

12. Романовский Н.Н. Основы криогенеза криосферы. М.: Изд-во МГУ, 1993. 336 с.
13. Золотарев А.Г. Рельеф и новейшая структура Байкало-Патомского нагорья. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1974. 120 с.
14. Проблемы экзогенного рельефообразования. Книга II. Поверхности выравнивания, аккумулятивные равнины, речные долины. М.: Наука, 1976. 320 с.
15. Рассказов С.В., Лямина Н.А., Черняева Г.П. и др. Стратиграфия кайнозоя Витимского плоскогорья: феномен длительного рифтогенеза на юге Восточной Сибири. Новосибирск: ГЕО, 2007. 193 с.
16. Геологическая карта Читинской области. М-б 1:500000 / И.Г. Рутштейн, Н.Н. Чабан. М.: Изд-во МПГИТ, 1992.
17. Еникеев Ф.И., Старышко В.Е. Гляциальный морфогенез и россыпеобразование Восточного Забайкалья. Чита: ЧитГУ, 2009. 370 с.
18. Уфимцев Г.Ф. Байкальская тетрадь. Очерки теоретической и региональной геоморфологии. М.: Науч. мир, 2009. 240 с.

ИПРЭК СО РАН, Чита

Поступила в редакцию
16.10.2012

GEOMORPHOLOGIC PARADOX OF THE EAST TRANSBAIKALIA

F.I. ENIKEEV

Summary

Isotope aging of volcanic plugs and lava flows, armouring contemporary landforms and fixating slopes of the valleys, proved that these forms haven't changed significantly since Triassic time. These facts move the boundary between so called geomorphologic and pregeomorphologic stages of relief formation in the Eastern Transbaikalia from the Cretaceous-Paleogene planation epoch to earlier times. However in this region there are many pediments which evidence a deep cut of the earth's surface leaving no possibility of the maintenance even of the Upper Jurassic landforms. The author considers this discrepancy as a geomorphological paradox of the East Transbaikalia relief formation.

УДК 551.435.36→556.557

© 2014 г. А.Ш. ХАБИДОВ, Л.А. ЖИНДАРЕВ, Е.А. ФЁДОРОВА, К.В. МАРУСИН

БЕРЕГОВАЯ ЗОНА КРУПНЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ (ст. 1. ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ РЕЛЬЕФА)¹

Введение

С.Л. Вендров, В.М. Широков, Н.И. Маккавеев, Г.Л. Мельникова, Б.А. Попов и другие исследователи в вышедшей в свет в 1972 г. коллективной монографии “Инженерно-географические проблемы проектирования и эксплуатации крупных равнинных водохранилищ”, сопоставляя особенности формирования берегов морей и озер с берегами водохранилищ, писали, что и на естественных, и на искусственных водоемах “...характер (берегоформирующих – авт.) процессов, обусловленных одинаковыми

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 11-05-00615-а и № 11-05-10046-к) и Федеральной целевой программы “Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 гг.” (проект № 16.515.11.5075).

причинами и протекающих в сходных условиях, не может существенно различаться” [1, с. 50]. Это, очевидно, должно проявляться в основных чертах рельефа и в строении осадочных толщ береговой зоны водохранилищ.

Однако позднейшие исследования [2–7 и др.] продемонстрировали более сложную, нежели это представлялось в начале 70-х гг. XX в., схему гидрологической зональности искусственных водоемов. Соответственно, есть основания полагать и большую сложность структуры среды рельефообразования и осадконакопления в береговой зоне водохранилищ.

Действительно, в работе [8] было показано, что за исключением водохранилищ озерного типа (таких, в частности, как оз. Байкал), среда рельефообразования и осадконакопления в котловинах искусственных водоемов дифференцируется на обстановки а) преимущественно волнового и б) преимущественно флювиального морфолитогенеза, а также в) переходные между ними области. Конечно, линейные масштабы отдельных областей могут существенно варьировать не только для водохранилищ разных типов, но и от водоема к водоему и даже внутри таковых. В большинстве случаев на водохранилищах наиболее представительными будут области преимущественно волнового морфолитогенеза, о чем свидетельствуют данные, опубликованные в работах [2–11 и др.].

Основные черты рельефа береговой зоны водохранилищ

Рельеф областей преимущественно флювиального морфолитогенеза. В пределах этой области – зоны выклинивания подпора – ведущим фактором формирования и развития рельефа, сноса и накопления осадков являются стоковые течения, скорость которых в известных нам случаях достигает 2 м/сек и более. Волновые процессы играют здесь сугубо подчиненную роль [8].

В областях преимущественно флювиального морфолитогенеза доминируют процессы аккумуляции, обусловленные тем, что количество поступающих на входной створ водохранилища с речным стоком наносов обычно превышает объем выносимого рыхлого материала. Поэтому современный рельеф рассматриваемых зон включает активные, а также многочисленные отмирающие и/или отмершие русла, которые разделены островами, мелководными обстановками, осушенными или полусушенными участками. Последние представлены комплексом пойм, заливов, озер и болот. То есть, описываемые области имеют дельтовидный (подобный естественным дельтам [12]) облик, что подтверждает предположение, высказанное еще в работах [1, 2].

Эти черты рельефа характерны для отдельных водохранилищ и верхних водоемов каскадов ГЭС, т.к. в каскадах гидроузлов гидрологические условия расположенных ниже водоемов создают предпосылки возникновения областей преимущественно флювиального морфолитогенеза [13]. Характерным примером является Новосибирское водохранилище, где рельеф областей флювиального морфолитогенеза котловин искусственных водоемов описан наиболее полно [8].

Рельеф береговой зоны областей переходного типа. На искусственных водоемах фронтальная зона областей преимущественно флювиального морфолитогенеза приурочена к мелководьям. Здесь типичные для внутридельтовых районов субобстановки рельефообразования и осадконакопления замещаются субобстановками мелководного водоема, в пределах которых наряду со стоковыми течениями все большее значение в формировании рельефа (по мере удаления от зоны выклинивания подпора в направлении плотины гидроузла) приобретает ветровое волнение.

Поэтому вполне естественно, что здесь появляются формы рельефа волнового генезиса: выработанные волнами береговые уступы, пляжи (узкие, конечно, но это классические односклонные пляжи!), наволоки, реже – косы, а также отмели с характерным профилем, крутизна которого в направлении к плотине гидроузла постепенно снижается. В том же направлении волновые нагрузки на берега и, соответственно, скорость их размыва возрастают в результате мобилизации рыхлого материала и во-

влечения его в поперечный перенос. У подножья подводного берегового склона начинается формирование прислоненной аккумулятивной террасы, уступ которой выражен в рельефе дна как свал глубин с крутизной до 12–15°. Судя по тому, что подобные формы не образуются на тех участках, где перенос наносов осуществляется преимущественно проточными течениями, это событие, по-видимому, знаменует собой смену ведущего процесса в развитии рельефа береговой зоны.

Дополнительным свидетельством этого события являются изменения, фиксируемые в строении микроформ рельефа береговой зоны – прежде всего рифелей. Так, по мере удаления от нижней границы области преимущественно флювиального морфолитогенеза на подводном береговом склоне водоемов прослеживается смена рифелей течения с уплощенными гребнями комбинированной рябью течения и волнения с продольной и поперечной разностями и, наконец, асимметричными и симметричными волновыми рифелями.

Рельеф береговой зоны областей преимущественно волнового морфолитогенеза. Следуя предложению О.К. Леонтьева с соавторами [15], мы относим берега области преимущественно волнового морфолитогенеза водохранилищ (для водоемов со сложной конфигурацией котловины) к типу берегов нормального развития². Анализ приведенных в “Кадастре водохранилищ...” [14] и других источниках данных о строении котловин искусственных водоемов позволяет рассматривать данный тип берегов как наиболее часто встречающийся для большинства из них, за исключением, пожалуй, горных.

Формирующийся в процессе развития берегов водохранилищ профиль береговой зоны в геоморфологическом смысле мало чем отличается от такового в естественных водоемах. Различаются лишь морфометрические характеристики профилей: из-за различий площади акватории и, как следствие, разных длин разгона и параметров ветровых волн, воздействующих на берега естественных и искусственных водоемов, угол наклона профиля береговой зоны водохранилищ во всех случаях больше [8].

Абразионные формы рельефа. На водохранилищах к числу наиболее распространенных форм рельефа, сформированного в результате механической абразии, можно отнести береговые уступы (клифы), облик которых широко варьирует в зависимости от особенностей геологического строения, проявления склоновых процессов и стадии развития. На значительном протяжении в основании клифов выработаны волноприбойные ниши. Широко представлены разнообразные бенчи – выровненные, грядовые, ступенчатые и глинистые (рис. 1).

Аккумулятивные формы рельефа. На берегах нормального развития водохранилищ накопление рыхлых продуктов абразии приводит к образованию в береговой зоне аккумулятивных форм рельефа (рис. 2). Они формируются уже на начальной стадии развития берегов, когда в прибрежную зону поступает значительное количество твердого вещества, и возникают прислоненные к нижней части бенча или врезанные в рыхлые отложения подводного берегового склона аккумулятивные поверхности, выраженные в рельефе как свал глубин с углами наклона, близкими к углу естественного откоса слагающих их грунтов. О.К. Леонтьев с соавторами назвали такого рода формы рельефа подводными прислоненными аккумулятивными террасами [15], которые широко распространены на искусственных водоемах и не встречаются лишь на побережьях, слабо измененных деятельностью волн.

На водохранилищах развитие прислоненных аккумулятивных террас идет по пути постепенного распластывания их профиля и выдвигения в глубь водоема. В ходе

² Наряду с механической абразией, на водохранилищах наблюдается развитие процессов химической абразии на берегах, сложенных растворимыми горными породами, и термической абразии на участках развития многолетнемерзлых пород. Основные черты строения и особенности развития берегов этих двух типов достаточно полно освещены в специальной литературе, а их суммарная протяженность составляет лишь незначительную долю периметра водохранилищ России и потому здесь они не рассматриваются.

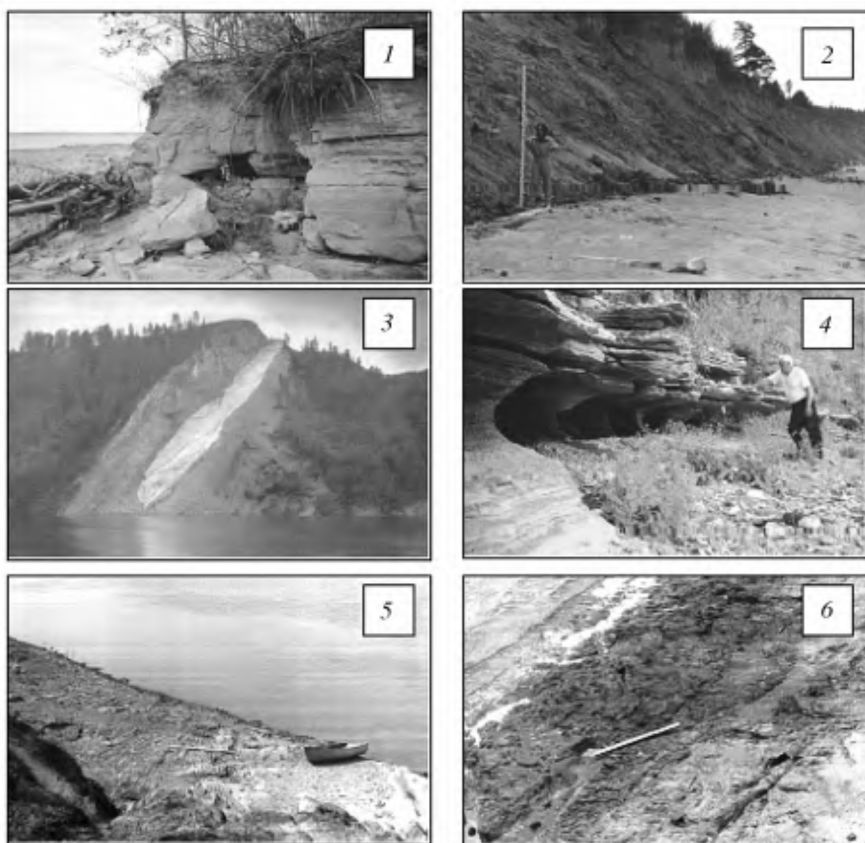


Рис. 1. Абразионные формы рельефа береговой зоны водохранилищ

Клиф: 1 – выработываемый в слабцементированных горных породах, 2 – выработанный в рыхлых отложениях; 3 – оползень соскальзывания, возникший в результате нарушения устойчивости берегового уступа, сложенного алевритами, при размыве его основания ветровыми волнами; 4 – береговой уступ, рельеф которого осложнен деятельностью процессов химической абразии; *бенч:* 5 – выработанный в сильно дислоцированных сланцах, 6 – выработанный в глинистых отложениях

эволюции берегов интенсивность выдвижения террасы в водоем замедляется. Это обусловлено изъятием продуктов размыва берега на питание вдольбереговых потоков и построение береговых аккумулятивных форм.

Поскольку береговая линия вновь созданных водоемов обычно имеет сильное горизонтальное расчленение, приоритет получают свободные и замыкающие формы рельефа. Наиболее часто встречаются косы и пересыпи в устьях заливов, а также косы, образовавшиеся при огибании потоком наносов выступов берега. Наблюдения на водохранилищах свидетельствуют о необходимости добавления в этот перечень береговых террас, возникших при заполнении входящего угла (довольно часто образуемого искусственными препятствиями), симметричных аккумулятивных выступов на противоположных сторонах заливов и асимметричные выступы одностороннего питания. В литературе также описаны случаи полного заполнения наносами заливов. Так, например, Г.М. Пуляевский и Г.И. Овчинников [16] за 10 лет существования Братского водохранилища зафиксировали заполнение заливов, ширина которых достигала 100 м, а глубина 4–5 м.

По мере выравнивания береговой линии на искусственных водоемах формируются вдольбереговые потоки наносов. При разгрузке потоков наносов образуются береговые аккумулятивные формы, иногда значительных размеров. В их числе террасы заполнения входящего угла и заполняющие вогнутость береговой линии, террасы

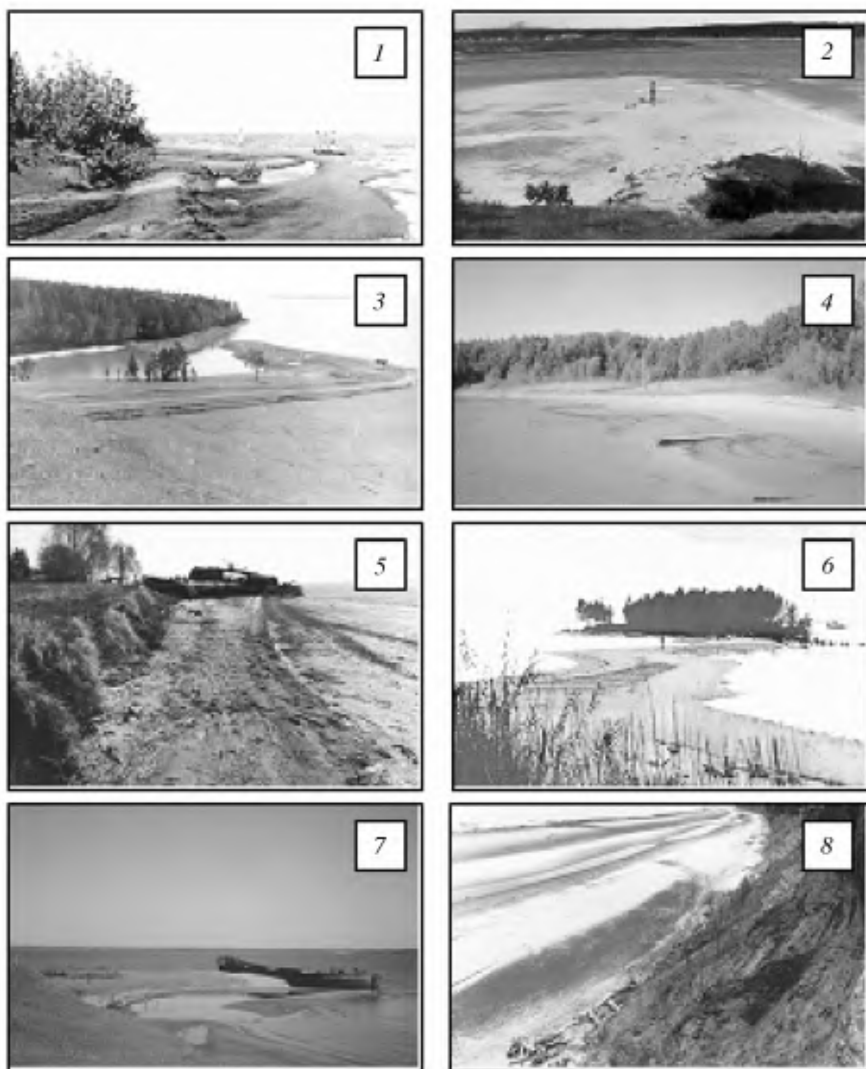


Рис. 2. Аккумулятивные формы рельефа береговой зоны водохранилищ

1 – песчаный пляж, образованный серией штормовых валов, 2 – наволлок, 3 – коса одностороннего питания в устье залива, 4 – терраса донного питания, 5 – заполнение входящего угла, 6 – межостровная переи́рма, 7 – томболо, 8 – продольные подводные валы, обнажившиеся при понижении уровня воды

вдольберегового питания, томболо, возникновение которых обусловлено внешней блокировкой берега островами, межостровные переи́рмы, своеобразные дистальные окончания потока наносов. Среди встречающихся на берегах водохранилищ аккумулятивных форм, обусловленных продольным перемещением наносов, следует также назвать двойные треугольные косы и стрелки, петлевидные косы.

Широкое распространение на берегах искусственных водоемов получили также аккумулятивные формы, обусловленные поперечным перемещением рыхлого материала. В числе береговых форм типичны односклонные пляжи, реже встречаются пляжи полного профиля и пляжи со следами недавних волнений, выраженных в виде небольших береговых валов, а также аккумулятивные террасы донного питания и некоторые другие.

Среди донных форм, прежде всего, следует упомянуть продольные (ориентированные вдоль береговой линии) подводные песчаные валы, число которых в зависимости от местных условий может варьировать от 1–2 до 10–12. При этом с увеличением глубины характерные размеры валов уменьшаются: ширина с 40–50 до 7–8 м, а высота с 0.5–0.7 до 0.2–0.3 м. Реже наблюдаются также и поперечные подводные валы, механизм образования которых описан нами в работе [17].

На песчаном дне водохранилищ и там, где донные осадки имеют значительную примесь алеврита или алевриты преобладают в их составе, распространены рифели. В нижней части подводного берегового склона (в зоне слабodeформированных волн) встречаются симметричные волновые рифели длиной от 9–12 до 14–15 см и высотой не более 3 см. Отличительной особенностью их внутреннего строения является шевронная слоистость гребней. Облик этих микроформ соответствует форме рифелей, названных в известной классификации Дж. Слиса [18] “рифелями перекатывающихся зерен”. Выше по склону формируются рифели с симметричными гребнями, но их гребни имеют большую высоту, а склоны большую крутизну. Для них характерен однообразный наклон слойков в направлении берега.

В зоне подводных валов, а на ровных склонах – в зоне обрушения наиболее часто повторяющихся на конкретном водохранилище волн появляются асимметричные рифели, которые прослеживаются вплоть до уреза. Наиболее распространенными разновидностями ряби здесь являются вихревые рифели. Реже встречаются системы рифелей с пересекающимися гребнями – т.н. “кирпичная кладка”. Характерная длина вихревых рифелей 35–40 см, а высота иногда достигает 5–7 см. На поверхности дна встречаются более крупные микроформы рельефа, масштабы которых позволяют отнести их к мегарифелям.

Заключение

1. Описаны основные черты рельефа береговой зоны крупных водохранилищ. Показано, что области преимущественно флювиального морфолитогенеза водохранилищ представляют собой аналог речных дельт. Подобно им в рельефе областей этого типа присутствуют многочисленные активные, отмирающие или отмершие русла, разделенные островами, мелководными обстановками, осушенными или полусушенными участками, представленные разнообразным комплексом пойм, заливов, озер и болот.

2. В направлении плотины гидроузла в обстановках переходного типа происходит постепенное замещение дельтовых субобстановок рельефообразования и осадконакопления обстановками мелководного водоема, сопровождающееся существенными изменениями в характере рельефа береговой зоны: здесь возникают формы рельефа, обусловленные деятельностью ветрового волнения (клифы, узкие пляжи, формы заполнения входящего угла, косы, пересыпи в устьях заливов и другие).

3. В обстановках преимущественно волнового морфолитогенеза рельеф береговой зоны крупных водохранилищ обнаруживает сходство с основными чертами рельефа береговой зоны морей. На берегах нормального развития искусственных водоемов найдены все или практически все известные морской геоморфологии формы рельефа, в числе которых создаваемые многочисленными абразионными и разнообразными примкнувшие, свободные, замыкающие и окаймляющие аккумулятивные формы, продольные и поперечные подводные валы, рифели, мегарифели и другие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вендров С.Л., Маккавеев Н.И., Мельникова Г.Л., Широков В.М. Эволюция берегов и дна водохранилищ // Инженерно-географические проблемы проектирования и эксплуатации крупных равнинных водохранилищ. М.: Наука, 1972. С. 7–49.
2. Вендров С.Л. Проблемы преобразования речных систем СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 207 с.

3. Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ СССР: водохранилища Верхней Волги. Л.: Гидрометеоздат, 1975. 291 с.
4. Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ СССР: каскад Днепровских водохранилищ. Л.: Гидрометеоздат, 1976. 348 с.
5. Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ СССР: Куйбышевское и Саратовское водохранилища. Л.: Гидрометеоздат, 1978. 269 с.
6. Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ СССР: Новосибирское водохранилище и озера Средней Оби. Л.: Гидрометеоздат, 1979. 155 с.
7. Матарзин Ю.М. Гидрология водохранилищ. Пермь: Изд. ПТУ, ПСИ, ПССГК, 2003. 296 с.
8. Хабидов А.Ш., Леонтьев И.О., Марусин К.В. и др. Управление состоянием берегов водохранилищ. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 2009. 239 с.
9. Матарзин Ю.М., Богословский Б.Б., Мацкевич И.К. Специфика водохранилищ и их морфометрия. Пермь: Изд. ПГУ, 1977. 66 с.
10. Матарзин Ю.М., Богословский Б.Б., Мацкевич И.К. Гидрологические процессы в водохранилищах. Пермь: Изд. ПГУ, 1977. 88 с.
11. Матарзин Ю.М., Новосельский Ю.И. Гидролого-морфологическое районирование равнинных водохранилищ долинного типа // Водные ресурсы. 1983. № 3. С. 84–93.
12. Кортаев В.Н. Геоморфология речных дельт. М.: Изд-во МГУ, 1991. 224 с.
13. Авакян А.Б., Салтанкин В.П., Шаратов В.А. и др. Водохранилища мира. М.: Наука, 1979. 287 с.
14. Кадастр водохранилищ СССР (водохранилища объемом 50 млн. м³ и более). Л.: Изд. ВНИИГ, 1971. 570 с.
15. Леонтьев О.К., Никифоров Л.Г., Сафьянов Г.А. Геоморфология морских берегов. М.: Изд-во МГУ, 1975. 336 с.
16. Пуляевский Г.М., Овчинников Г.И. Формы аккумуляции наносов на Братском водохранилище // Тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. совещ. по динамике берегов водохранилищ, их охране и рациональному использованию. Черкассы: Знание, 1979. С. 81–83.
17. Khabidov A. Transverse bar formation on a tideless beach // Proc. of the fourth conf. on coastal dynamics. June 11–15, 2001, Lund, Sweden. Reston, USA: ASCE, 2001. P. 666–672.
18. Sleath J.F.A. Sea bed mechanics. New-York: Willey, 1984. 355 p.

ИВЭП СО РАН, Барнаул
 Московский государственный университет
 Географический факультет

Поступила в редакцию
 после доработки 18.03.2013

COASTAL ZONE OF LARGE MAN-MADE LAKES (paper 1. COASTAL MORPHOLOGY PECULIARITIES)

A.Sh. KHABIDOV, L.A. ZHINDAREV, E.A. FEDOROVA, K.V. MARUSIN

Summary

The peculiarities of a coastal morphology of large man-made lakes under the wave-dominated, fluvial-dominated and transitional environments were discussed. It was shown that the fluvial-dominated environment is similar to the one in a river delta. In the transitional environments, the gradual replacement of delta sub-environments by shallow areas is observed. In the wave-dominated environments the relief is similar to the characteristic relief of the sea coastal zone.