



Хабидов А.Ш., Тризно А.К., Баженов Ю.И., Глоденис М.Н.

Khabidov A., Trizno A., Bazhenov Yu., Glodenis M.

**РАЗРАБОТКА, СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ
ИСКУССТВЕННЫХ ПЕСЧАНЫХ ПЛЯЖЕЙ
НА НОВОСИБИРСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ**

**BEACH NOURISHMENT AND ARTIFICIAL BEACHES DEVELOPMENT
AT NOVOSIBIRSK RESERVOIR**

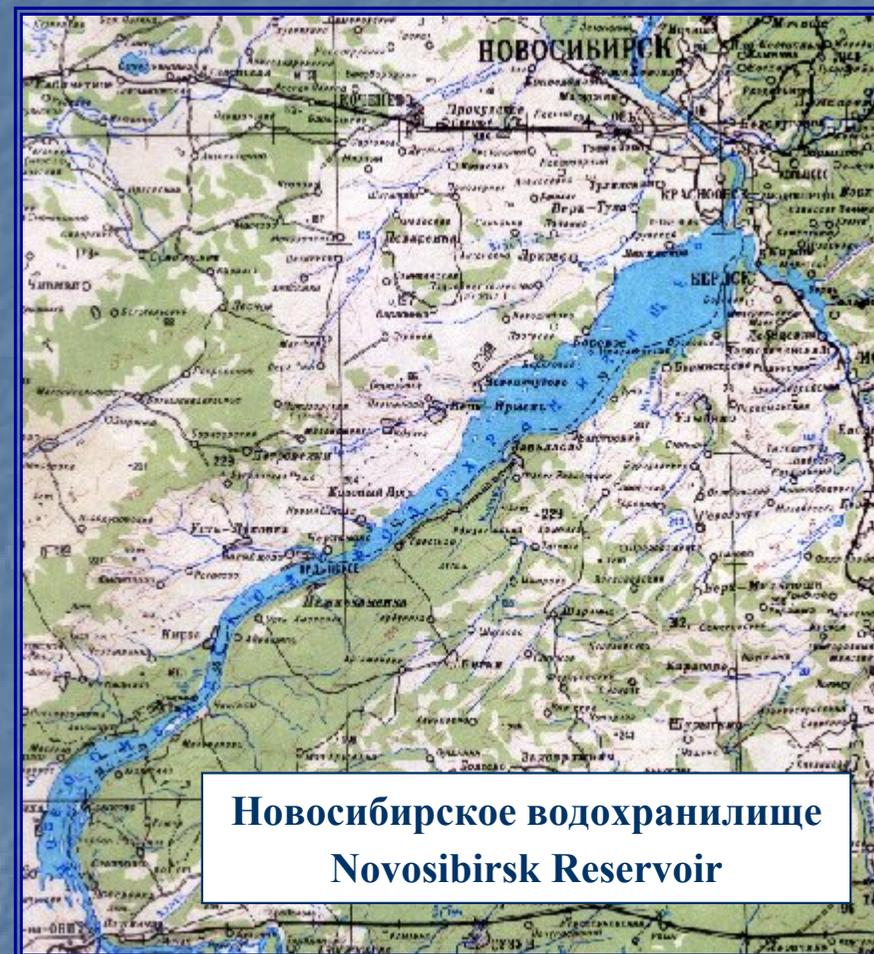




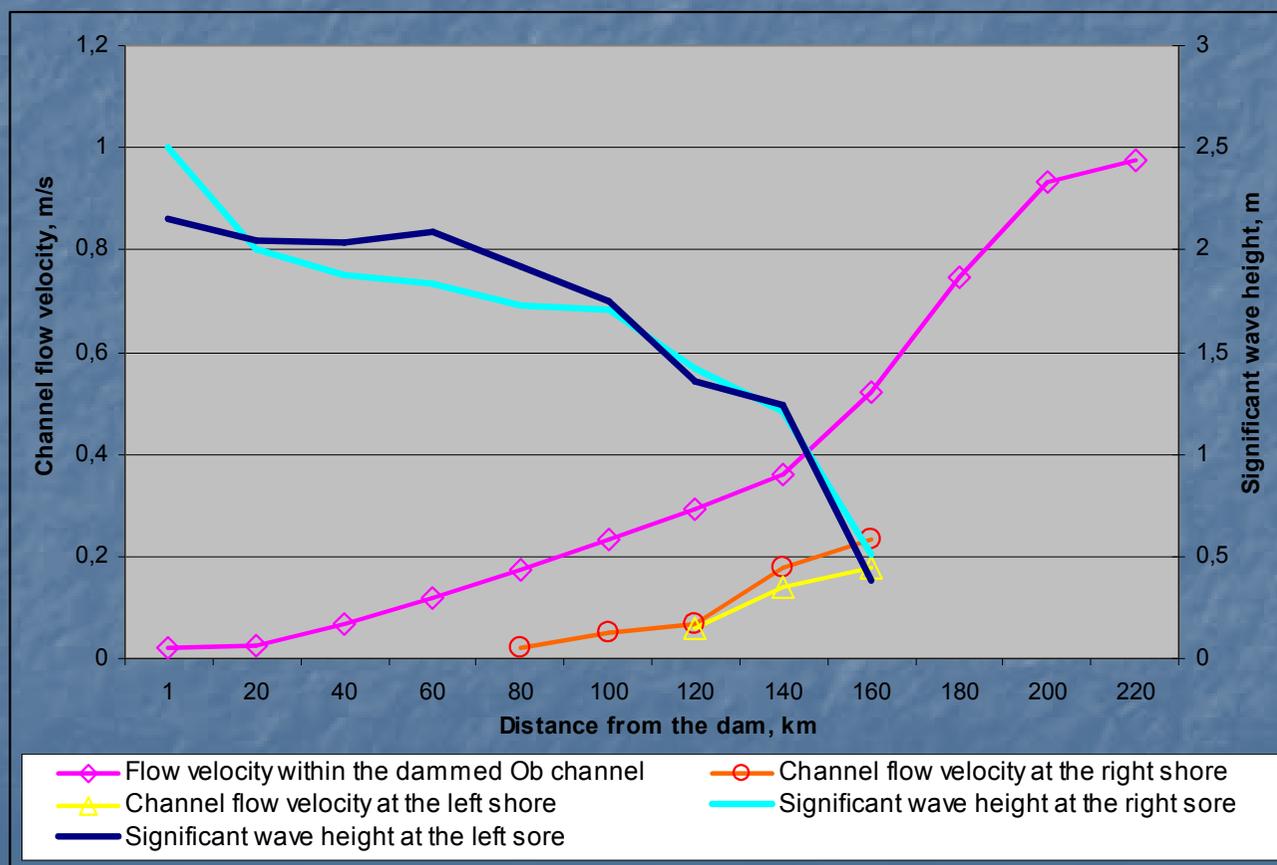
В обжитых или тяготеющих к ним районах России создано свыше 2000 водохранилищ, что повлекло за собой преобразование ландшафтов бассейнов рек и естественных озер на площади свыше 700 тыс.км² и затронуло социально-экономическую инфраструктуру территорий общей площадью до 1,5 млн.км². Хотя факторы, обусловившие столь масштабные изменения, весьма разнообразны, по заполнении водоемов наиболее серьезное влияние на природную среду и социально-экономическую инфраструктуру побережий оказывает разрушение берегов, главным образом – действие волн, так как другие экзогенные процессы хотя порой и влияют радикальным образом, но в целом их деятельность носит подчиненный характер. Периметр водохранилищ нашей страны сегодня уже превышает 64000 км, из которых не менее 36% интенсивно разрушается, в результате чего гибнут люди, а экономике страны наносится ущерб не менее US\$ 1-1.5 миллиардов в год. В результате, МЧС РФ отнесло разрушение берегов водохранилищ к категории опасных явлений, возможным результатом которых является возникновение чрезвычайных ситуаций.

Типичным в этом контексте является Новосибирское водохранилище, которое по инициативе Министерства водных ресурсов России в 80-е годы XX века и стало своеобразным полигоном для поиска эффективных решений по предотвращению, снижению и/или ликвидации последствий разрушения берегов.

Новосибирское водохранилище было создано в 1957-1959 г.г. Оно простирается в генеральном направлении с юго-запада на северо-восток от г. Камня-на-Оби до г. Новосибирска и имеет следующие основные характеристики: протяженность – 220 км; полный объем – 8,8 км³; полезный объем – 4,4 км³; минимальная, средняя, максимальная ширина при объеме 8,8 км³ – 2, 10 и 22 км соответственно; средняя и максимальная глубина – 9 и 25 м соответственно; площадь акватории при объеме 8,8 км³ – 1119 км², при объеме 4,4 км³ – 760 км²; протяженность береговой линии – 823 км.



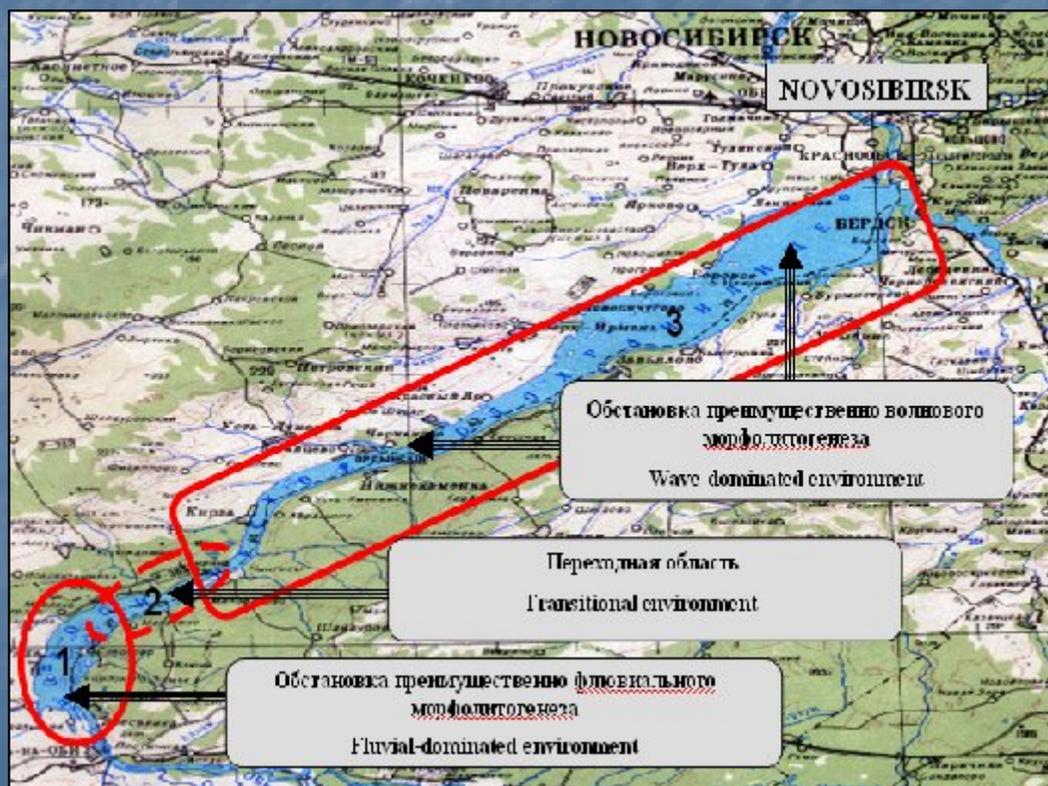
На Новосибирском водохранилище ведущими факторами формирования берегов является деятельность ветрового волнения и постоянных течений (стоковых), причем в направлении от Камня-на-Оби к Новосибирску скорость течений быстро снижается, а высота волн, напротив возрастает и вблизи плотины может достигать 3-3,5 м.



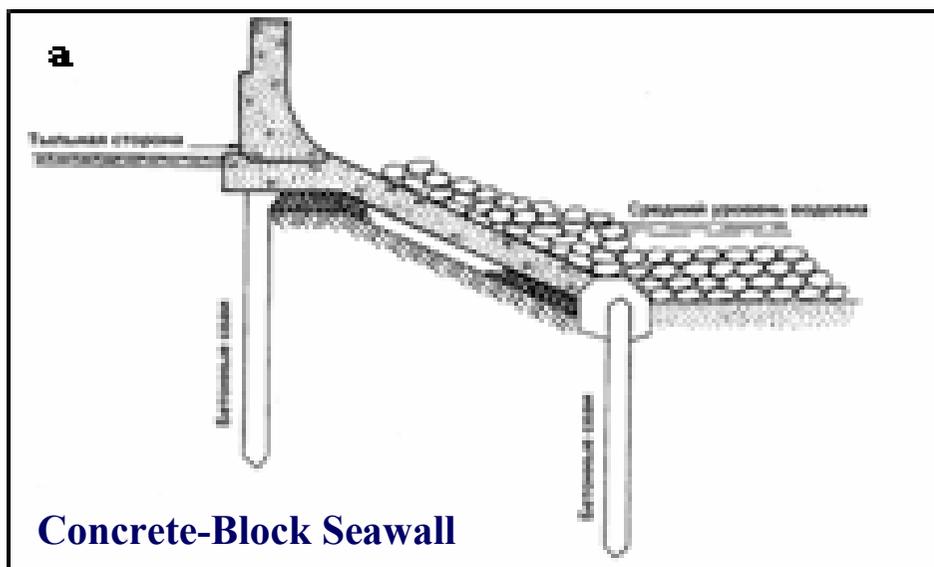
Скорость постоянных течений на горизонте 0.5 м и высота волн, H_{sig} , на Новосибирском водохранилище

Channel flow velocity at 0.5 m above bed and wave height, H_{sig} , Novosibirsk Reservoir

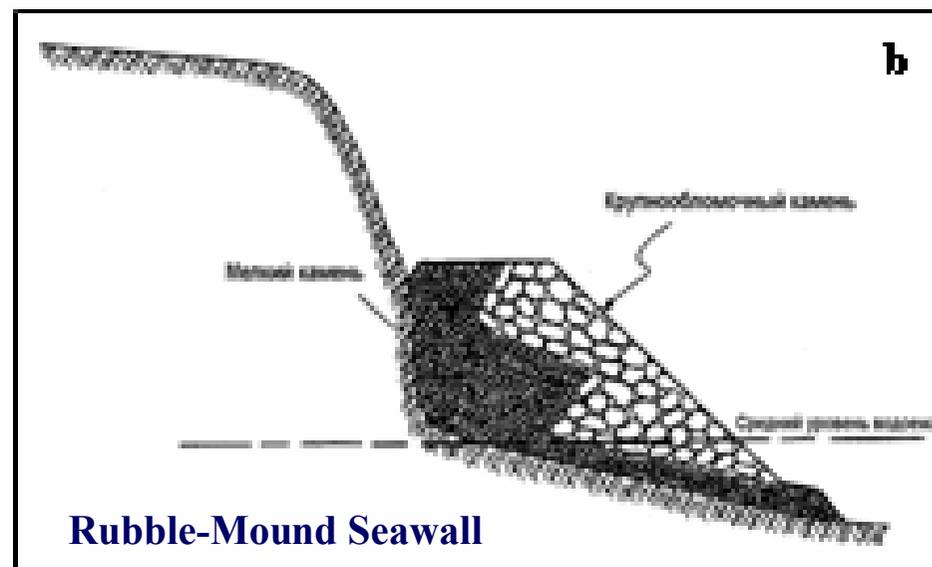
Гидрологические особенности Новосибирского водохранилища позволяют выделить в его котловине три области или основных типа обстановок морфолитогенеза: область преимущественно флювиального морфолитогенеза, (ii) переходная область, где в формировании берегов участвуют и постоянные течения, и ветровое волнение и (iii) область преимущественно волнового морфолитогенеза.



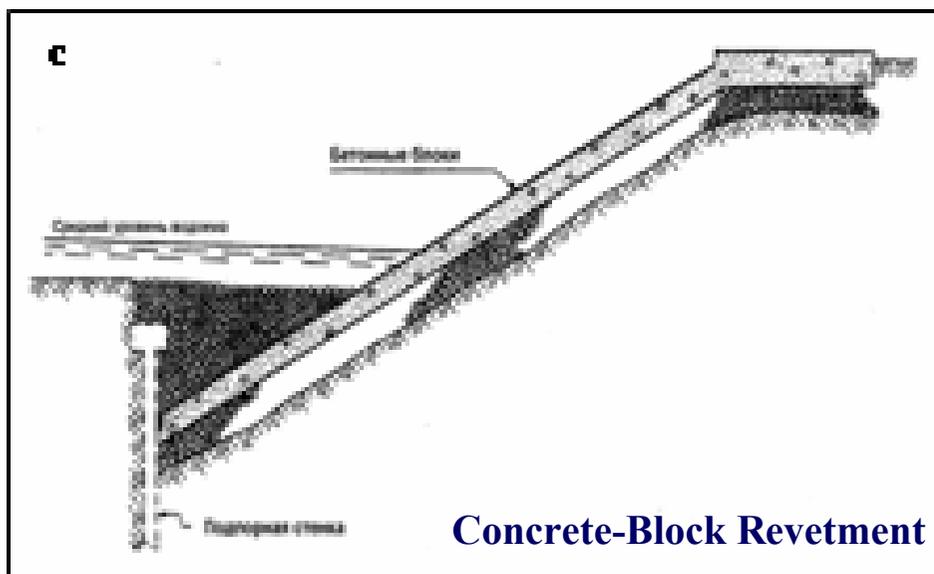
За 50 лет существования водохранилища берег в пределах этих областей отступил на расстояние до 50, 95 и 450 м, соответственно. Естественно, что эта проблема не осталась без внимания и для защиты берегов здесь возводились волноотбойные стены и покрытия берегового откоса из монолитного или сборного железобетона и камня, а также другие, однотипные с ними, сооружения.



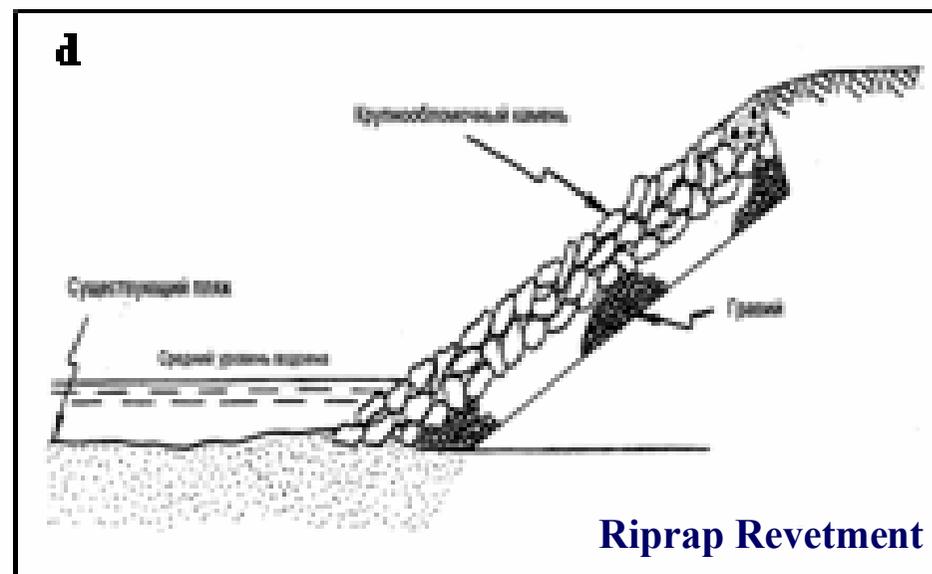
Concrete-Block Seawall



Rubble-Mound Seawall



Concrete-Block Revetment



Riprap Revetment

Волноотбойные стены (a,b) и береговые покрытия (с,d) из сборного или монолитного железобетона и каменной наброски, применявшиеся на Новосибирском водохранилище

Однако волноотбойные стены и покрытия берегового откоса (и из сборного или монолитного железобетона, и каменно-набросные) оказались недостаточно надежными, основной причиной чего является локальное возрастание скоростей течений в прибрежной зоне во время штормов, обусловленный этим размыв дна и деформация основания сооружений.



Разрушение волноотбойных стен и каменно-набросных сооружений на Новосибирском водохранилище, 1978-1983 год

**Destruction of seawalls and rubble-mound
revetments on Novosibirsk Reservoir in 1978-1983**



Несмотря на недостаточную надежность, в середине 70-х годов XX века именно волноотбойные стены и покрытия берегового откоса составили концептуальную основу первой в нашей стране попытки «системного» решения проблемы предотвращения возможности возникновения чрезвычайных ситуаций в результате разрушения берегов. Сделано это было на примере Новосибирского водохранилища, где протяженность разрушаемых берегов оценивалась в 350 км. Но, в конечном счете, предложения проектировщиков приняты не были: рекомендованные ими сооружения были не только недостаточно надежны и могли потребовать высоких затрат на ремонт, но и в большинстве своем (96%) оказались нерентабельными.

Основные технико-экономические показатели берегозащитных сооружений, рекомендованных для Новосибирского водохранилища (данные и цены 1978 года)

Basic performance characteristics of shore protection structures advisable for Novosibirsk reservoir (data and prices are given for the year 1978)

Новосибирское водохранилище Novosibirsk Reservoir	Тип сооружений* / Class of structures							
	I		II		III		IV	
	L, км	Стоимость/ Building value, млн.руб.	L, км	Стоимость/ Building value, млн.руб.	L, км	Стоимость/ Building value, млн.руб.	L, км	Стоимость/ Building value, млн.руб.
ВСЕГО/TOTAL по водохранилищу	226.11	367.22	68.77	108.44	69.18	77.41	13.96	19.23

Типы сооружений: I – волноотбойные стены сборного железобетона с волноотбойным парапетом и каменно-набросной призмой вдоль фронта ГТС или без них (concrete-block seawalls), II – каменно-набросные одежды распластанного профиля (riprap revetments), III – волноотбойные стены из горной массы (rubble-mound seawalls), IV – искусственные пляжи (artificial beaches); L – протяженность сооружений (total length of structures)



Альтернативная концепция защиты берегов Новосибирского водохранилища исходила из того, что, судя по результатам проведенных исследований, в его береговой зоне сложился острый дефицит пляжеобразующего материала. Поэтому в основу нового подхода к защите берегов водохранилища было положено питание пляжей наносами крупностью более 0.1 мм, при необходимости сопровождаемое регулированием движения наносов в береговой зоне и снижением волновых нагрузок на берега.

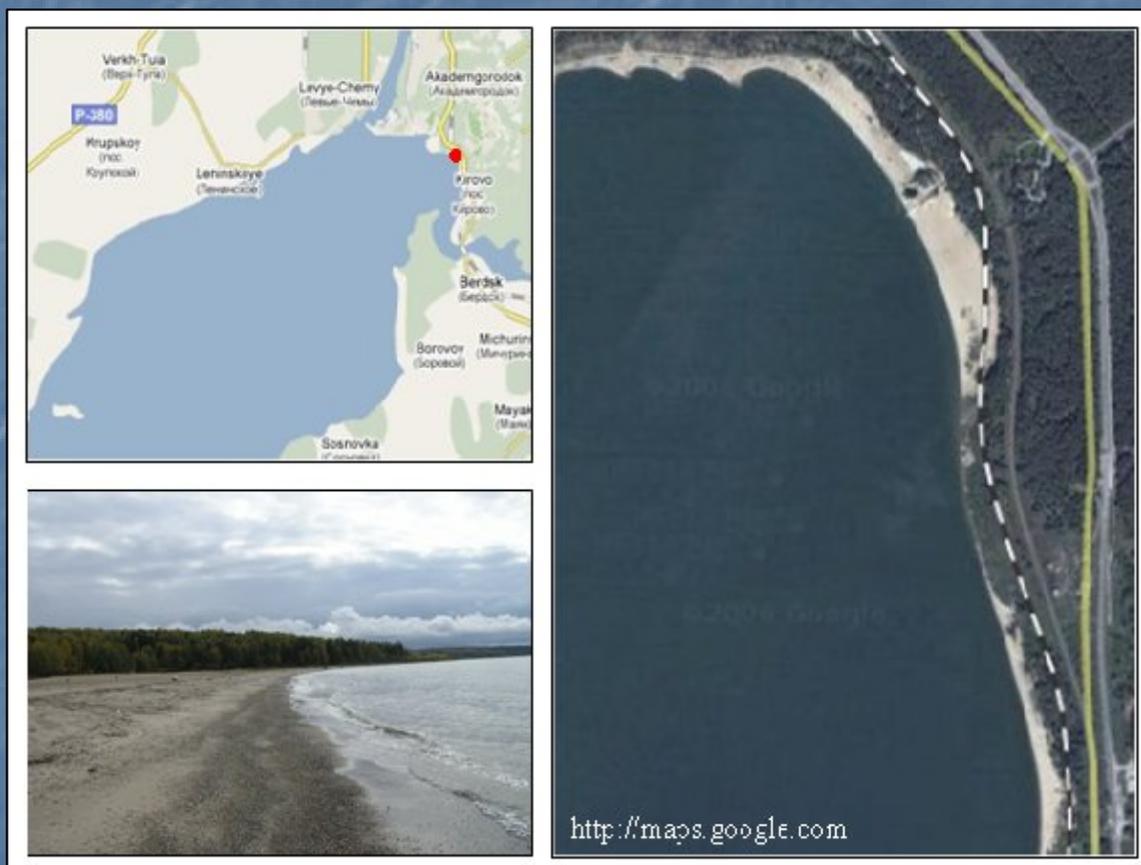
Идея питания береговой зоны наносами известна хорошо и прежде всего была успешно апробирована на морских побережьях. Но не менее успешно она применялась ранее и на самом Новосибирском водохранилище, на правом берегу которого в 1959-1962 г.г. был создан один из первых в нашей стране искусственных пляжей. Пляж создавался методом гидронамыва мелко- и среднезернистых песков. По завершении работ его протяженность составила 3 км, ширина надводной части варьировала от 30 до 40 м, ширина подводного берегового склона достигала 120-150 м, а уклон равнялся 2-3°. Свыше 25 лет этот пляж работал без пополнения запасов рыхлого материала и лишь в 1986-1988 г.г. в прибрежную зону здесь было дополнительно отсыпано от 190 до 360 м³ песков на погонный метр береговой линии. Позднее, в 1971 г., вблизи плотины ГЭС на левом берегу водохранилища был отсыпан и эффективно работает до настоящего времени огражденный непроницаемыми бунами песчано-гравийный пляж протяженностью 560 м.

Учитывая этот опыт, в общем комплексе мероприятий по защите берегов Новосибирского водохранилища приоритет был отдан питанию береговой зоны пляжеобразующим материалом и в 1980 г. здесь были начаты широкомасштабные работы по восстановлению и расширению естественных пляжей, созданию новых искусственных пляжей. Объемы отсыпки песков на 1 погонный метр береговой линии составляли: минимальный – 35 м³, максимальный – 444.2 м³ и средний – 145.9 м³.

Пляжеобразующий материал укладывался в приурезовой полосе, реже – на подводном береговом склоне и создавался строительный профиль, который затем перестраивался техническими средствами и природными процессами. В результате возникала аккумулятивная форма рельефа, на многих участках ограждавшаяся проницаемыми или непроницаемыми бунами и прерывистыми волноломами.

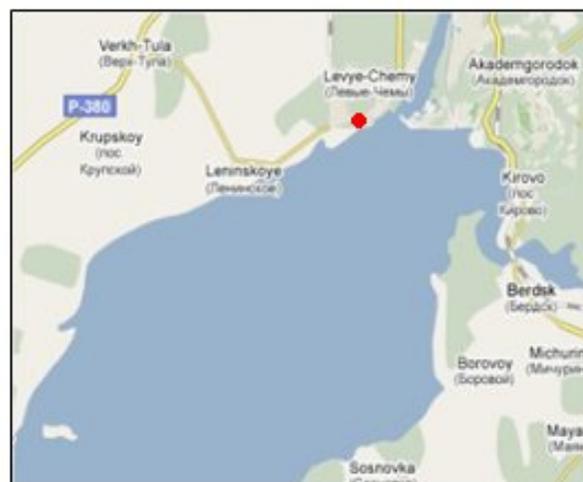


Приведу несколько примеров созданных на Новосибирском водохранилище искусственных пляжей.



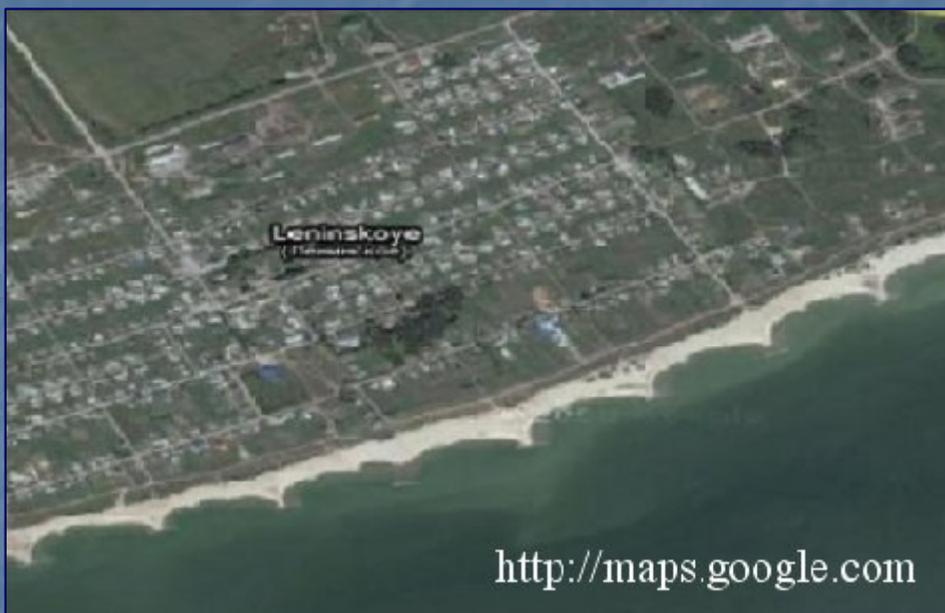
Первый из созданных на Новосибирском водохранилище искусственных пляжей после пополнения запасов песков в 1986-1988 годах

The first of artificial beaches on Novosibirsk Reservoir after sand replenishment in 1986-1988



Искусственный песчаный пляж, созданный для защиты берега после разрушения возведенной здесь ранее волноотбойной стены. Пляж огражден свайными бунами и каменно-набросным прерывистым волноломом.

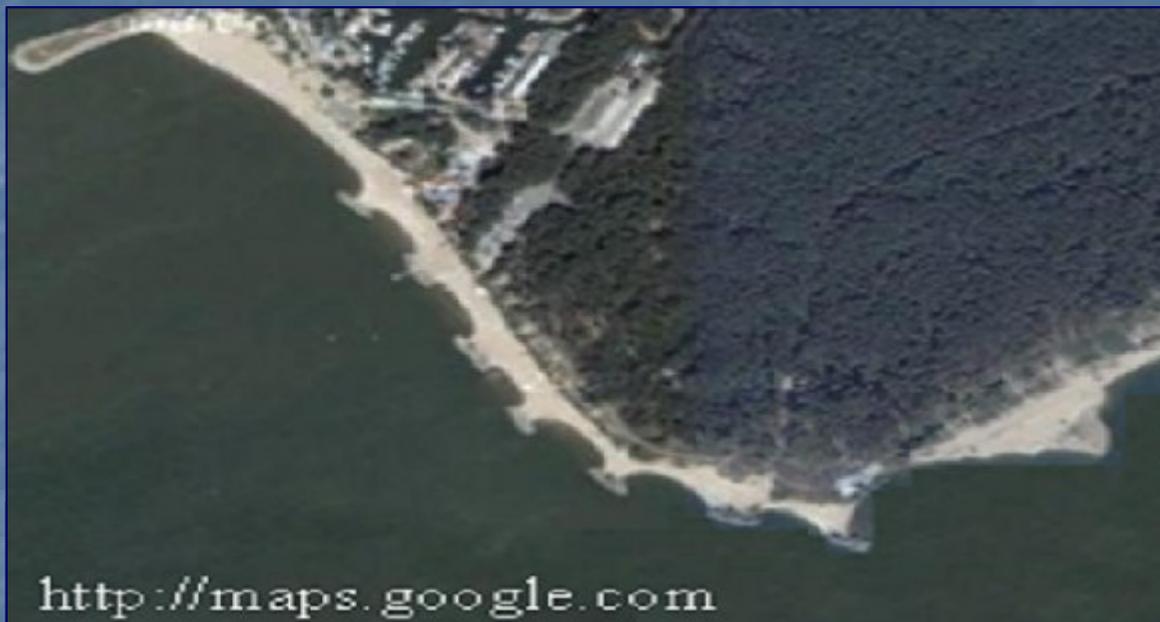
Artificial sand beach constructed for shore protection after the destruction of the seawall. The beach is protected by permeable groins and rubble-mound detached seawall.



Искусственный песчаный пляж в комплексе с проницаемыми бунами и прерывистым волноломом, образующими Т-образные буны. Клиф спланирован и задернован.

Artificial sand beach with permeable groins and rubble-mound detached seawall forming the T-groins. The cliff is graded and turf-covered





**Искусственный песчаный пляж
в комплексе с абразионными
мысами**



Sand beach with artificial headlands



23 и 24 июля, во время экскурсий, мы увидим многие из этих сооружений и поговорим о них детальнее. Поэтому сейчас стоит подвести итоги проведения работ по защите берегов Новосибирского водохранилища.

Итоги защиты берегов Новосибирского водохранилища
Outcomes of shore protection on Novosibirsk Reservoir

Тип сооружений Class of structures	L, км	Современное состояние// Modern State		
		Разрушено/ Destroyed, км	Требуется пополнения запасов песка// Replenishment is required км	Хорошее// Good, км
Искусственные пляжи//Artificial Beaches	11.50	-	~ 2.00	7.50
Пляжи и буны//Beaches and Groins	9.00	-	~ 1.50	7.50
Пляжи и волноломы//Beaches and Detached Breakwaters	5.20	-	~ 1.50	4.00
Искусственные пляжи и Т-образные буны// Beaches and T-shaped Groins	7.10	-	-	7.10
Искусственные пляжи и абразионные мысы// Beaches and Headlands	5.00	-	-	5.00
Другие искусственные аккумулятивные формы// Other kinds of artificial relief forms (spits, etc.)	0.50	-	-	0.50

L – общая протяженность сооружений//total length of structures



Заключение

1. Применение различных волноотбойных стен и волногасящих откосов для защиты берегов водохранилища сопровождается размывом дна у сооружений, деформацией их оснований и активизацией размыва на смежных участках берега в результате изъятия части поступавшего ранее рыхлого материала из бюджета наносов береговой зоны. Поэтому берегозащитные сооружения этого типа можно признать недостаточно надежными, что в совокупности с низкой рентабельностью позволяет использовать их лишь в исключительных случаях.

2. Питание береговой зоны Новосибирского водохранилища и создание искусственных песчаных, песчано-гравийных или гравийных пляжей обеспечивает весьма эффективную защиту берегов, за счет вдольберегового транспорта наносов создаются предпосылки для снижения скорости отступления берегов на смежных с защищаемыми участками. При этом, благодаря созданию искусственных пляжей заметно возрастает рекреационный потенциал побережий.

3. Дальнейшее повышение эффективности берегозащитных мероприятий на Новосибирском водохранилище и предотвращение возможности возникновения чрезвычайных ситуаций требует (i) актуализации планов комплексного управления береговой зоной и (ii) внедрения инновационных методов, таких как, например, методы обезвоживания и вертикального дренирования пляжей.

4. Выявленные на Новосибирском водохранилище механизмы формирования берегов характерны и для других, однотипных с ним, водоемов. Поэтому и на этих водохранилищах могут быть с не меньшей эффективностью применены апробированные нами решения задачи берегов.



БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ!