

РГБ ОЛ
27 ОКТ 1998

На правах рукописи

ФЕДОСЕЕВА Нина Степановна

**ВЕТРОВЫЕ ТЕЧЕНИЯ В БЕРЕГОВОЙ ЗОНЕ ВОДОХРАНИЛИЩ
И ЗАЩИТА ОТ ЗАИЛЕНИЯ ВХОДНЫХ УЧАСТКОВ БУХТ**
(на примере бухты Крутая Цимлянского водохранилища)

Специальность: 05. 23. 16. - «Гидравлика и инженерная гидрология»

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени кандидата
технических наук

Новочеркасск 1998

Работа выполнена на кафедре гидравлики и инженерной гидрологической Новочеркасской государственной мелиоративной академии

Научные руководители: - Заслуженный мелиоратор Российской Федерации кандидат технических наук, профессор Овчаренко И.Х.
- Заслуженный мелиоратор Российской Федерации, кандидат технических наук, профессор Степанов П.М.

Официальные оппоненты: - доктор технических наук, профессор Иваненко Ю.Г.
- старший научный сотрудник, кандидат технических наук Дандара Н.Т.

Ведущая организация: - Южный специализированный научный центр по проектированию объектов мелиорации и сельскохозяйственного водоснабжения (Южводпроект г. Ростова-Дону)

Защита состоится "20" ноября 1998 г. в 10⁰⁰ час. на заседании диссертационного совета К 120.76.02 в Новочеркасской государственной мелиоративной академии по адресу: 346428, г. Новочеркасск, Ростовской области, Пушкинская, 111 (а.236).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке НГМА.

Автореферат разослан "20" октября 1998 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат технических наук,
доцент

Храпковский В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. При проектировании, строительстве и эксплуатации в береговой зоне водохранилищ водозаборов, портов, волногасящих, берегозащитных и других сооружений, а также для оценки перемещения наносов, водорослей и загрязняющих веществ необходимо знать количественные характеристики ветровых течений.

Вдольбереговые течения со скоростями, достигающими 1,5 м/с и более, вызванные ветром и энергией разрушающихся волн, размывают берега, перемещают к портам, заливам, бухтам и береговым сооружениям громадное количество наносов. В результате водозаборы и входные (устьевые) участки бухт заиляются.

Бухты и заливы используются для размещения рыбоперерабатывающих предприятий, отстоя рыболовецкого флота, как убежища маломерных судов и плотов в штормовую погоду, размещения насосных станций и других целей.

Наносы, переносимые вдольбереговыми течениями, осаждаются во входных участках бухт, вследствие этого образуются косы, которые, постепенно нарастая, смыкаются. Возникающая пересыпь отделяет бухту от акватории водохранилища. Бухта зарастает, заболачивается и теряет свое хозяйственное значение.

Расчистка входных участков бухт связана с трудоемкой работой, требующей больших материальных затрат.

Экспедиционные обследования берегов и бухт Цимлянского и Ростовского водохранилищ в 1982-95 гг. (с участием автора) показали, что входные участки бухт после систематических расчисток продолжают заиляться. Например, периодически, через 3-4 года заиляются входные участки бухт Крутая и Суворовская Цимлянского водохранилища.

По данным Управления водных ресурсов Цимлянского водохранилища последние расчистки в б. Крутая проводились в 1985 и 96 гг.

В связи с этим исследования ветровых течений и разработка мероприятий по защите входных участков бухт равнинных водохранилищ от напоров, водорослей и волн имеет актуальное народнохозяйственное значение.

Цели и задачи исследований.

Целью исследований является изучение структуры ветровых течений в зоне прибрежного мелководья и на береговых отмелях и разработка мероприятий по защите входных участков бухт от заиления.

Для достижения указанной цели были решены следующие задачи:

- определены основные природные факторы, влияющие на ветровые течения и получены их натурные характеристики;
- исследованы ветровые течения в зоне прибрежного мелководья и на береговой отмели на конкретном примере (бухта Крутая Цимлянского водохранилища);
- разработаны формулы и методика расчета вдольбереговых течений;
- по расчетным формулам составлены алгоритмы, на основании которых разработаны программы для расчетов на персональных ЭВМ;
- предложены конструкции защитных мероприятий и дано их экономическое обоснование.

Новизна выполненной работы состоит в том, что впервые предлагается классификация бухт равнинных водохранилищ по морфометрическим признакам. На основании анализа материалов натурных и теоретических исследований разработана методика расчета средних скоростей ветроволновых течений, основанная на применении в расчетных формулах среднего периода волн берегового прибоя.

Впервые применена аэрогидравлическая установка для исследования структуры ветровых течений при различных уровнях заиления входа бухты, в случае действия ветров направленных нормально к входному створу.

Впервые предлагается осуществлять защиту входных участков бухт от заиления при помощи сооружений, работающих по принципу природным

аналогий.

При выборе бухты для размещения в ней объектов хозяйственного использования, рекомендуется отдавать предпочтение бухтам закрытого типа, имеющим естественные мысы перед входом в бухту.

Практическая значимость и внедрение. Разработанная методика расчета скоростей ветровых и вдольбереговых течений упрощает определение параметров волнения в натуральных условиях и проведение изыскательских работ при проектировании сооружений IV класса капитальности в береговой зоне водохранилищ.

Для определения направления течений разработан прибор "Указатель течений в водохранилищах.", при помощи которого определяется азимут вектора скорости на различных глубинах скоростной вертикали. Прибор внедрен на Ростовано́ском водохранилище. Ежегодный экономический эффект от внедрения составил 930 тыс. рублей в ценах 1996 г. Прибор применялся на Цимлянском и Ростовановском водохранилищах и рекомендуется для научных и изыскательских исследований, проводимых в береговой зоне водохранилищ.

Строительство предлагаемых защитных сооружений позволит уменьшить заиление входных участков бухт, расположенных перед входом в бухту, сократить расходы на проведение землечерпальных работ в бухтах (конструкция гибкого сооружения для защиты бухтового берега внедрена в приплотинной зоне Ростовановского водохранилища Курской оросительно-обводнительной системы Ставропольского края). Ежегодный экономический эффект от внедрения составил 25392,39 тыс. рублей в ценах 1996 г.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на научно-практической конференции Высших международных гидрологических курсов при Московском государственном университете МГУ) им. Ломоносова (г. Москва, 1984 г.), научно-практической конференции "Повышение эффективности использования вод-

ных ресурсов в сельском хозяйстве (г. Новочеркасск, 1989 г.), на научно-практической конференции "Экологические аспекты мелиорации Северного Кавказа" (г. Новочеркасск, 1990 г.), на научно-практической конференции "Проблемы мелиорации и экономики юга России" (г. Новочеркасск, 1993 г.), на Всероссийской научно-практической конференции "Экологические аспекты эксплуатации гидромелиоративных систем и использования орошаемых земель" (г. Новочеркасск, 1996 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано десять печатных работ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, восьми глав, общих выводов и предложений, библиографического списка и приложений. Общий объем работы 170 страниц, в том числе 31 рисунок, 35 таблиц, 17 приложений. Библиографический список из 125 наименований, из них 6 иностранных.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе на основе обзора научной литературы по гидрометеорологическим и гидродинамическим процессам в береговой зоне водохранилищ рассмотрены вопросы взаимодействия ветра, ветровых волн и вызванных ими ветровых течений с берегами водохранилищ. Волны разрушают берега, а вдольбереговые течения переносят продукты размыва к входным участкам бухт, где и происходит отложение наносов и заиление входов в бухты.

Освещению многофакторных ветро-волновых явлений в береговой зоне, динамике берегового процесса, разработке берегозащитных и природоохранных мероприятий посвящены работы: А.П. Браславского, С.Л. Вендрова, Н.А. Давтян, В.П. Зенковича, А.Ю. Зарбаилова, Н.Е. Кондратьева, А.В. Караушева, Е.Г. Кочугина, П.П. Кокоулина, С.А. Лопухина, В.М. Маккавеева, В.В. Максимчука, Б.А. Пышкина, А.С. Судольского, Е.М. Селюк, И.Т. Селе-

зова, Ю.Н. Сокольникова, Д.П. Финарова, В.В. Хомицкого.

Изучение ветровых течений на береговых отмелях водохранилищ начато недавно. Большой вклад в изучение ветровых течений в зоне прибрежного мелководья и энергетических течений на береговых отмелях водохранилищ и озер внесли сотрудники Государственного гидрологического института (ГГИ) под руководством А.С. Судольского. Ими были выполнены основательные наблюдения за метеорологическими факторами, ветровым волнением, ветро-волновым течением, уровенным режимом и др. характеристиками на Кайракумском, Каховском водохранилищах и на озере Большом Симатинском и др.

Изучение ветровых течений в береговой зоне Цимлянского водохранилища проводились (с участием автора) сотрудниками Новочеркасской государственной мелиоративной академии (НГМА) под руководством Л.Ф. Ольгаренко.

Вопросам занесения входных участков бухт водохранилищ посвящено сравнительно небольшое количество работ. Значительный вклад в исследования, связанные с этими вопросами, внесли: В.В. Караунис, Ю.К. Ланге, С.А. Лопухин, Н.И. Маккавеев, В.Г. Рыбка, А.Я. Шварцман, В.В. Шулейкин.

Обзор научной литературы по теме диссертации позволил определить дальнейшие направления исследований.

Во второй главе рассматриваются природные условия и объекты исследований. Объектами исследований являются береговая зона и бухты Цимлянского водохранилища.

В результате экспедиционных обследований бухт автором предлагается классификация бухт равнинных водохранилищ по морфометрическим признакам:

- по соотношению ширины входа к длине бухты по медиане;
- по конфигурации бухты и условиям сопряжения подводных берегов бухты с акваторией водохранилища.

Для конкретного примера, как объект исследований, была выбрана наиболее характерная бухта Крутая Цимлянского водохранилища.

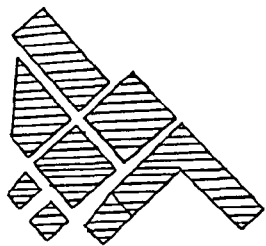
Бухта расположена у хутора Крутого на правом берегу водохранилища, в 4 км от г. Цимлянска. Акватория бухты закрыта высокими и крутыми берегами. Площадь водной поверхности при НПУ (36,0 м БС) - 240 тыс. м², при УМО (30,8 м БС) - 190 тыс. м². Азимут входного створа 65° (рисунок 1). Входной створ ориентирован на юго-восток. Азимут нормали к входному створу 155°. Ширина входного створа при НПУ В=280 м. Площадь водосбора бухты F=18,3 км². Рельеф водосборной площади расчленен овражно-балочной сетью.

Третья глава посвящена натурным наблюдениям. В ней излагается методика выбора участка берега водохранилища, прилегающего к бухте для проведения исследований. Приводятся данные натурных измерений и их обработка методами математической статистики на ЭВМ.

По данным многолетних наблюдений Цимлянской гидрометеорологической обсерватории (ЦГМО) наибольшую повторяемость в приплотинной зоне водохранилища имеют ветры СВ (23,0 %) и В (18 %) направлений. Следовательно, неблагоприятным с точки зрения ветровой деятельности является СВ берег при входе в бухту Крутая.

На выбранном берегу был разбит базис длиной 1100 м. Перпендикулярно к нему в сторону водохранилища проложены 10 створов (рисунок 1). Производилась высотная и плановая съемка опорной сети с привязкой к реперу у х. Крутого.

Изучение пород слагающих берега позволило установить, что грунты береговой полосы, прилегающей к входу в бухту состоят из делювиальных суглинков, содержащих 63 % песчаных и 20 % пылеватых частиц. До глубины 1 м косы во входном створе бухты слагаются легкими и тяжелыми супесями с содержанием фракций среднего песка ($d=0,25-0,5$ мм) от 54 % до 82 %.



х. Крутой

сов. Цимлянский

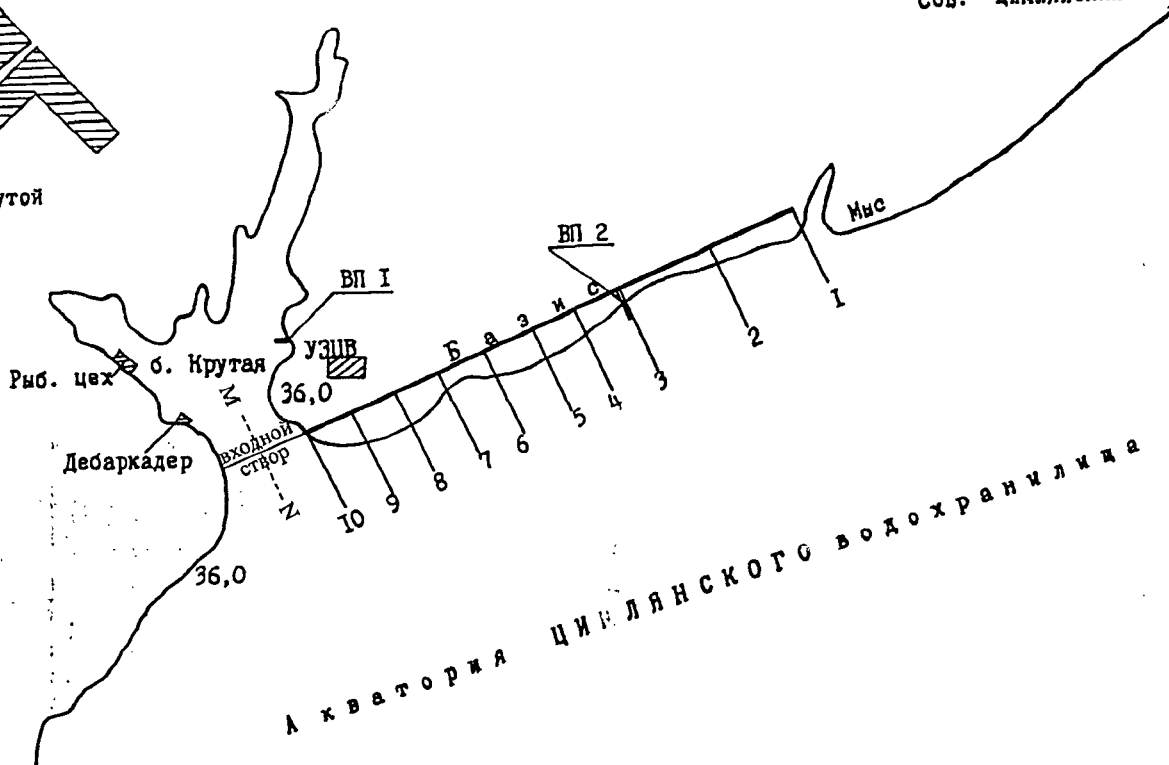


Рисунок 1 - План участка работ у бухты Крутая
М 1:10000

Для наблюдений за уровнями воды были устроены временные свайные водомерные посты (на берегу водохранилища и в бухте) с отметкой нуля поста 28,0 м.

Для 12-ти летнего периода наблюдений (1970-81 гг., данные ЦГМО) за сезонными уровнями воды в конце весеннего половодья (Z_{max}) и в конце осени (Z_{min}) перед ледоставом автором получена коррелятивная зависимость, отражающая сезонное регулирование стока. Зависимость позволяет по уровню максимального весеннего половодья определять ожидаемый минимальный уровень воды в конце летне-осенней сработки водохранилища и устанавливать ожидаемую минимальную глубину во входном створе бухты.

$$Z_{max} = 1,13Z_{min} - 1,62, \quad (1)$$

при $R = 0,8 \pm 0,103$, - коэффициент корреляции.

Наблюдения за высотой и средним периодом волн на глубокой воде проводились с помощью волномерных вех, которые устанавливались в 80 м и 110 м от уреза воды в 10 створе (рисунок 1).

В результате синхронных измерений средних периодов волн на глубокой воде ($\bar{\tau}_{2l}$) и по береговому прибою ($\bar{\tau}_{np}$) для участка, прилегающего к бухте Крутая, получены ряды наблюдений за периодами при различных скоростях ветров господствующих направлений (таблица 1).

Таблица 1 - Измеренные периоды волн на глубокой воде и по береговому прибою

Скорость ветра w_{10} , м/с	2,5	3,0	3,5	4,0	4,3	4,5	4,6	5,0	6,0	6,2	6,3	6,5	6,7	7,0	9,0	10,0
$\bar{\tau}_{np}$, с (x)	1,14	1,17	1,43	1,58	1,60	1,74	1,82	1,92	2,04	2,24	2,38	2,40	2,52	2,64	2,85	3,23
$\bar{\tau}_{2l}$, с (y)	1,46	1,48	1,66	1,72	1,76	1,86	1,89	1,90	1,96	2,16	2,29	2,31	2,42	2,51	2,68	3,00

По данным таблицы 1 автором получено уравнение регрессии вида:

$$\bar{\tau}_{2l} = 0,73\bar{\tau}_{np} + 0,58, \quad (2)$$

при $R=0,99\pm 0,003$ - коэффициент корреляции.

Для условий глубокой воды в ЦГМО были разработаны эмпирические зависимости для определения средних элементов ветровых волн:

$$\bar{h}_{2л} = 0,0787\bar{\tau}_{2л}^{1,73}, \quad (3)$$

$$\bar{\lambda}_{2л} = 3,1\bar{\tau}_{2л}^{1,24}, \quad (4)$$

где $\bar{h}_{2л}$ и $\bar{\lambda}_{2л}$ - средние высота и длина волны на глубокой воде, м;

$\bar{\tau}_{2л}$ - средний период волны на глубокой воде, с.

Переход от средних высот к высотам волн лобой обеспеченности в данной системе волнения осуществляется с помощью модульного коэффициента (K), при $h_{1\%} = K_{1\%} \cdot \bar{h}_{2л}$ ($K_{1\%} = 2,16$), формулы (3) и (4) с учетом формулы (2) автором предлагается представить в виде:

$$h_{1\%} = K_h \left(0,73\bar{\tau}_{np} + 0,58 \right)^{1,73}, \quad (5)$$

$$\bar{\lambda}_{2л} = K_\lambda \left(0,73\bar{\tau}_{np} + 0,58 \right)^{1,24}, \quad (6)$$

где $h_{1\%}$ - высота волны 1% обеспеченности в системе, м;

$\bar{\lambda}_{2л}$ - средняя длина волны, м;

$K_h = 0,17$ и $K_\lambda = 0,31$ - коэффициенты размерности.

В четвертой главе изложены результаты натурных наблюдений и расчеты скоростей ветро-волновых течений в береговой зоне водохранилища у бухты Крутая.

По интенсивности развития течений береговая зона подразделяется на прибрежное мелководье и береговую отмель. Прибрежное мелководье находится между изобатами с глубинами $0,5\bar{\lambda}$ и $1,5h_{1\%}$. Береговая отмель расположена между изобатой $1,5h_{1\%}$ и урезом воды.

Натурные наблюдения за течениями в зоне прибрежного мелководья показали, что поверхностные скорости увеличиваются от берега к внешней границе зоны. Средние на вертикали скорости в этом же направлении уменьшаются незначительно. На рисунке 2 показано распределение скоростей по ширине зоны прибрежного мелководья при ветрах восточных румбов.

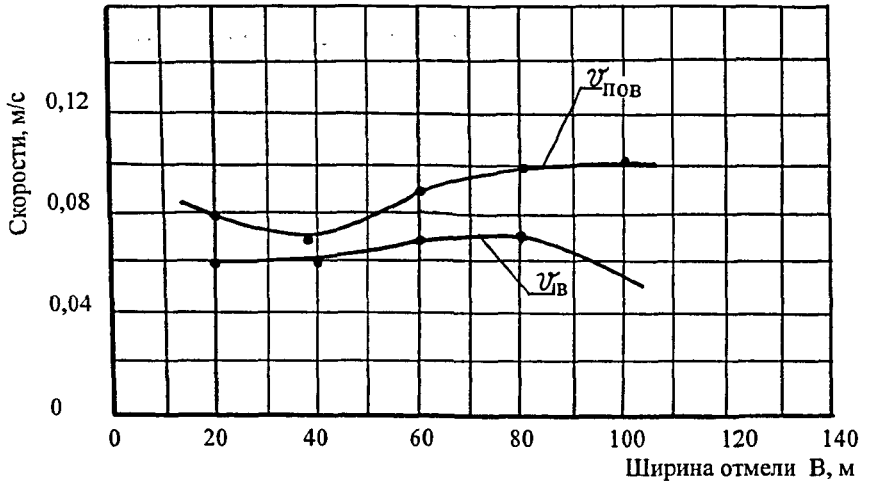


Рисунок 2 - Распределение скоростей ветровых течений в зоне прибрежного мелководья у восточного берега бухты Крутая

Далее в главе приводятся формулы и методы расчета средних скоростей ветровых и вдольбереговых (энергетических) течений, разработанные в ГГИ.

Величины скоростей, измеренные в натуральных условиях, при скоростях ветра до 5 м/с дают хорошую сходимость (расхождение до 10 %) с расчетными значениями скоростей, полученными по формуле А.С. Судольского (ГГИ):

$$V_{cp} = k_H \cdot \sqrt{w_{10} \cdot \bar{\lambda}_{zл} / H}, \quad (7)$$

где V_{cp} средняя на вертикали скорость ветрового течения, м/с;

$k_H = 2,5 \cdot 10^{-2}$ - коэффициент размерности;

w_{10} - скорость ветра на высоте 10 метров от поверхности воды, м/с;

$\bar{\lambda}_{zл}$ - средняя длина волны, м;

H - глубина воды на вертикали, м.

Расчеты средних скоростей вдольбереговых (энергетических) течений

можно производить по формуле (8) А.С. Судольского, Н.А. Ярославцева (ГГИ), расчеты, выполненные по формуле (8), дают хорошую сходимость с измеренными скоростями на береговой отмели у бухты Крутая.

$$V_{cp} = k_{вд} \cdot h_{1\%} \cdot f(\alpha) \exp\left[-(0,014B - 0,5H_{cp})\right], \quad (8)$$

где V_{cp} - средняя скорость вдольберегового течения, м/с;

$k_{вд} = 1,0$ - коэффициент размерности;

$h_{1\%}$ - высота волны 1 % обеспеченности (в системе), измеренная на подходе к береговой отмели, м;

H_{cp} - средняя глубина на береговой отмели, м;

$f(\alpha)$ - параметр, зависящий от угла α между лучом волны и нормалью к линии берега;

B - общая ширина отмели, м.

Закономерность распределения средней скорости вдольберегового (энергетического) потока по ширине береговой отмели установлена натурными наблюдениями (таблица 2).

Таблица 2 - Распределение средней скорости вдольберегового потока по ширине береговой отмели

Относительные расстояния v/B	Урез воды	0,20	0,35	0,50	0,75	1,00
Отношение $\frac{V_v}{V_{cp}}$	0	1,0	1,5	1,4	0,7	0,4

Данные таблицы 2 позволяют устанавливать средние на вертикали скорости в данном месте береговой отмели по средней скорости берегового потока.

В пятой главе излагается предлагаемая автором методика расчета скоростей встровых течений в береговой зоне водохранилищ по среднему периоду волн берегового прибоя.

Основным положением методики является установление корреляционной связи между средним периодом волн на глубокой воде ($\bar{\tau}_{2л}$) и средним периодом волн берегового прибоя ($\bar{\tau}_{нр}$).

Аналитически такая связь выражается в виде уравнения регрессии:

$$\bar{\tau}_{2л} = a \cdot \bar{\tau}_{нр} + b, \quad (9)$$

где a и b - параметры, зависящие от характера береговой отмели.

Для береговой отмели у бухты Крутая уравнение (9) представлено в виде формулы (2).

Высоту волны 1 % обеспеченности и среднюю длину волны ($h_{1\%}$ и $\bar{\lambda}_{2л}$) предлагается определять по формулам:

$$h_{1\%} = k_h (a \cdot \bar{\tau}_{нр} + b)^{1,73}, \quad (10)$$

$$\bar{\lambda}_{2л} = k_\lambda (a \cdot \bar{\tau}_{нр} + b)^{1,24}, \quad (11)$$

где k_h и k_λ - коэффициенты размерности.

Определение средней скорости на вертикали (V_{cp}) в зоне прибрежного мелководья можно производить по величине ($\bar{\tau}_{нр}$), подставив в формулу (7) ($\bar{\lambda}_{2л}$) из зависимости (11):

$$V_{cp} = k \cdot \sqrt{w_{10} \frac{(a \bar{\tau}_{нр} + b)^{1,24}}{H}}, \quad (12)$$

где $k = 4,4 \cdot 10^{-2}$ - коэффициент размерности;

w_{10} - скорость ветра на высоте 10 м, м/с;

H - глубина воды на вертикали, м.

Для объекта исследований (береговая отмель у бухты Крутая) формулу (12) можно представить в виде:

$$V_{cp} = 4,4 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{w_{10} \frac{(0,73 \bar{\tau}_{нр} + 0,58)^{1,24}}{H}}. \quad (13)$$

Определение средней скорости вдольберегового (энергетического) течения (V_{cp}) производится по выбранной расчетной формуле (9), которую можно представить в преобразованном виде:

$$V_{cp} = k(a \cdot \bar{r}_{np} + b)^{1,73} \cdot f(\alpha) \exp[-(0,014B - 0,5H_{cp})], \quad (14)$$

где $k=0,17$ - коэффициент размерности;

$f(\alpha)$ - параметр, зависящий от угла α между лучом волн и нормалью к береговой линии;

B - общая ширина береговой отмели, м;

H_{cp} - средняя глубина на береговой отмели, м.

Для нашего объекта исследований формула (14) имеет вид:

$$V_{cp} = 0,17(0,13 \cdot \bar{r}_{np} + 0,58)^{1,73} \cdot f(\alpha) \exp[-(0,014B - 0,5H_{cp})]. \quad (15)$$

По формуле (15) на языке программирования PASCAL составлена и отлажена программа, предназначенная для расчета средней скорости вдольбереговых течений по среднему периоду волн берегового прибоя для различных скоростей и направлений ветра. Алгоритм программы позволяет определять расход воды в пределах площади береговой отмели по формуле $Q = V_{cp} \cdot \omega$, м³/с (ω - площадь живого сечения вдольберегового потока, м²).

Расход взвешенных наносов оценивается по полученному расходу воды и средней мутности потока в зоне береговой отмели.

В шестой главе излагаются результаты лабораторных исследований и приводятся опытные данные, полученные на плоской неразмываемой модели продольного профиля бухты, выполненной в аэрогидравлической установке.

Моделировался случай действия ветров, направленных нормально к входному створу бухты. При таких ветрах создается поверхностный поток, вытекающий в бухту, и донный (компенсационный) поток, вытекающий из нее.

Аэрогидравлическая установка состояла из гидравлического лотка со стеклянными стенками и вентилятора (Ц4-70 № 4, $n=1500$ об/мин), сверху лоток закрывался оргстеклом с резиновым уплотнением. Ветровые волны и течения создавались воздушным потоком от вентилятора, работающего на всасывание.

В опытах измерялись: скорость ветра (анемометрами типа А-№ 3152), уровни воды (уровнемерами); высота и длина волны (по размеченной координатной сетке, нанесенной на стенку лотка), скорости поверхностных и компенсационных потоков (частицами с нейтральной плавучестью, из резиновой крошки). Направление течений и границы раздела потоков (глубина водораздельной точки) определялись нитяными флюгерами и подкраской жидкости.

Моделирование ветровых процессов осуществлялось по преобладающей действующей силе тяжести (числу Фруда) с проверкой турбулентности скоростного режима на модели по числу Рейнольдса.

Размеры гидравлического лотка (длина 800 см, высота 60 см, ширина 25 см) позволяли выполнять моделирование с искажением линейных масштабов в соотношении $a_l / a_n = 2$. Были приняты следующие масштабы: $a_l = 100$ - горизонтальный; $a_n = 50$ - вертикальный и $a_b = 1$ поперечный; скоростей $a_v = a_n^{0,5} = 7,07$; удельных расходов $a_q = a_w \cdot a_v = a_n^{1,5} = 354$.

На модели проведено четыре серии опытов, в которых моделировался профиль бухты по оси наибольших глубин при различных уровнях заиления ее входного участка.

Опытами установлены закономерности изменения величин поверхностных и донных (компенсационных) потоков в зависимости от изменения скорости ветра.

При ветрах 4,0-4,7 м/с скорость поверхностного потока значительно превышает скорость компенсационного. Глубина водораздельной точки устанавливается от поверхности воды на 1/4 глубины вертикали. С увеличени-

ем скорости ветра в два раза, скорости поверхностных потоков увеличиваются приблизительно также в два раза, при этом характер соотношения поверхностных и донных скоростей устанавливается в соотношении 2:1, а глубина водораздельной точки опускается от поверхности воды на 1/3 глубины вертикали.

Для опытов 3 и 4 серий рассчитывались размывающие скорости по формуле В.Н. Гончарова для условий донного потока ч среднего песка $d=0,25 - 0,50$ мм.

Сравнение скоростей донного потока с размывающими показало, что при ветрах до 12 м/с, размыв пересыпи не происходит.

В седьмой главе излагаются результаты полевых исследований отступления бровки берегового обрыва, приводятся расчеты по переформированию берегов перед входом в бухту Крутая, заилению бухты и ее входного участка по данным грунтовых съемок.

Данные наблюдений ЦГМО за первые три года (1953-55 гг.) эксплуатации водохранилища показывают, что бровка берега отступила на 16 м (5,3 м/год) на участке г. Цимлянск - х. Крутой. При этом образовалась береговая отмель шириной в среднем 22 м.

За двадцатилетний период существования водохранилища (1953-73 гг.) отступление берега на этом участке составило в среднем 46 м (2,3 м/год). Средняя ширина отмели достигла 60 м. По данным наших наблюдений (1982-85 гг.) отступление бровки составило в среднем 0,5 м/год. На рисунке 3 показан график среднего годового отступления бровки берега за период (1953-85 гг.).

Уменьшение среднего годового отступления бровки берега объясняется увеличением ширины и уменьшением уклона формирующейся береговой отмели.

Средний годовой объем заиления входного участка бухты от наносов, поступивших из водохранилища, определялся из балансового уравнения:

$$\bar{W}_{заил} = \bar{W}_F + \bar{W}_{бер} + \bar{W}_{вх} \quad (17)$$

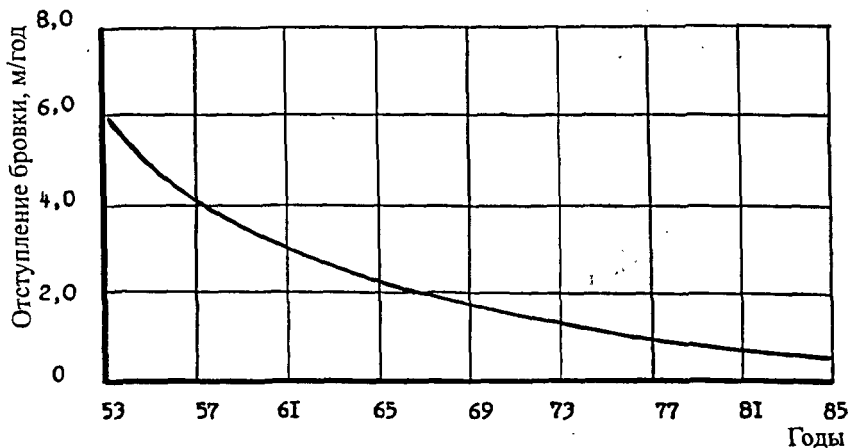


Рисунок 3 - Среднее годовое отступление бровки берега за период 1953-85 гг.

где - $\bar{W}_{заил}$ - средний годовой объем наносов, отложившийся в бухте
(определяется по данным грунтовых съемок), м³;

\bar{W}_F - то же, поступивших с водосбора бухты, м³;

$\bar{W}_{бер}$ - то же, от разрушения берегов бухты, м³;

$\bar{W}_{вх}$ - то же, занесенный из водохранилища, м³.

В таблице 3 приведены данные расчетов по заилению и расчисткам входного участка бухты Крутая. Анализ таблицы показывает, что заиление входа в бухту происходит в основном наносами, поступающими из водохранилища.

В восьмой главе приводятся факторы, вызывающие образование кос, пересыпей и заиление входных участков бухт. Даются рекомендации по выбору наименее заиляемой бухты для размещения в ней объектов хозяйственного использования. Предлагаются два варианта сооружений, работающих по принципу природной аналогии.

Таблица 3 - Данные по заилению и расчисткам входного участка бухты Крутая

Даты (периоды) заиления, расчисток	Отметки, м		Слой заиления, м	Объем за- иления за период, 10^3 м^3	Средние годовые объемы заиления входного участка, $10^3 \text{ м}^3/\text{год}$			
	верха (пере- сыпи)	дна (про- рези)			с водосбора бухты	от размыва берегов бухты	из аквато- рии водо- хранилища	суммарные
1952 - 1962 гг. 10 лет	30,5	22,0	8,5	54,0	0,1	0,9	4,4	5,4
07.62 - 12.63 гг. 1 год 5 мес.	30,8	30,5	0,3	7,4	0,1	0,9	4,2	5,2
12.63 г. по 06.77 г.	Бухта расчищалась через 3-4 года							
Расчистка в августе 1978 г	По данным управления рыбозавода объем расчистки: $11,2 \cdot 10^3 \text{ м}^3$							
1978г. - 07.82 г. 3 года 11 мес.	33,8	30,2	3,6	17,1	0,1	0,1	4,2	4,4
07.82 г. - 07.83 г. 1 год	31,2	30,2	1,0	3,0	0,1	0,1	2,8	3,0
Расчистка в июле 1982 г.	По расчетным данным объем расчистки составил: $17,4 \cdot 10^3 \text{ м}^3$							
07.83 г. - 05.84 г. 10 мес	32,0	31,2	0,8	3,7	0,1	0,1	4,2	4,4
05.84 г. - 05.85 г. (1 год) 07.82 г. - 05. 85 г.	31,8	32,0	1,0	4,7	0,1	0,1	4,5	4,7
2 года 10 мес.	32,8	30,2	2,8	11,4	0,1	0,1	3,8	4,0
Расчистка 1993-95 гг.	По данным УВРЦВ объемом $5,0 \cdot 10^3 \text{ м}^3$							
Расчистка 1996 г.	По данным УВРЦВ объемом $2,0 \cdot 10^3 \text{ м}^3$							

Первый вариант в виде поперечного наносозадерживающего сооружения (рисунок 4), состоящего из глухой дамбы (1), отсыпанной из горной массы по профилю расчетного створа. Створ располагается перед входным участком бухты со стороны господствующего действия ветров. Дамба образует с линией берега входящий угол А, который с течением времени заносится наносами, образуя новую мысовидную линию берега. После образования новой линии берега поток наносов, огибающий оголовок сооружения, отклоняется в глубоководную зону водохранилища. Расчет объема формы заполнения входящего угла и время заполнения его наносами был выполнен для бухты Крутая по методике, разработанной Ю.Н. Сокольниковым. Объем формы заполнения входящего угла при этом составил 13,8 тыс. м³, а время заполнения 7 лет.

Второй вариант - сооружение с судоходным каналом (рисунок 5), основными элементами которого являются естественные косы (1) и судоходный канал (2). Ось судоходного канала рекомендуется проводить по линии наибольших глубин (наименее заиляемый участок в месте смыкания кос) и ориентировать в направлении наименьшего воздействия волн.

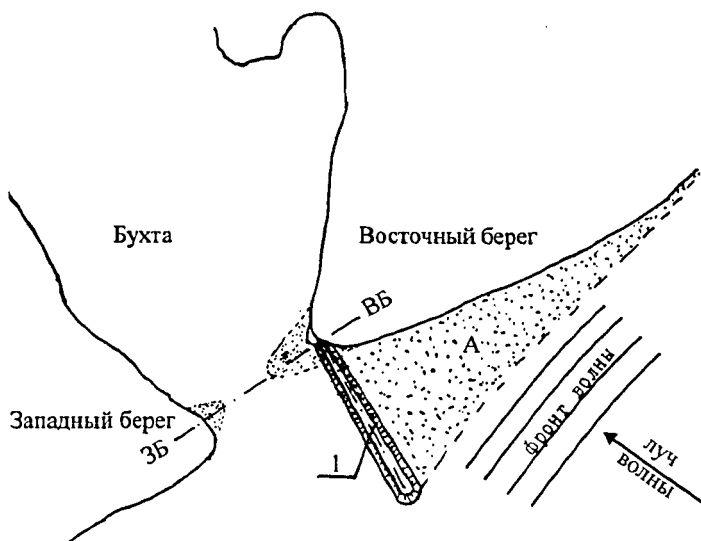


Рисунок 4 - Поперечное наносозадерживающее сооружение перед входным участком бухты

Природные косы входного участка бухты, не нарушая их естественного положения, планируются и подсыпаются до отметки верха сооружения:

$$Z_{BC} = Z_{PUB} + h_{H2} + h_H,$$

где Z_{PUB} - отметка расчетного уровня воды, м;

h_{H2} , h_H - величины ветрового нагона и наката, м.

Судоходный канал состоит из 2-х параллельных стенок из рядов (3), отстоящих друг от друга на расстоянии (b), которое назначается из условий свободного прохода судов в бухту. Глубина судоходного канала определяется из условий свободного прохождения судов с наибольшей осадкой при минимальном уровне воды. Длина канала (L) равна длине входного участка бухты.

Далее в главе приводятся расчеты стоимости предлагаемых защитных сооружений по вариантам, приводится расчет экономической эффективности. Так, для бухты Крутая средний годовой экономический эффект после срока окупаемости составит: по первому варианту 44,6 тыс. рублей (срок окупаемости 6 лет); по второму варианту 70,5 тыс. рублей (срок окупаемости 8 лет) в ценах 1998 г.

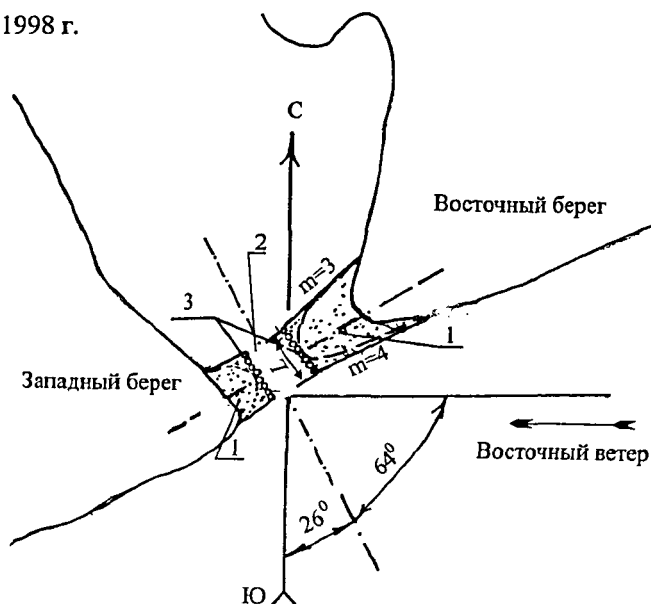


Рисунок 5 - Сооружение с судоходным каналом

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. В результате экспедиционных обследований бухт Цимлянского и Ростовановского водохранилищ и натурных исследований в береговой зоне бухты Крутая Цимлянского водохранилища установлены природные факторы, вызывающие заиление входных участков бухт; предложена классификация бухт равнинных водохранилищ по морфометрическим признакам; даны рекомендации по выбору наименее заиляемой бухты для размещения в ней объектов хозяйственного использования.
2. Получено уравнение (1) линейной связи между максимальными весенними и минимальными осенними сезонными уровнями, позволяющее определять ожидаемый минимальный уровень воды в конце летне-осенней сработки водохранилища и ожидаемую минимальную глубину входного створа бухты при проектировании глубины судоходного канала.
3. По данным натурных измерений средних периодов волн на глубокой воде и по береговому прибору выведено уравнение (2) линейной связи для береговой отмели у бухты Крутая, позволяющее выражать высоту и длину волн через средний период волн берегового прибора.
4. Предложена методика расчета средних скоростей ветровых и вдольбереговых (энергетических) течений (формулы 12, 14), основанная на определении среднего периода волн берегового прибора.
5. Установлено, что максимальные скорости вдольберегового течения и наибольшее заиление входов бухт наблюдается при действии ветра под углом 45° к линии берега.
6. Разработан прибор "Указатель течений водохранилищ", позволяющий определять азимут вектора скорости течения на различных глубинах скоростной вертикали.
7. Обоснована необходимость устройства защитных сооружений, которая подтверждена исследованиями, выполненными в аэрогидравлическом

лотке.

8. При проектировании защитных сооружений определение скоростей ветровых и вдольбереговых течений рекомендуется производить для расчетного уровня воды (РУВ) и ветров господствующих направлений.
9. Определена экономическая эффективность устройства защитных сооружений, позволяющих уменьшить заиление входных участков бухт и значительно сократить затраты на проведение землечерпательных работ в бухтах равнинных водохранилищ.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Веренцова М.Ф., Лапшенкова С.В., Федосеева Н.С. методические указания к лабораторным работам по измерению скоростей в открытых потоках. - Новочеркасск, 1984. - 29 с.

2. Игнатенко С.И., Федосеева Н.С. Береговые течения в равнинных водохранилищах и их оценка // Гидравлика сооружений оросительных систем и водотоков: Сб. ст. / -НИМИ. - Новочеркасск, 1985. - С. 30-38.

3. Федосеева Н.С. Механизм занесения и заиления входных участков малых бухт равнинных водохранилищ // Сельскохозяйственное водоснабжение и охрана водных ресурсов: Сб. ст./ - НИМИ. - Новочеркасск, 1986. - С. 141-147.

4. Овчаренко И.Х., Федосеева Н.С. Сооружение для защиты от заиления входных участков малых бухт - убежищ рыболовецкого флота Цимлянского водохранилища // Рыбохозяйственные и русловые гидротехнические сооружения: Сб. ст. / - НИМИ. - Новочеркасск, 1988. - С. 108-116.

5. Федосеева Н.С. Защита входов в малые бухты равнинных водохранилищ (на примере бухты Крутая Цимлянского водохранилища // Повышение эффективности использования водных ресурсов в сельском хозяйстве (тезисы конференции 25-29 сентября 1989). / - НИМИ. - Новочеркасск, 1989. - С. 156-157.

6. Овчаренко И.Х., Федосеева Н.С., Тищенко А.И. Русловой метод определения расходов воды в каналах при измерении скорости гидрометрической вертушкой в одной точке живого сечения // Повышение эффективности использования водных ресурсов в сельском хозяйстве (тезисы конференции 25-29 сентября 1989). - С. 121-122.

7. Овчаренко И.Х., Игнатенко С.И., Федосеева, Н.С. Защита левого приплотинного берега Ростовановского водохранилища Курской оросительно-обводнительной системы // Проблемы мелиорации и экономики Юга России (тезисы конференции 23-26 марта 1993 г.) / - НИМИ. - Новочеркасск 1993. - С. 122.

8. Овчаренко И.Х., Федосеева Н.С. Аэрогидродинамическое моделирование при исследовании входных участков малых бухт равнинных водохранилищ // Проблемы мелиорации и экономики Юга России (тезисы конференции 23-26 марта 1993 г.) / - НИМИ. - Новочеркасск, 1993. - С. 123-124.

9. Игнатенко С.И., Федосеева Н.С. Защита водных ресурсов малых бухт равнинных водохранилищ // Экологические аспекты эксплуатации гидромелиоративных систем и использования орошаемых земель: (тезисы конференции 25-28 сентября 1996 г.) / НГМА. - Новочеркасск, - 1996. - С. 41-43.

10. Федосеева Н.С. Изучение структуры ветроволновых течений во входном участке бухты Крутая Цимлянского водохранилища на плоской аэрогидравлической модели // Актуальные вопросы мелиорации и использования природных и техногенных ландшафтов: Сб. научн. трудов /-НГМА. - Новочеркасск, - 1998. - С. 169-171.