

ИСКУССТВЕННЫЕ ПЛЯЖИ ДЛЯ БЕРЕГОУКРЕПЛЕНИЯ И КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ НА НОВОСИБИРСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Савкин В.М., Марусин К.В., Федорова Е.А.

Институт водных и экологических проблем Сибирского Отделения РАН, г. Барнаул
savkin@ad-sbras.nsc.ru

Освещается развитие береговых процессов, вызывающих значительные по величине зоны обрушения и потери земельных угодий, на длительно существующем Новосибирском водохранилище. Рассматривается опыт крепления берегов методом создания искусственных пляжей, образующих в прибрежной зоне земельные участки, широко осваиваемые в хозяйственных и рекреационных целях. Для характерного участка берега с интенсивной абразией, ранее освоенного в хозяйственных целях, предложены берегозащитные мероприятия с учетом использования природных факторов.

ARTIFICIAL BEACHES FOR COASTAL PROTECTION AND INTEGRATED COASTAL ZONE MANAGEMENT IN NOVOSIBIRSK RESERVOIR

Savkin V.M., Marusin K.V., Fedorova E.A.

Institute for Water and Environmental Problems SB RAS (IWEP SB RAS), Barnaul

The dynamics of shoreline processes producing large zones of coastal landslides and the loss of the lands is considered for the long-term existing Novosibirsk reservoir. The experience of coastal protection by the method of creation of artificial beaches forming in a coastal zone the land areas widely developed for economic and recreational purposes is regarded. The coastal protection activities are suggested for the representative length of coast under intensive abrasion, taking into account the use of natural factors.

Новосибирское водохранилище создано в результате перекрытия р. Обь в 20 км выше г. Новосибирска в ноябре 1956 г., а в июне 1959 г. была достигнута отметка его нормального подпорного уровня (НПУ) – 113,5 м БС. Образовавшийся водоем простирается в генеральном направлении с юго-запада на северо-восток на 220 км и имеет следующие основные параметры: минимальная, средняя и максимальная ширина – 2, 10 и 22 км – соответственно; средняя и максимальная глубина – 9 и 25 м соответственно; периметр, – 550 км (рис. 1) [6].

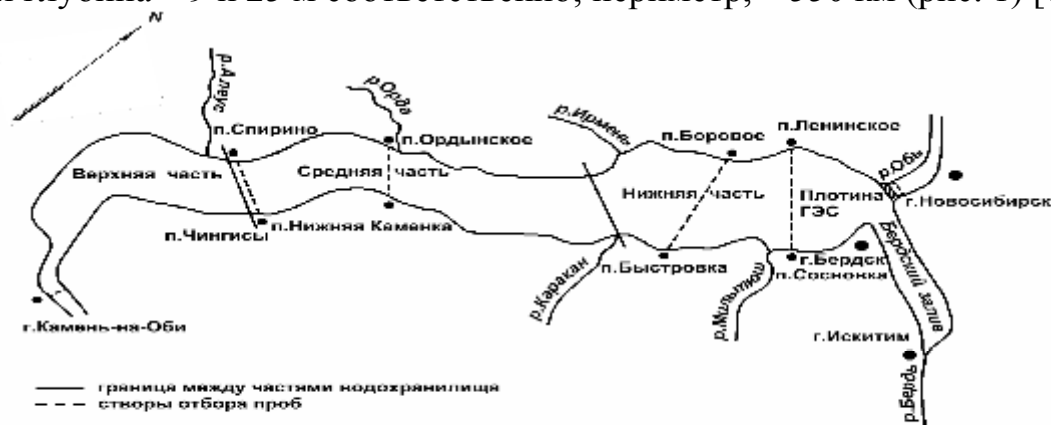


Рис. 1. Схема Новосибирского водохранилища

Ориентация водоема под небольшим углом к линии действия господствующих и, к тому же, наиболее сильных ветров; значительные глубины; склоны долины Оби, сложенные легко размываемыми грунтами, а также ряд других факторов обусловили широкое распространение и интенсивное протекание процессов переработки берегов водохранилища ветровым волнением, главным образом в его нижней и средней части. В целом по водохранилищу к началу нормальной эксплуатации (1960 г.) протяженность абразионных берегов составила 115 км (20% от общей длины), площадь потерянных земель около 4 км². К концу первого десятилетия его эксплуатации переработкой было охвачено уже 250 км береговой линии (50%), а потери земель составили 10 км². В последующие десятилетия протяженность абразионных берегов увеличилась до 400 км [3]. Потери земель к 2008 году достигли 22 км², при этом вырублено около 1000 га прибрежных лесов.

Процесс размыва береговых склонов водохранилища оказался более длительным, чем прогнозировалось. Многолетние наблюдения за ходом абразионных процессов выявили ряд неперiodических изменений в формировании профиля относительной устойчивости прибрежной зоны. При низких (относительно НПУ) уровнях воды происходил интенсивный размыв сформировавшихся прибрежных и некоторое затухание процессов обрушения берегов. В настоящее время процессы формирования профиля береговой зоны имеют пульсирующую циклическую тенденцию.

Ущерб от потери земель и негативные экологические последствия обрушения берегов водохранилища выдвинули в качестве первоочередной задачи – берегозащиту и одновременное использование аккумулятивных форм в прибрежной зоне для целей рекреации и хозяйства. Работы по инженерной защите берегов начались практически с момента создания водохранилища, и к началу 90-х годов около 50 км берега было обустроено защитными сооружениями различного типа. Однако не все из этих мероприятий оказались эффективными. К 2005 г. в удовлетворительном состоянии находилось около 30 км берегозащиты (65%), на остальном протяжении ранее возведенные сооружения были либо полностью разрушены, либо активно разрушались вследствие естественного хода береговых процессов, особенно на концевых участках [5].

Наиболее эффективно почти 50 лет сохраняет берег от размыва и имеет многоцелевое использование искусственный пляж, сооруженный на правом берегу нижней части водохранилища у Академгородка СО РАН. Размыв берега на этом участке, по прогнозам Ленгидропроекта, выполненными до заполнения Новоибирского водохранилища, мог составить до 300 м. Это привело бы к необходимости выноса из зоны обрушения участка железнодорожной магистрали (31-34 км, Турксиба) и автострады Новосибирск-Бийск-Ташанта. Кроме того, размыв берегового склона исключал возможность организации инфильтрационного водозабора за счет подземных вод для водоснабжения населения и организаций Советского района г. Новосибирска.

В период начального заполнения водохранилища на этом участке, согласно проекта, строительства ГЭС, было выполнено крепление способами на-

мыва вдольбереговой полосы гидромеханическим методом и отсыпкой негабаритным камнем на щебеночное и песчано-галечниковое основание. Объем отсыпки камня в сооружение составил порядка 23,5 тыс. м³, а основания 6,5 тыс. м³. Длина крепления составила около 600 м. После наполнения водохранилища до отметки НПУ в 1959 г. наблюдался ряд сильных штормов при которых скорость ветра превышала 35 м/с, а высоты волн достигали 2,8-3,0 м. За период этих штормов возведенное крепление было полностью разрушено и возникла реальная угроза последующего размыва коренного берега, освоенного в хозяйственно-транспортных целях [6].

В то время научно-исследовательскими и проектными организациями было выдвинуто предложение о создании искусственной прибрежной отмели-пляжа, отделяющего крутой береговой склон от уреза водоема и гасящего ветровые волны водохранилища на подходе к берегу. Проект пляж был разработан Новосибирским отделением института «Гипроречтранс», ввиду отсутствия норм на проектирование подобных гидротехнических сооружений, уклоны пляжа были приняты на основании данных наблюдений за естественными прибрежными отмелями на Цимлянском и Рыбинском водохранилищах. Основными расчетными уровнями пляжа приняты: нормальный подпорный уровень водохранилища(НПУ) – 113,5 м БС, проектный навигационный уровень – 112,5 м БС, минимальный навигационный уровень – 111,5 м БС и возможный наиболее низкий уровень водохранилища – 108,0 м БС.

Намыв пляжа осуществлялся способом гидромеханизации. Пляж был намыт из песков средней крупностью 0,15 мм. Длина пляжа составила 6 км., ширина 200-250 м, максимальная высота намыва песка 11 м., общий объем намыва 4 млн. 700 тыс. м³, первоначальный уклон пляжа 2° (1:30). Отметка верхней границы пляжа (НПУ + 1,0 м) выбрана с таким расчетом, чтобы надводная «сухая» часть шириной 25-40 м служила защитой берегового склона от возможного воздействия трансформированной волны. Расчетная высота наката волн при НПУ составляет 0,3 м при ширине заплеска 9,0 м, что значительно меньше принятой ширины надводной части пляжа [6].

В течение двух с половиной десятилетий пляж оставался устойчивым и эффективно сохранял берег водохранилища от размыва. В конце 80-х годов была выполнена реконструкция пляжа путем отсыпки в прибрежной зоне рыхлого материала. В качестве пляжеобразующих предусматривались пески средней крупностью 0,26 мм. Удельный расход песка данной крупности при реконструкции пляжа оценивался объемом 440 м³ на пог. метр береговой полосы, что обеспечивало 10-ти летний межремонтный период. Фактически пляж был отсыпан песками крупностью 1,5 мм, что позволило сократить объем песка до 360 м³ на пог. м берега. Заложение волногасящего откоса при этом составило 1:40. Профиль относительного динамического равновесия пляж был достигнут через 6 лет. В дальнейшем наблюдалось формирование подводных и надводных валов по протяженности пляжа [1].

Эффективность работы пляжа в настоящее время полностью соответствует поставленным целям, учитывая и прекращение работ по его ремонту и пополнению. Территория пляжа интенсивно используется для различного вида

рекреаций, а береговая зона для обеспечения коммунального водоснабжения и транспортных целей.

На основании опыта длительной эксплуатации правобережного пляжа и оценки его устойчивости, а также результатов многолетних наблюдений за формированием прибрежных отмелей в целом по водохранилищу в середине 70-х годов было выполнено крепление берега на 3-х километровом участке левобережья у лесопарковой зоны Новосибирской ГЭС. Для создания пляжа был отсыпан песчано-гравийный материал в прибрежной полосе с уклоном от $1^{\circ} 30'$ до 2° , а из негабаритного камня созданы поперечные буны для регулирования вдольберегового потока наносов. В местах, где высота абразионного уступа берегового склона была 2 м и более, откос был спланирован, а внизу отделен от уреза водохранилища подпорной железобетонной стенкой с парапетом высотой 1,0 м. Изучение устойчивости возведенного крепления показало, что основание подпорной стенки подмывается волновым потоком. Поэтому дополнительно вдоль всего сооружения был отсыпан банкет из крупногабаритного камня. К сожалению, в дальнейшем были выявлены недоработки в конструкции этого сборно-монолитного крепления с парапетом и низовым зубом из камня. Основным недостатком заключался в завышении отметок нижней границы крепления, в результате чего произошло разрушение около 20% длины крепления [1]. Однако выполненные берегоукрепительные мероприятия у лесопарковой зоны ГЭС, особенно отсыпка пляжа, сыграли положительную роль в сохранении лесного массива и рекреационным использовании прибрежной зоны.

Результатов полевых исследований последних лет, анализ картографических материалов и данных дистанционного зондирования в различные сроки, позволили рассмотреть историю, современное состояние и тенденции развития береговых процессов на характерном участке правобережья Новосибирского водохранилища, расположенного в его нижней озеровидной части у поселка Сосновка (рис. 1, 2).



Рис. 2. Правый берег Новосибирского водохранилища в районе п. Сосновка. Основа – спутниковый снимок Ikonos 18.07.2004 г.

Несмотря на свою малую протяженность (2,5 км), этот участок, по мнению авторов, является достаточно показательным в плане эволюции берегов и методов их защиты, как для Новосибирского, так и для ряда других крупных равнинных водохранилищ [7].

Берег на рассматриваемом участке сложен мощным (до 15 м) слоем бурых и серовато-бурых плотных суглинков с тонкими прослоями супеси [6]. Он имеет генеральное направление с юго-запада на северо-восток и, по своей ориентации, открыт для действия ветров в широком диапазоне румбов от северо-восточного через север до западного с разгонами от 5 (СВ) до 20 (З) км и средними глубинами по разгону 10-16 м.

За время существования водоема берег в районе п. Сосновка подвергся весьма значительной переработке. Произошло его существенное отступление вглубь суши – за 43 года (1961-2004) на расстояние до 450 м (рис. 3).

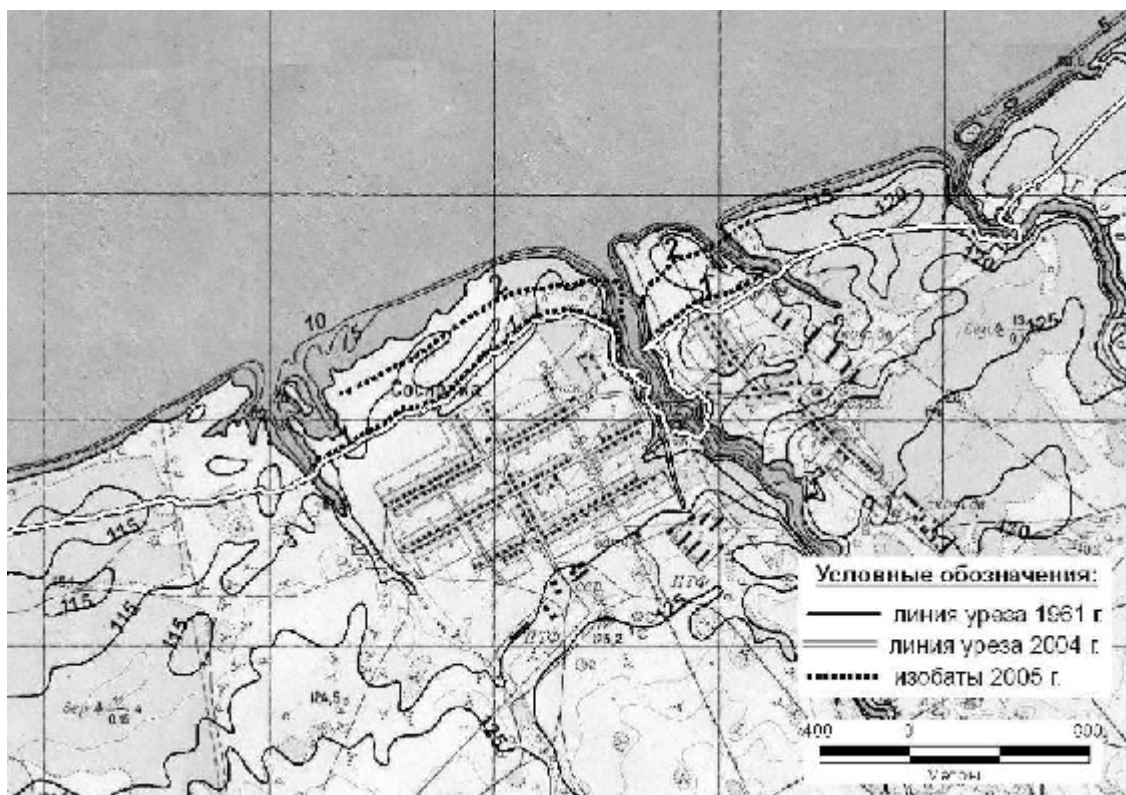


Рис. 3. Положение береговой линии при НПУ в районе п. Сосновка в 1961 и 2004 гг.

Средний уклон дна в прибрежной зоне за тот же период уменьшился в 2,5 раза, сформировалась широкая (200-250 м) отмель с глубинами до 2 м. (рис. 4). Это обстоятельство явилось причиной закрытия в середине 80-х годов существовавших здесь грузо-пассажирской пристани и пункта укрытия судов от штормов.

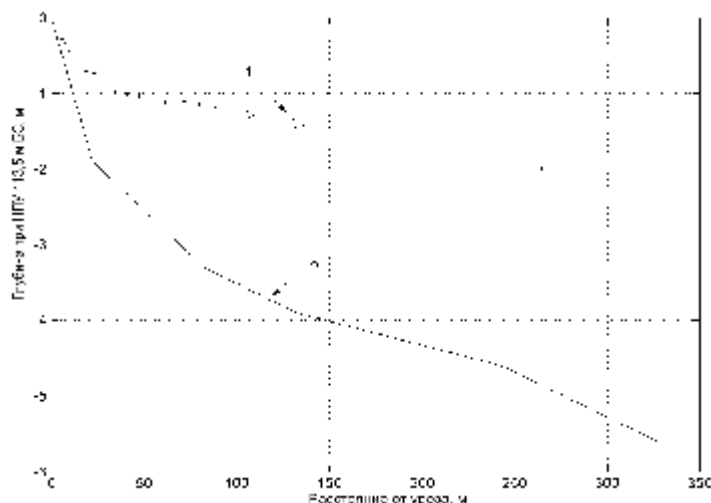


Рис. 4. Совмещенные профили подводного берегового склона (I, рис. 2).
1 – 2005 г.; 2 – 1976 г. [3]. Глубины при НПУ

Малые заливы в устьях логов, располагающиеся у границ участка, к настоящему времени полностью, или почти полностью, отрезаны от основной акватории мощными и устойчивыми продольными аккумулятивными образованиями – переймами (рис. 5).

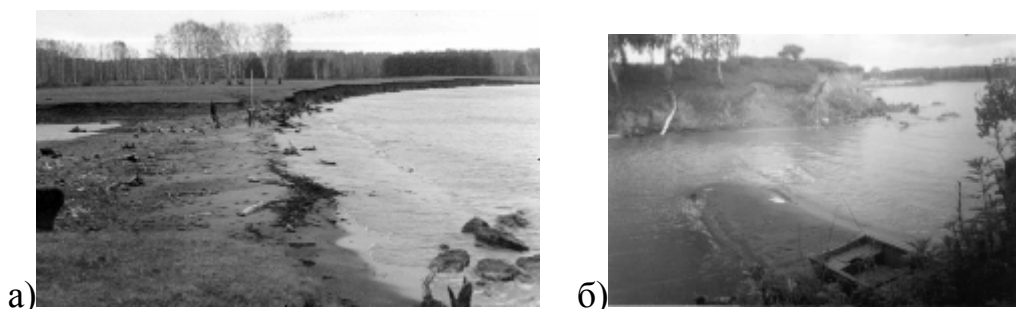


Рис. 5. Переймы в устья логов: а) лог на юго-западной границе участка, уровень – 113,3 м, 2001 г.; б) лог на северо-восточной границе участка, НПУ, 2005 г.

Надводная часть берега сегодня представляет собой обрыв (клиф) высотой 6-7 м – с северо-восточной стороны залива и 2-3 м – с юго-западной стороны. Пляж практически отсутствует, так что линия уреза при отметках уровня воды близких к НПУ, подходит непосредственно к его подножию (рис. 6).



Рис. 6. Береговой обрыв на северо-восточном крыле участка, НПУ, 2005 г.

В 1982-1985 гг. берег на юго-западном крыле участка, по рекомендациям «Ленгидропроекта», был защищен крупноглыбовой каменной наброской, и, его разрушение в целом приостановилось (рис. 2). Сметная стоимость работ составила 3,5 млн. руб. в ценах до 1990 г. [4]. Однако уже с конца 90-х проявилась устойчивая тенденция к выходу из строя этого сооружения. Каменная наброска постепенно «сползает» в воду, в ней образуются локальные промоины, которые смыкаются, затем, в значительные бреши, протяженностью до 100 м по фронту и до 20 м вглубь суши (рис. 7). Причем, скорость такой деградации нарастает. Если в 2001 г. доля полностью разрушенной каменно-набросной берегозащиты составляла 8% от ее общей длины, то уже в 2007 г. она достигла 25%. То же самое, только более быстрыми темпами, происходит и с защитной наброской из разнообразных подручных материалов, стихийно создаваемой местным населением на северо-восточной окраине села. Эти «сооружения» полностью разрушаются за 2-3 года.

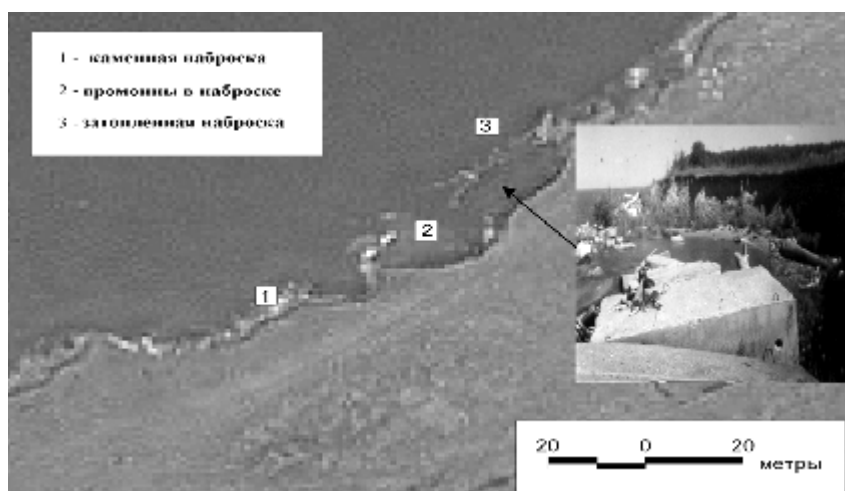


Рис. 7. Бреши в каменной наброске на спутниковом снимке Ikonos 18.07.2004 г., врезка – фото, июль 2005 г.

Неукрепленный берег в пределах участка продолжает отступать, хотя и с меньшей чем раньше скоростью. За 1961-2001 г. средняя скорость отступления берега здесь составила 10 м/год, а за 2001-07 гг. – 4-5 м/год. Следует также отметить, что береговая линия передвигается без изменения пространственной ориентации, т.е. параллельно первоначальной (рис. 8). В настоящее время юго-западный фланг сегмента естественного разрушающегося берега вплотную приблизился к усадьбам поселка (рис. 5, 8). Крайний по улице дом находится теперь всего в 12 м от кромки обрыва и уже покинут его хозяевами.

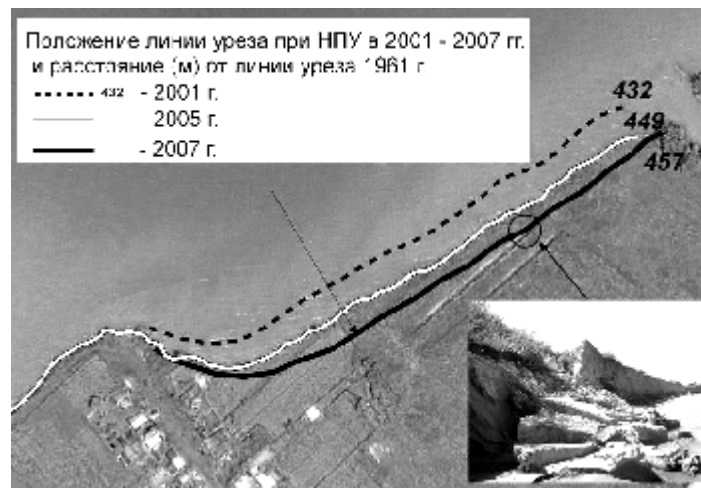


Рис. 8. Динамика неукрепленного берега на северо-восточном фланге участка; основа - спутниковый снимок Ikonos, 2004 г; врезка – разрушенная силосная траншея, 2007 г.

В целом в эволюции береговой зоны на рассматриваемом участке за истекшие полвека процесс формирования поперечного профиля берега явно доминирует над изменением плановой конфигурации береговой линии, что характерно для берегов, формирующихся в толще связных грунтов (глин, суглинков, илов), как на крупных внутренних водоемах, так и на морях [7].

При достаточно длительном воздействии слабого волнения, проникающего практически до линии уреза, связный грунт вследствие колебаний порового давления постепенно разжижается, его плотность и сопротивление сдвигу в поверхностном слое значительно уменьшаются. Перед вертикальной преградой, как в случае каменной наброски, такое динамическое воздействие значительно усиливается [2]. Последующие более мощные штормы осуществляют размыв и вынос разжиженного грунта за пределы береговой зоны.

Количество рыхлого материала, содержащегося в супесчаных и песчаных прослойках коренного берега и способного образовать динамически устойчивый профиль, весьма мало. К тому же, он не оседает в приурезовой зоне, а сносятся вдольбереговым волновым дрейфом и откладывается затем в заливе и устьях логов, питая образовавшиеся там аккумулятивные формы, заметного роста которых за последние 5 лет не наблюдается. Поступающего материала хватает лишь на поддержание их в стабильном состоянии. Таким образом, для вдольберегового потока, являющегося ведущим фактором перестройки береговой линии в плане, в данном случае, просто нет источника питания.

Выполненные «Ленгидропроектом» по методу Золотарева прогнозы отступления берега на данном участке на 10-летний период не оправдались. Более того, его текущие значения вплотную приблизились к прогнозным значениям «конечной стадии» - (540-600 м) [4]. Однако, никакого заметного затухания абразии не наблюдается. По-видимому, этот процесс будет продолжаться и далее с медленным снижением скорости.

Наиболее эффективным методом защиты берега на рассматриваемом участке, по мнению авторов, является питание береговой зоны наносами (песчаными, гравийными, галечными), т.е. создание искусственных пляжей с попе-

речными сооружениями, препятствующими вдольбереговому перемещению рыхлого материала. При образовании пляжа в береговой зоне будет интенсивно развиваться жилая застройка нового коттеджного типа, а в прибрежной зоне – различные виды рекреации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баженов Ю.П. Опыт создания берегозащитных сооружений на Новосибирском водохранилище. // Водное хозяйство России. Том 2, №4, Екатеринбург, 2000. с. 369-386.
2. Есин Н.В., Савин М.Т., Жиляев А.П. Абразионный процесс на морском берегу. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 200 с.
3. Савкин В.М. Эколого-географические изменения в бассейнах рек Западной Сибири. – Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 2000. – 152 с.
4. Технично-Экономическое Обоснование берегоукрепительных и других мероприятий, связанных с переработкой берегов Новосибирского водохранилища. Том 3. Прогноз переработки берегов и подтопления. Том 6. Технично-экономические показатели защитных сооружений – Ленинград: НИИ ГИДРОПРОЕКТ им. С.Я. Жука, 1977.
5. Тризно А.К. Природные условия береговой зоны Новосибирского водохранилища и проблемы защиты его берегов: Дисс. кан. геогр. наук. – Барнаул: Алтайский гос. университет, 2002. – 182 с.
6. Формирование береговой зоны Новосибирского водохранилища. / Отв.ред. С.Г. Бейром, В.М. Широков. – Новосибирск, 1968. – 196 с.
7. Хабидов А.Ш., Жиндарев Л.А., Тризно А.К. Динамические обстановки рельефообразования и осадконакопления береговой зоны крупных водохранилищ. – Новосибирск: Наука. Сибирское предприятие РАН, 1999. – 192 с.