ПРИБРЕЖНАЯ ЗОНА ОЗЕРА ИССЫК-КУЛЬ

ФРУНЗЕ 1979

Р. Д. Забиров, В. Н. Коротаев

КОЛЕБАНИЯ УРОВНЯ ОЗЕРА ИССЫК-КУЛЬ И ПРОБЛЕМА СОХРАНЕНИЯ ПЛЯЖЕЙ

Сохраняющийся в течение последнего столетия отрицательный баланс Иссык-Куля вызывает тревогу у специалистов и руководителей республики. Действительно, только за 25 лет инструментально зарегистрировано падение уровня озера на 1,02 *м*.

Анализ колебания уровня Иссык-Куля и различные аспекты влияния объемных изменений озера давались в ряде работ [8, 16, 27—31]. Впервые вопросы будущих деформаций береговой зоны озера были подняты авторами на II съезде Киргизского географического общества [10]. Сейчас пришлось возвратиться к обсуждению проблем перестройки береговой линии, поскольку на состоявшемся в г. Фрунзе совещании по вопросам искусственного регулирования уровня озера был поднят вопрос о судьбе иссык-кульских пляжей в случае сохранения существующего темпа снижения уровня озера.

Если обратиться к теории гидродинамических процессов в береговой зоне моря (а также крупных озер и водохранилищ), то общепризнанным считается тот факт, что на бесприливном водоеме длительное повышение или понижение уровня вызывает смещение зоны подвижного равновесия частиц наносов по профилю подводного склона. При неизменном положении уровня моря на первоначальном откосе должен выработаться так называемый «профиль равновесия», схема формирования которого в свое время была дана проф. В. П. Зенковичем [11]. Как видно, из рис. 1, процесс выработки профиля равновесия сводится к постепенному расширению двух нейтральных зон и слиянию их в единую кривую, где в каждой точке разница между прямыми и обратными волновыми скоростями не уравновешена силой тяжести. Одновременно происходит волновая сортировка материала по крупности и удельному весу. Таким образом, при неизмен-

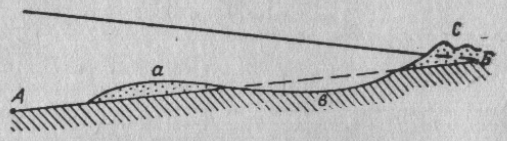

Рис. 1. Выработка профиля равновесия подводного склона, сложенного наносом одинаковой крупности. *АБ*-первоначальный склон; *АавС* — выработанный профиль.

ном уровне моря профиль приобретает вид изогнутой кривой, кривизна которой возрастает в сторону берега. Однако уровень моря (озера) не остается постоянным и может колебаться в зависимости от климатических или тектонических причин. Результатом таких колебаний является прежде всего изменение глубин на подводном склоне, осушение прибрежной части дна или затопление побережья, то есть происходит регрессия или трансгрессия моря. К настоящему времени накопилось довольно большое число научных публикаций о влиянии относительного поднятия (или погружения) побережья на характер береговых процессов, на эволюцию аккумулятивных форм, обусловливающих активную перестройку профиля подводного склона [11, 12, 13, 14, 15, 5, 6, 7]. О. К. Леонтьев подробно разобрал механизм перестройки профиля аккумулятивного берега при понижении уровня моря [20]. Снижение уровня моря обусловливает возникновение зоны размыва в средней части профиля и вынос материала к верхней и нижней частям профиля, то есть понижение уровня активизирует перемещение

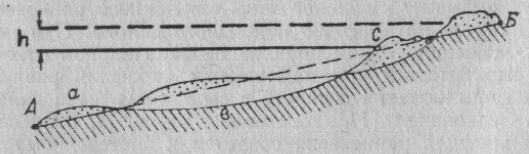

Рис. 2. Схема выработки профиля аккумулятивного берега при падении уровня моря на h *м*. *АБ* — первоначальный склон; *АавС* — профиль равновесия, выработанный при падении уровня.

наносов по профилю в направлении берега и способствует росту аккумулятивных форм на берегу (рис. 2). Это положение хорошо подтверждается наблюдениями за изменениями береговой линии Каспийского моря в период падения его уровня с 1929 по 1956 г. [24]. Понижение уровня имело ряд морфодинамических последствий, из которых важнейшие — это перестройка подводного берегового склона и осушение прибрежных мелководных пространств дна. Прирост берега составил 35 тыс. *км*². Важным последствием падения уровня моря явилось отмирание абразионных берегов и формирование обширной полосы бенчей. Прирост суши даже на самых отмелых берегах осуществляется не только за счет пассивного осушения, но и за счет аккумуляции наносов у берега. Свободные и замыкающие аккумулятивные формы (косы и пересыпи) увеличили свою длину и ширину. Все это свидетельствует о том, что при понижении уровня моря усиливается процесс перемещения наносов в поперечном потоке, то есть поступление материала со дна к берегу.

Теоретические рассуждения и натурные наблюдения подтверждены в настоящее время и экспериментальными лабораторными исследованиями механизма формирования береговых баров в условиях поднятия берега [22], такие же процессы происходят на Иссык-Куле, где берега испытывают относительное поднятие из-за снижения уровня. Установлено, что аккумулятивные формы типа баров появлялись на поверхности только в случае опускания уровня моря. При условии поднятия уровня мы будем иметь обратную картину. Повышение уровня приводит к увеличению глубины над подводными склонами и уменьшению расхода энергии волн; как следствие, возникает разрушение берега, в частности размыв пляжа. Продукты размыва сносятся вниз по склону и выходят из сферы волнового воздействия. В последние годы этот процесс детально изучался на озере Байкал, где из-за подпора от плотины Иркутского гидроузла уровень повысился на 1—1,2 *м*. Произошло резкое сокращение площадей аккумулятивных берегов в результате подтопления и размывов. Особенно пострадали формы, отчленяющие от Байкала лагуны (косы, бары, пересыпи). Общая площадь затопления здесь составила почти 500*км*². Резко увеличилось количество лагун, началось формирование торфяников и накопление биогенного материала, повысился уровень грунтовых вод, увеличилась заболоченность берегов и засоленность почв [3]. Детальный анализ эволюции берегов Аральского моря в рег-

рессивные и трансгрессивные эпохи дан В. И. Лымаревым [23].

Итак, общие положения гидродинамики береговой зоны, подкрепленные примерами Каспийского, Аральского морей и озера Байкал, говорят о том, что в ходе поднятия берега (снижения уровня) происходит осушение мелководий, активизация рельефообразующих процессов и связанное с этим нарастание суши, преобладает поперечное к берегу перемещение наносов вдоль профиля подводного склона. В условиях относительного погружения побережья (повышения уровня) подтопление вызывает смещение береговой линии в сторону суши, активизацию процессов размыва.

Как следует из вышеизложенного, предположение об исчезновении иссык-кульских пляжей из-за снижения уровня водоема неверно. Судьба пляжевой зоны[1] в каждом конкретном случае при отрицательном балансе водоема, очевидно, будет зависеть от уклона, литологии и запасов рыхлого материала на подводном склоне. Рассмотрим подробнее этот вопрос применительно к Иссык-Кулю.

Последние 15 лет (1960—1976 гг.) береговые геолого-геоморфологические исследования побережья оз. Иссык-Куль проводятся сотрудниками Тянь-Шаньской физико-географической станции Академии наук Киргизской ССР и географического факультета МГУ. Получен огромный натурный материал по геоморфологии, палеогеографии и литодинамике береговой зоны озера, который лег в основу ряда публикаций [17, 18, 19, 25, 31, 10, 21, 1]. Систематические наблюдения за динамикой берега и речных дельт при помощи эхометрических, мензульных и фототеодолитных повторных съемок подводного склона и суши позволили получить некоторые количественные данные по перестройке береговой линии Иссык-Куля в условиях снижения уровня.

Основным показателем направленности литодинамических процессов в береговой зоне любого водоема являются типы аккумулятивных форм или совокупность абразионно-аккумулятивных систем на побережье. Наиболее распространенными аккумулятивными формами для иссык-кульского побережья являются примкнувшие террасы, выступы и береговые бары, созданные в условиях преобладания поперечного к берегу перемещения наносов. В каждом отдельном случае береговые бары полуостровов Кара-Булун, Сухой Хребет, Акулен и большинства аккумулятивных выступов северного берега приурочены к периклинальным или крыльевым частям антиклинальных складок, а примкнувшие террасы развиты на участках, соответствующих синклинальным структурам. Береговые геолого-геоморфологические работы подтвердили положения проф. О. К. Леонтьева о процессах выработки профиля отмелого аккумулятивного берега в условиях снижения уровня (или относительного поднятия берега) и позволили установить, что на берегах Иссык-Куля проявляются в общем те же закономерности, что и на Каспийском море. Наиболее типичным в этом отношении следует признать появление надводных аккумулятивных островов-баров только в регрессивную фазу колебания уровня, причем иссык-кульские бары по механизму образования и внешнему облику подобны некоторым островам Северного Каспия и искусственно моделируемым береговым барам на поднимающемся куполе.

На других участках иссык-кульского побережья внешним повсеместным признаком, связанным с прогрессирующим снижением уровня, является формирование песчаных пляжей от 30 до 100 *м* шириной, усиленное нарастание дистальных частей кос. Если в позднем голоцене побережье озера абрадировалось по всему периметру, что запечатлелось в виде отмерших ныне клифов высотой от 5 до 15—40 *м*, то к 1965 г., когда уровень озера после многократных колебаний снизился за последнее столетие более чем на 7 *м*, общая протяженность участков современного размыва не превышала 16% от всей длины береговой линии (около 100 *км*). Прирост суши за это время составил 600 *км*^{2}.

За последние 10 лет протяженность размываемых берегов сократилась примерно вдвое, что уменьшило приход терригенного материала в береговую зону и несколько ослабило интенсивность берегоформирующих процессов. Однако реальная аккумуляция песчаных наносов за год сейчас составляет около 2 тыс. *м*^{3} на западной оконечности мыса Кара-Булун; годовой прирост свободных аккумулятивных форм колеблется от 1 до 3 тыс. *м*^{2} (юго-восточное побережье).

В целом на Иссык-Куле наблюдается прирост берега как за счет осушения мелководий, так и за счет аккумуляции песчаного материала на пляже и подводном склоне.

Зависимость хода развития берега от уклона подводного склона (первичного откоса) ранее была отмечена проф. В. П. Зенкевичем [11], который писал, что важным условием направленности береговых процессов при колебательных

[1] В советской науке о берегах под «пляжем» понимают аккумулятивную форму рельефа в прибойной зоне, созданную действием прибойного потока; нижняя граница пляжа определяется положением зоны зарождения прибойного потока, т. е. совпадает с зоной разбивания волн.

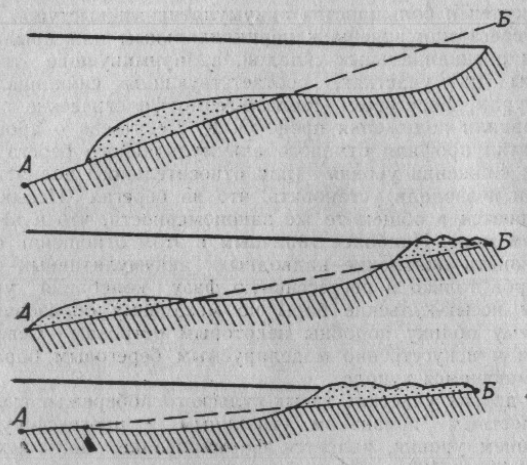

Рис. 3. Выработка профиля равновесия при различных уклонах дна (по В. П. Зенковичу, 1946). *АБ* — первоначальные уклоны дна.

движениях уровня водоема является уклон подводного склона, запас и крупность слагающих его наносов (рис. 3). Это положение верно и для Иссык-Куля. На участках побережья с достаточным запасом песчаных наносов на подводном склоне (например, подводные продолжения многих полуостровов и мысов), соблюдается следующая последовательность развития берега при понижающемся уровне: первоначальный аккумулятивный выступ с коротким, не очень крутым подводным склоном впоследствии трансформируется в аккумулятивный выступ с серией валов на отмелом подводном склоне, а затем появляются надводные аккумулятивные формы типа «стрелок» и баров, «крылатых кос», которые причленяются к берегу и выравнивают его контур.

Обобщая материал по береговой геоморфологии Иссык-Куля, можно выделить некоторый ряд типичных профилей подводного склона и попытаться дать анализ их развития при снижении уровня. На рис. 4 (I, II) для южного побережья даны примеры аккумулятивного приглубого берега со

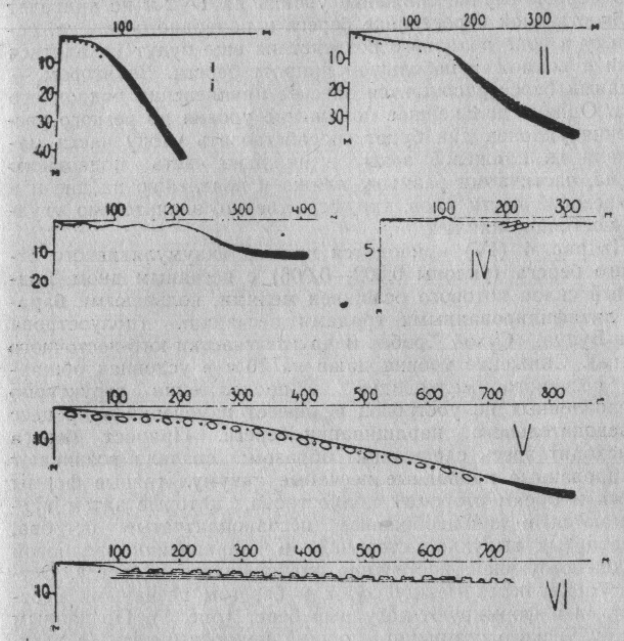

Рис. 4. Типичные профили подводного склона озера Иссык-Куль: *I—II* — аккумулятивный приглубый берег, средний уклон дна 0,08—0,13; *III* — аккумулятивный берег с коротким подводным склоном и серией подводных валов, средний уклон дна 0,01—0,022; *IV* — аккумулятивный отмелый берег с обширным мелководьем, осложненным грядами, мелями, барами и островами, средний уклон дна 0,002—0,006; *V* — аккумулятивный берег с галечно-валунными подводными склонами, средний уклон дна 0,026—0,052; *VI* — аккумулятивный берег с глинистым бенчем на дне, средний уклон дна 0,008—0,01.

средним уклоном 0,08—0,13 (в тангенсах), для северного — с уклонами 0,01—0,022. В первом случае илы начинаются с глубины 5—10 *м* на расстоянии 100—200 *м* от уреза; во втором — короткий подводный склон с несколькими подводными валами (300—600 *м*) крутым перегибом переходит к илам на глубине 5—8 *м*.

В первом случае снижение уровня на 1—2 *м* не приведет к существенной перестройке берега и подводного склона, поскольку в зоне волнового воздействия еще будут находиться пески и возможен небольшой прирост берега. Во втором — песчаный берег расширится за счет причленения подводного вала. Однако дальнейшее понижение уровня до резкого увеличения уклонов дна будет способствовать уходу части материала из пляжевой зоны в нижнюю часть подводного склона, частичному размыву пляжа и появлению на дне и в приурезовой части илов, что, естественно, значительно ухудшит состояние пляжей.

На рис. 4 (IV) приводится пример аккумулятивного отмелого берега (уклоны 0,002—0,006) с песчаным дном, подводный склон которого осложнен мелями, кольцевыми барами, литифицированными грядами песчаника (полуострова Кара-Булун, Сухой Хребет и другие участки юго-восточного берега). Снижение уровня даже на 10 *м* в условиях обширного песчаного мелководья на продолжении структурно обусловленных полуостровов не внесет изменений в процесс последовательного наращивания берега. Прирост берега происходит здесь следующим образом: сначала возникают изолированные подводные песчаные аккумулятивные формы по оси и обеим сторонам полуострова, которые затем превращаются в кольцеобразные песчаноплитчатые острова, развернутые выпуклой стороной в направлении волновой равнодействующей, постепенно смещающиеся к берегу. Острова соединяются между собой и берегом песчаными перемычками и формируют лагунный берег (рис. 5). По данным Карабулунского стационара, общий прирост берега (с лагунами и пляжами) за последние 15 лет составил более 1 *км*². Следует отметить, что на указанных участках юго-восточного берега формирование свободных, окаймляющих и отчленяющих аккумулятивных форм прибрежного рельефа происходит быстрее, чем прирост берега за счет простого осушения (при данном темпе снижения уровня озера), что, очевидно, связано с большим запасом рыхлого материала на дне, небольшими уклонами подводного склона и повышенной гидродинамической активностью прибрежной акватории.

На Иссык-Куле довольно широко распространены галечные берега, возникшие в результате переработки озером аллювиальных конусов выноса рек Джуука, Ак-Терек, Барскаун, Тамга, Джергалчак, Чон-Аксу, и др. В этом случае не только побережье, но и подводный склон до глубины 15—30 *м* сложен валунно-галечным материалом и покрыт карбонатными корками или конкрециями. Очень редко, в местах

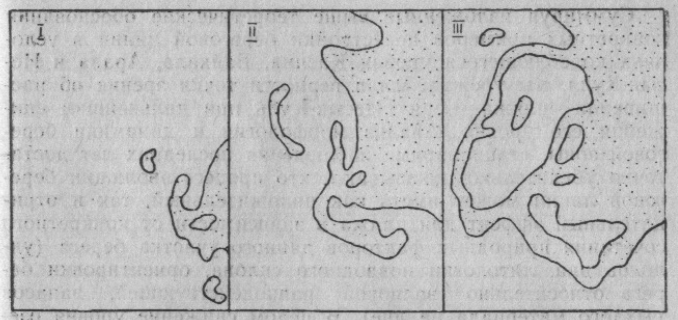

Рис. 5. Схема эволюции аккумулятивного мыса при понижении уровня озера и преобладании поперечного к берегу перемещения наносов (по данным стационарных наблюдений и съемок): *I—III* — стадии нарастания берега от образования мелей на дне, баров, крылатых мысов до причленения отдельных форм к берегу и формирования лагун.

выхода к урезу малых рек и временных потоков, наблюдаются песчаные пляжи небольшой протяженности; в зоне штормового заплеска обычно накапливается плохо сортированные наносы из карбонатной крошки, водорослей, ракушки и разнозернистого песка. Средние уклоны дна (от уреза до зоны илов) колеблются от 0,026 до 0,052 (рис. 4, V). Снижение уровня на этих участках побережья незначительно изменяет внешний облик берега: по мере падения уровня увеличивается ширина галечно-валунной осушки за счет пассивного осушения подводного склона.

Гораздо серьезнее могут быть морфодинамические последствия снижения уровня на участке северо-восточного побережья от Кутурги до Урюктов, где подводный склон имеет уклон не более 0,011 и до глубины 1—2 *м* сложен пестрыми грунтами (пески, галька, илы), а далее идет грядовой бенч, выработанный в глинах и прикрытый сверху почти сплошным слоем карбонатных новообразований (рис. 4, VI). Илы начинаются с глубины 7 *м*. Грядовой бенч не только опасен для судоходства и непригоден для рыбного лова, но и затрудняет организацию зон отдыха в этих местах, так как по мере снижения уровня бенч будет выходить на поверхность и заменять собой и без того маломощные пляжи.

Суммируя изложенные выше теоретические обоснования конкретных примеров перестройки береговой линии в условиях колеблющегося уровня Каспия, Байкала, Арала и Иссык-Куля, мы убеждаемся в верности точки зрения об расширении пляжа озера Иссык-Куль при дальнейшем снижении его уровня. Анализ морфологии и динамики береговой зоны, стационарные наблюдения последних лет достаточно убедительно показывают, что процесс эволюции береговой линии может иметь как положительный, так и отрицательный эффект для пляжа в зависимости от конкретного сочетания природных факторов данного участка берега (уклонов дна, литологии подводного склона, ориентировки берега относительно волновой равнодействующей, запасов рыхлого материала на дне). В целом снижение уровня озера в ближайшие 25 лет на 1—1,5 *м* мало что изменит в морфодинамике иссык-кульского побережья, и опасения за судьбу существующих пляжей необоснованны. С другой стороны, вряд ли оправдано игнорирование возможных последствий прогрессирующего падения уровня озера, но в этом случае любой прогноз перестройки береговой линии и подводного склона должен строиться на тщательном анализе условий и факторов, обусловливающих морфодинамические изменения в береговой зоне. Если говорить о дальней перспективе освоения побережья Иссык-Куля (на 100 и более лет), то проекты стабилизации его уровня представляются немаловажными, хотя существует мнение о естественной приостановке снижения уровня [18]. Однако вспоминая историю озера Севан, следует учитывать, что водные балансы озер аридной зоны представляют собой весьма чуткую систему взаимоотношений различных компонентов природы, нарушить которую гораздо легче, чем направить в нужное русло. Наблюдения современников, археологические памятники и геоморфологические данные свидетельствуют о неоднократном подъеме уровня озера Иссык-Куль. Рассчитывая необходимый для стабилизации уровня объем дополнительного стока в озеро, надо быть твердо уверенным в том, что прибавка воды не повлечет за собой повышения уровня, возможные последствия которого будут гораздо печальнее, нежели отмеченные выше неблагоприятные условия, возникающие в пляжевой зоне в результате существующего снижения уровня Иссык-Куля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алешинская З. В., Бондарев Л. Г. Новое о колебаниях уровня озера Иссык-Куль в позднем плейстоцене и голоцене. — В сб.: Вопросы географии, вып. 79. М., «Мысль», 1969.

2. Алешинская З. В. [и др.]. К истории озера Иссык-Куль. — В сб.: Новейшая тектоника, новейшие отложения и человек, т. 1. М., Изд-во МГУ, 1969.

3. Динамика берегов озера Байкал при новом уровенном режиме. М., «Наука», 1976.

4. Долотов Ю. С. Процессы аккумуляции и нарастание суши на отмелом берегу в условиях его относительного поднятия. Тр. Ин-та океанол. АН СССР, спец. вып. 1, 1958.

5. Долотов Ю. С. Об эволюции аккумулятивных форм в условиях относительного поднятия берега. Тр. Океаногр. ком. АН СССР, т. 4, 1959.

6. Долотов Ю. С. О развитии отмелого берега при разном темпе его относительного погружения. — В сб.: Новые исследования береговых процессов. М., «Наука», 1971.

7. Долотов Ю. С. [и др.]. Относительные колебания уровня моря и их влияния на развитие морских берегов. — В сб.: Теоретические вопросы динамики морских берегов. М., «Наука», 1964.

8. Жуков Н. Н. К вопросу о многолетних колебаниях уровня оз. Иссык-Куль. — Проблемы географии Киргизии. (Мат-лы к II съезду КГО). Фрунзе, 1975.

9. Забиров Р. Д. [и др.]. Некоторые вопросы четвертичной истории Иссык-Куля. — «Геоморфология», 1973, № 4.

10. Забиров Р. Д. [и др.]. Современная динамика и прогноз будущих деформаций береговой зоны озера Иссык-Куль. — Проблемы географии Киргизии (Мат-лы к II съезду КГО). Фрунзе, «Илим», 1975.

11. Зенкович В. П. Динамика и морфология морских берегов. I. Волновые процессы. М., 1946.

12. Зенкович В. П. Влияние эвстатических колебаний уровня океана на рельеф дна и побережий. — Тр. Ин-та географии АН СССР, вып. 37, 1946.

13. Зенкович В. П. Выработка абразионного профиля в процессе повышения уровня моря. — Докл. АН СССР, т. 63, № 2, 1948.

14. Зенкович В. П. Об одном типе отмирающих аккумулятивных береговых форм. — Изв. ВГО, т. 85, вып. I, 1953.

15. Зенкович В. П. О происхождении баров и лагунных берегов.— Тр. Ин-та океанол. АН СССР, т. 21, 1957.

16. Ключарев Ю. П. О режиме уровня озера Иссык-Куль. — «Метеорология и гидрология», 1973, № 2.

17. Коротаев В. Н. Влияние крутизны уклона подводного склона на эволюцию аккумулятивных мысов озера Иссык-Куль. — В сб.: Мат-лы по геоморфологии и гидрологии иссык-кульской котловины. Фрунзе, «Илим», 1967.

18. Коротаев В. Н. Береговая зона озера Иссык-Куль. Фрунзе, «Илим», 1967.

19. Коротаев В. Н. Формирование аккумулятивного рельефа берега озера Иссык-Куль у мыса Кара-Булун. — В сб.: Эрозия почв и русловые процессы. № 3. М., Изд-во МГУ, 1971.

20. Леонтьев А. К. Перестройка профиля аккумулятивного берега при понижении уровня моря. — Докл. АН СССР, т. 66, № 3, 1949.

21. Леонтьев О. К. Роль колебаний уровня в формировании бере-

гов Каспия. — В сб.: Географические вопросы динамики морских берегов. М., «Наука», 1964.

22. Леонтьев О. К., Никифоров Л. Г. Моделирование природных процессов. — «Природа», 1965, № 10.

23. Лымарев В. И. Берега Аральского моря — внутреннего водоема аридной зоны. Л., «Наука», 1967.

24. Никифоров Л. Г. К вопросу об условиях образования береговых баров. — «Океанология», 1964, № 4.

25. Никифоров Л. Г., Коротаев В. Н. Структурная геоморфология берегов озера Иссык-Куль. — В сб.: Геоморфология и литология береговой зоны морей и крупных водоемов. М., «Наука», 1971.

26. Разрез новейших отложений Иссык-Кульской впадины. (Под ред. акад. К. К. Маркова). М., Изд-во МГУ, 1971.

27. Хейфец М. Н. Анализ колебания уровня озера Иссык-Куль в XX веке. — В сб.: Мат-лы по физ. геогр. Иссык-Кульской котловины. Фрунзе, Изд-во АН Киргиз. ССР, 1964.

28. Хейфец М. Н. О некоторых причинах нарушения синхронности в колебаниях уровня бессточных озер в связи с изменением климата. Проблемы географии Киргизии. (Мат-лы к II съезду КГО). Фрунзе, «Илим», 1975.

29. Цигельная И. Д. Водный баланс озера Иссык-Куль. — В сб.: Мат-лы гляциологич. исслед. Тянь-Шаня, вып. 2. Фрунзе, Изд-во АН Киргиз ССР, 1960.

30. Шнитников А. В. Проблемы озера Иссык-Куль. Проблемы географии Киргизии. (Мат-лы к II съезду КГО). Фрунзе, «Илим», 1975.

31. Озеро Иссык-Куль (очерки по физической географии). Фрунзе, «Илим», 1978.