ж. Манапбаев<sup>1</sup>, С.Ж. Таттибаев<sup>1</sup>,  
Б.О. Турлыбаева<sup>1</sup>, М.М. Асылбек<sup>1</sup>, Е.Ш. Сейдуллаев<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Қазақ Ұлттық су шаруашылығы және ирригация университеті,  
Тараз қ., Қазақстан*

#### **СУ ҚОЙМАЛАРЫНДАҒЫ ТОПЫРАҚ ТАБАНДЫ ҚҰРЫЛЫМДАРДЫҢ ОРНЫҚТЫЛЫҒЫН САҚТАУДЫҢ АРНАЙЫ ТӘСІЛДЕРІ**

**Аңдатпа.** Ғылыми жұмыста құрылымдардың топырақ беткейлерінің тұрақтылығы мәселесінің шешімдері және су қоймалары бөгеттерінің беткейлерінің

шайылуына қарсы күрес әдістері келтірілген. Топырақ беткейлерінің тұрақтылығы туралы мәселені шешкен кезде алдын-ала орнатылған тегіс сырғанау бетіндегі тұрақтылықты есептеу қажет болады (жұқа сазды экраны бар бөгет немесе мысалы, құрылымның түбінде әлсіз топырақ қабаты болған кезде). Бұл жағдайлар үшін арнайы инженерлік әдістер бар. Көлбеу кескінді топырақ табанды гидротехникалық құрылымда ең көп таралған және қысым фронттарын құру және су қоймаларының жағалауларын толқындармен шайып кетуден қорғау үшін кеңінен қолданылады. Қазіргі техникалық әдебиеттерде жер жұмыстары көлбеу және олардың беткейлерінің конструкцияларына байланысты жалпақ және қалыпты кескінді құрылымдарға бөлінеді. Бұл қысымды жер бөгеттері, су өткізбейтін қорғаныс бөгеттері, көлбеу кескінді жағалау құрылымдары болуы мүмкін.

**Тірек сөздер:** топырақ құрылымдар, жақтауы орнықтылығы, жақтау кескіні, шайылудан қорғау, топырақ бөгеттер, қорғаныс бөгетшелері, жағаларды қорғау құрылымдары.

**S.K. Joldassov<sup>1</sup>, M.N. Sennikov<sup>1</sup>, B.J. Manapbayev<sup>1</sup>, S.J. Tattybaev<sup>1</sup>,  
B.O. Turlybayeva<sup>1</sup>, M.M. Asylbek<sup>1</sup>, E.S. Seydullaev<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Kazakh National University of Water Management and Irrigation  
Taraz, Kazakhstan*

#### **SPECIFIC APPROACHES TO MAINTAINING THE STABILITY OF EARTH STRUCTURES AT RESERVOIRS**

**Abstract.** The scientific work provides solutions to the problem of stability of soil slopes of earth structures and methods of combating erosion of dam slopes of reservoirs. When solving the problem of stability of soil slopes, it becomes necessary to calculate stability based on a pre-established flat sliding surface (a dam with a thin clay shield or, for example, if there is a layer of weak soil at the base of the structure). There are engineering techniques for this case. Sloping-profile earthworks are the most common in hydraulic engineering and are widely used to create pressure fronts and protect reservoir shores from erosion by waves. In modern technical literature, earthworks, depending on the slopes and structures of their slopes, are divided into structures of a flattened and normal profile. These can be blind pressure earthen dams, water-sealing protective dams, coastal protection structures of a sloping profile.

**Keywords:** earthworks, slope stability, slope profile, erosion protection, earth dams, protective dams, coastal protection structures.

#### **References**

1. Dotsenko, T.P., Kanarskiy, V.F. Plotiny i damby rasplastannogo profilya [Dams and levees of a flattened profile]. – Moscow: Energy, 1975. – 113 p. [in Russian].
2. SN RK 3.04-01-2023. Gidrotekhnicheskiye sooruzheniya [Hydraulic structures]. – Introduced. 9.06.2023. – RK, 2023. [in Russian].
3. Rukovodstvo po opredeleniyu nagruzok i vozdeystviy na gidrotekhnicheskiye sooruzheniya (volnovykh, ledovykh i ot sudov) [Guidelines for determining loads and impacts on hydraulic structures (wave, ice and from ships)]. – L: VNIIG, 1977 (2012). – 317 p. [in Russian].
4. Zhigitbayeva B.Ye., Tumenbayeva N.T. Vozdeystviye vetrovykh voln na yestestvennyye beregovyye sklony otkrytykh vodoyemov [The impact of wind waves on natural coastal slopes of open water bodies] // Proceedings of the VI-International Scientific and Practical Conference “Yevropa i tyurkskiy mir: nauka,

- tekhnika i tekhnologiya” [Europe and the Turkic World: Science, Technology and Engineering]. – Bursa (Turkey), 2021. – P. 344-349. [in Russian].
5. Yerzhanova N.K., Sennikov M.N. Ob obosnovanii potentsial'noy opasnosti ustoychivosti plotiny Tasotkel'skogo vodokhranilishcha [On the substantiation of the potential danger to the stability of the Tasotkel Reservoir dam] // Proceedings of the International Scientific and Practical Conference “Urkimbayevskiyechteniya – 4” [Urkimbaev Readings - 4], Vol. I. – Taraz, 2021. – P. 141-146. [in Russian].
  6. Koybakov S.M., Zhigitbayeva B.Ye. O vliyaniivetrovogo volneniya na yestestvennyye pribrezhnyye gryady [On the influence of wind waves on natural coastal ridges] // Proceedings of the International Scientific and Practical Conference “Urkimbayevskiyechteniya – 4” [Urkimbaev Readings - 4], Vol. I. – Taraz, 2021. – P. 180-184. [in Russian].
  7. Ibrayev T.T., Nurzhanuly B., Turlybayeva B. Issledovaniye ustoychivosti i prochnosti otkosov zemlyanykh sooruzheniy [Study of stability and strength of slopes of earthen structures] // Proceedings of the 2nd International Scientific Conference “Osnovy i tendentsii sovremennogo obucheniya” [Fundamentals and Trends of Modern Education]. – Berlin, Germany, 2023. – P. 30-34. [in Russian].
  8. Turgynbayeva B.O., Sultanayev K.T. Kontrol' i otsenka tekhnicheskogo sostoyaniya plotin [Monitoring and assessment of the technical condition of dams] // Zhurnal «Nauka i obrazovaniye: Novoye vremya» Journal "Science and Education: New Time". – 2024. – No. 4. – P. 63-67. [in Russian].
  9. Kalashnikov A.A. et al. Regulation of hydrocyclone parameters to improve the quality of water purification on drip irrigation systems //Caspian Journal of Environmental Sciences. – 2023. – Vol. 21. – No. 4. – P. 787-799.