

© 2014 г. А.А. РЫБЧЕНКО, А.В. КАДЕТОВА, В.А. ХАК

ПЕРЕРАБОТКА УЧАСТКА БЕРЕГА ИРКУТСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА, СЛОЖЕННОГО ЛЁССОВИДНЫМИ ПОРОДАМИ

Введение

Создание водохранилищ Ангарского каскада ГЭС повлекло за собой резкое изменение гидрологических, гидрогеологических и гидродинамических условий в береговой зоне созданных водоемов. Новые условия стали причиной возникновения и развития процессов переработки береговой линии. Особо остро эта проблема встала для Иркутского водохранилища, в связи со значительной освоенностью береговой зоны и ее переработкой в пределах территории г. Иркутска.

Абразионному размыву в пределах Иркутского водохранилища подвержена береговая линия на протяжении 140 км; максимальная ширина размыва более 150 м приурочена к берегам, формирующимся в лёссовидных суглинках. В процессе переработки берегов водоема за период эксплуатации водохранилища было потеряно более чем 400 га земель различного назначения. В зону размыва попали жилые поселки, некоторые коммуникации г. Иркутска, сельскохозяйственные угодья, лесные массивы и садово-дачные кооперативы [1].

Цель данной работы заключается в изучении механизма абразионной переработки на примере участка берега Иркутского водохранилища, формирующегося в лёссовидных суглинках.

Объект и методика исследования

До строительства Иркутской ГЭС рассматриваемая территория в течение длительного периода времени формировалась под влиянием гидрологического режима р. Ангары. После наполнения Иркутского водохранилища произошло резкое изменение гидродинамических условий (подъем уровня воды на 35 м), речной режим сменился режимом водохранилища. Эти изменения привели к возникновению ранее отсутствующего на данной территории процесса – абразии.

Объект настоящего исследования – участок побережья протяженностью 150 м, расположенный в правобережной приплотинной части Иркутского водохранилища в пределах микрорайона Солнечный г. Иркутска. Участок находится в мысовой части полуострова, ограниченного с востока и запада глубоко вдающимися в сушу заливами, и береговой линией выходит непосредственно в основную акваторию. Береговой склон участка испытывает большие абразионные нагрузки, наибольшему размыву подвергается его юго-западная часть (рис. 1). По данным наблюдений с 2004 по 2006 гг. отступление берега на рассматриваемом участке составило до 3 м [2].

В целом береговая линия правобережной приплотинной части водохранилища проходит по поверхностям и уступам ангарских террас, сложенных сверху вниз лёссовидными суглинками, супесями с прослоями глин и песков мощностью 5–15 м и песчано-галечными отложениями. Высота берегового уступа в пределах рассматриваемого участка изменяется от 1.5 до 5.0 м.

Методика изучения включает в себя организацию и проведение мониторинговых исследований с разбивкой сети наблюдений и проведением тахеометрической съемки, обработку и анализ полученных данных с построением объемных цифровых моделей и их сравнительным анализом. На этапе проведения тахеометрической съемки использовалась традиционная съемка теодолитом, предусматривающая создание топографического плана методом проложения замкнутого теодолитного хода. Дополнительно

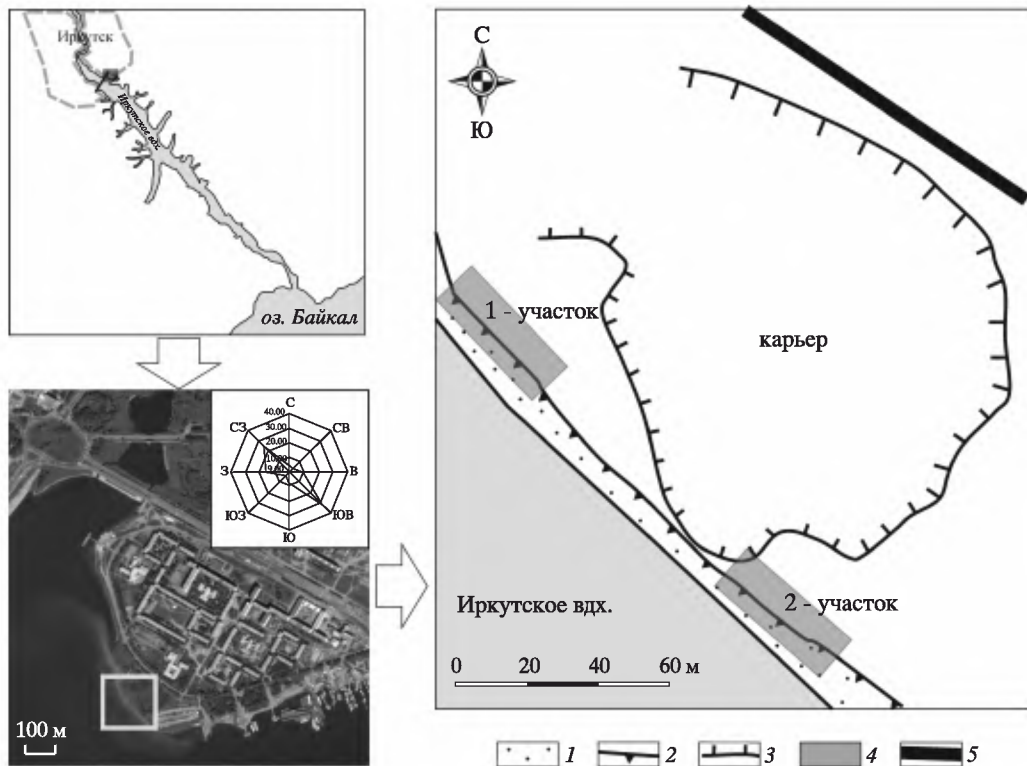


Рис. 1. Местоположение и схема района работ

1 – пляж; бровки: 2 – абразионного уступа, 3 – карьера; 4 – участки расположения реперной сети; 5 – автодорога

для более точного замера ширины отступления берега на двух участках проводились линейные измерения от реперов, расположенных в пределах стабильного склона, до бровки берегового уступа (рис. 2).

Среда развития процесса разрушения берега изучалась путем отбора образцов грунта из разреза, расположенного в береговом уступе, и выполнения комплексных исследований в лаборатории грунтоведения Аналитического центра Института земной коры СО РАН. Лабораторные исследования включали определение комплекса показателей состава, микроструктуры грунтов, физических, физико-химических, деформационных и прочностных свойств грунтов с применением стандартных методик [3].

Анализ переработки берегов Иркутского водохранилища в лёссовидных суглинках за прошедший период

После 50-ти лет эксплуатации Иркутского водохранилища его берега все еще находятся в стадии становления [4], то есть преобладающим процессом развития береговой зоны является абразия и перехода в следующую стадию стабилизации, характеризующуюся активной аккумуляцией наносов, пока не наблюдается [1]. На протяжении прошедшего периода эксплуатации водохранилища развитие абразионно-аккумулятивного процесса отличалось значительной неравномерностью. Большое влияние на интенсивность процесса оказывали колебания уровня воды: размыв и углубление осушенных отмелей при низких уровнях, и усиление абразии береговых склонов при повышении уровня воды до максимальных отметок.

При зимних сработках водохранилища и снижении уровня воды до минимальных отметок прибрежные отмели осушились на ширину от нескольких до 100 м. При весенне-летнем повышении уровня отмечался смыл с поверхности осушенной отмели верхнего слоя наносов мощностью 10–30 см, отложившихся в предыдущий период более высокого уровня. В результате ежегодных смылов постепенно увеличивалась глубина в каждой точке отмели в периоды высокого уровня воды, что способствовало перераспределению энергии волнения. Значительная часть энергии волнения в последующий период высоких уровней расходовалась на размыв берегов и интенсивность абразии возрастала. Увеличение уклонов отмели способствовало размыву более пологих береговых склонов. Исследованиями Г.И. Овчинникова на таких стационарных участках Иркутского водохранилища как “Ново-Разводная” и “Патроны” показано, что в суглинистых отложениях интенсивность абразийного процесса не снижается, а наоборот отмечается тенденция к ее увеличению. Если в первые годы эксплуатации водоема размыву подвергались склоны крутизной до 4°, то в последние годы стали размываться пологие склоны крутизной менее 2°. За период 1965–1976 гг., который характеризовался неравномерностью хода уровня воды, поверхность отмелей, сложенных лёссовидными суглинками, углубилась примерно на 1.0 м. Таким образом, за период эксплуатации водохранилища на участках берега, формирующихся в лёссовидных суглинках, размывы составили от 50 до 150 м [5, 6].

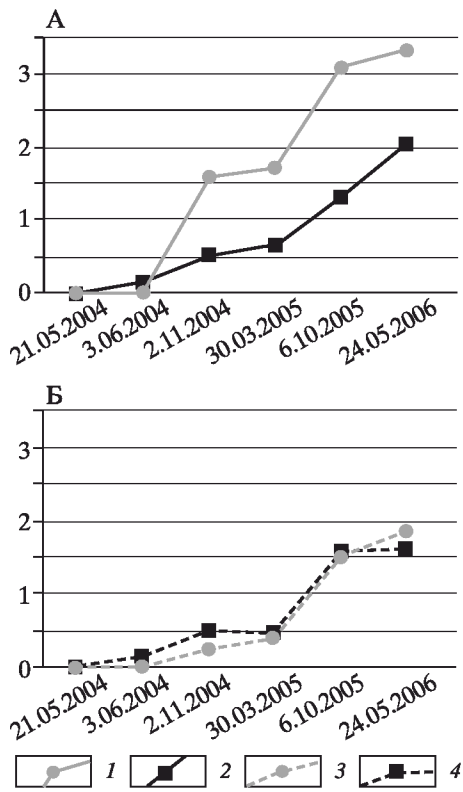


Рис. 2. Отступление бровки берегового уступа в 2004 по 2006 гг.

Участки: А – первый, Б – второй.

По реперу: 1 – 1-I, 2 – 1-III, 3 – 2-II, 4 – 2-III

Факторы переработки берега

Исследования свойств геологической среды и механизма абразийной переработки береговой зоны исследуемого участка показали, что основными факторами разрушения берега являются особенности физико-механических свойств лёссовидных пород, слагающих массив и гидродинамические условия.

Геологическое строение правобережной части водохранилища характеризуется широким развитием делювиальных лёссовидных образований – суглинков и супесей мощностью от 5 до 15 м. Разрез берегового уступа представлен следующими литологическими разностями: 1) супеси лёссовидные темно-коричневого и охристого цвета, нормально пластичные (число пластичности 2.2–5.1%), разной степени увлажнения (степень увлажнения 0.1–0.9) и минимальной плотности сложения (плотность скелета 1.40–1.56 г/см³); 2) суглинки лёссовидные от желто-коричневого до охристого цвета, с максимальной степенью увлажнения (степень водонасыщения 1.0) и максимальной степенью уплотнения (плотность скелета до 1.69 г/см³).

Анализ характера распределения показателей состава и состояния отложений в вертикальном разрезе толщи позволил установить, что если природная влажность

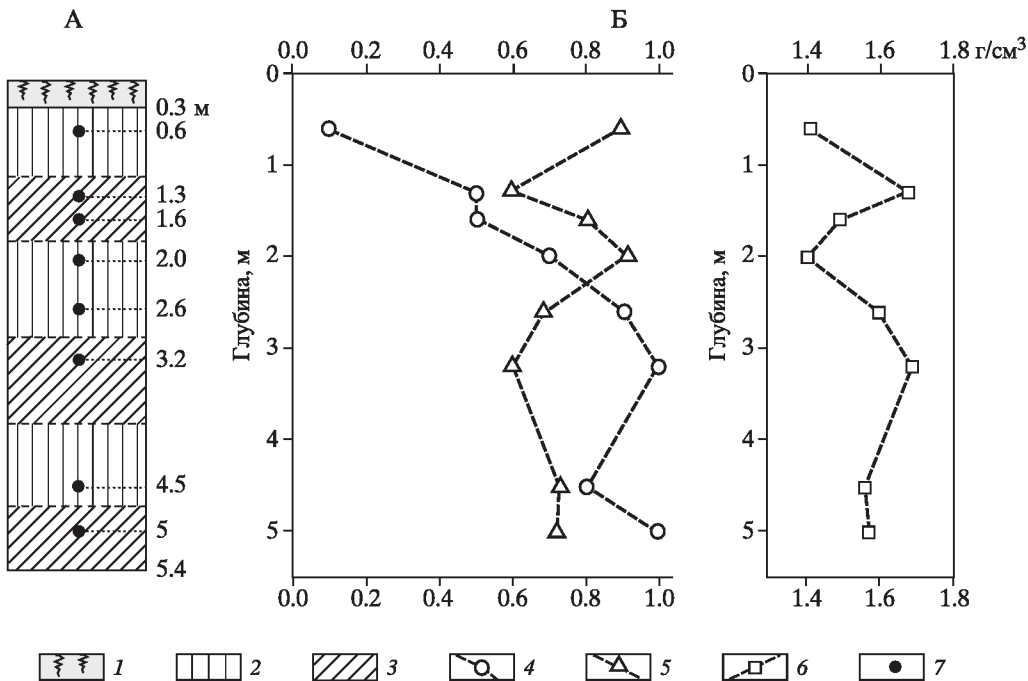


Рис. 3. Разрез берегового склона участка “Солнечный”

А – литологическая колонка, Б – показатели параметров физического состояния грунтов.

1 – почвенно-растительный слой, 2 – супесь лёссовидная, 3 – суглинок лёссовидный, 4 – степень водонасыщения (Sr), 5 – коэффициент пористости (e), 6 – плотность скелета грунта (Pd, г/см³), 7 – место отбора грунта

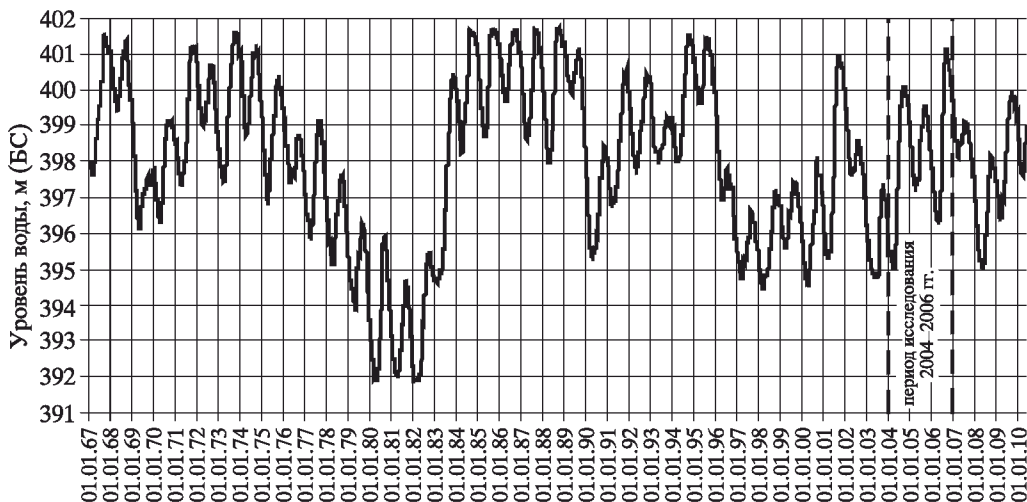


Рис. 4. Ход уровня Иркутского водохранилища (по материалам Г.И. Овчинникова)

и степень водонасыщения грунтов закономерно увеличиваются с глубиной (3.5–23%; 0.1–1.0 м), то плотность сложения толщи грунта разнородна и в ней выделяются три наиболее недоуплотненных интервала: 1) 0.3–0.9 м; 2) 1.6–2.0 м и 3) 4.5–5.0 м (рис. 3). Состояние пород верхней, средней и нижней части характеризуются недоуплотненностью и малой прочностью (сцепление 0.055 МПа, угол внутреннего трения 18°),

что при значительном увлажнении способствует развитию пластических деформаций [7]. Негативную роль в изменении свойств отложений играет сезонная мерзлота. В результате многократного промерзания и оттаивания в породе происходит разрушение структурных связей, при этом прочностные параметры снижаются в 2–4 раза [8].

Уровеньный режим и ветро-волновые условия являются одними из ведущих факторов активизации абразии. Амплитуда сезонного колебания водохранилища до 2001 г. составляла 3 м [9]. В марте 2001 г. Постановлением Правительства РФ были установлены предельные значения уровня оз. Байкал в 456–457 м. Поскольку этот уровень регулируется плотиной Иркутской ГЭС, то амплитуда колебания уровня самого водохранилища составляет 1 м. Режим наполнения/сработки водохранилища в течение года таков: минимальный уровень приходится на апрель–май, затем идет повышение уровня, в сентябре–октябре он достигает максимума, и далее плавно опускается до минимума (рис. 4).

Особенность ветрового режима водоема – значительное преобладание ветров северо-западного и юго-восточного направлений, составляющих более половины повторяемости от всех направлений [10]. Анализ ветрового волнения выявил преобладание волновых воздействий по правобережью водохранилища. В приплотинной части средняя максимальная высота волны (средняя высота волн на участках максимального волнения) оценивается в 0.3 м, а энергия волнения – 8.4 тыс. тм [9].

Механизм абразионной переработки

Процесс переработки берегового склона развивается циклично и зависит от уровня воды в водохранилище. Анализ данных по отступанию бровки берегового уступа за периоды высокого и низкого уровней водохранилища, а также по свойствам пород, позволил представить механизм разрушения берега. Абразионная переработка берега происходит по следующим этапам (рис. 5).

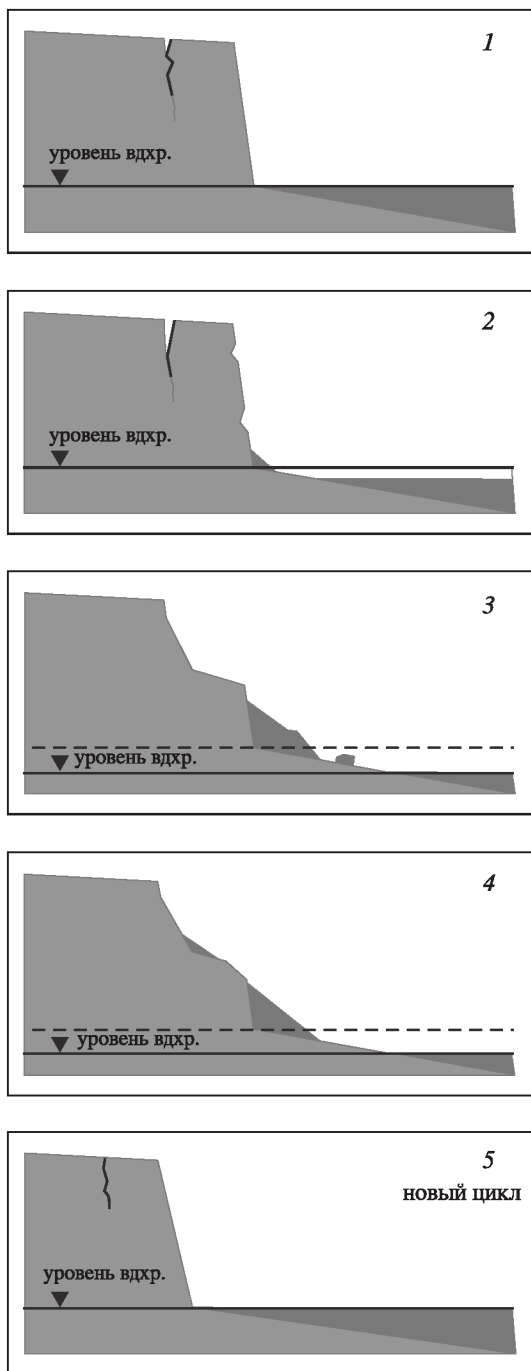


Рис. 5. Этапы абразионной переработки берега на исследуемом участке
Пунктирная линия – высокий уровень воды в водохранилище



Рис. 6. Береговая зона при высоком (А) и низком (Б) уровнях воды

1. Во время высокого уровня воды в водохранилище (август–октябрь) размываются грунтовые массы (рис. 6А), отложившиеся у подножия берегового уступа в период низкого уровня. Формируется неустойчивый профиль берегового склона и происходит водонасыщение пород. Береговой склон становится практически отвесным, что приводит к нарушению равновесного состояния массива и в свою очередь вызывает возникновение трещин отседания шириной от 0.02–0.03 до 0.2 м.

2. При понижении уровня воды (с ноября) в зимний период трещины отседания увеличиваются, обнаженные участки берегового склона в результате морозного выветривания разрушаются. Начинают формироваться осыпи у подножия склона.

3. В марте–июне при низком уровне воды водонасыщенные породы оттаивают, что сопровождается вытеканием переувлажненных масс. Поскольку вытекают нижние слои, образуются ниши, что приводит к дополнительной дестабилизации склона. На данном этапе блоки грунта в результате вывалов, обвалов и сползания обрушаются (рис. 6Б). Объем сместившегося материала у подножия склона увеличивается.

Формирование склона на втором и третьем этапах происходит при низком уровне воды в водохранилище. Однако во втором этапе одну из главных ролей в разрушении берегового массива играют низкие температуры. В этот период обрушение берегового склона происходит только за счет морозного выветривания. На третьем же этапе отступление склона максимальное, это объясняется тем, что блоки, заложенные по трещинам бокового отпора, обрушаются под воздействием атмосферных осадков.

4. В июле–августе при плавном повышении уровня воды склон максимально выполаживается, формируется его устойчивый профиль. Обрушение берегового уступа в этот период практически не происходит. На этом этапе береговой склон стабильный, он зарастает травянистой растительностью.

5. Осенью, при высоком уровне, происходят размыв и переработка материала, скопившегося у подножия берегового уступа, что приводит склон в состояние предельного равновесия – закладываются новые трещины отседания, и начинается новый цикл процесса разрушения. Среднее отступление бровки за цикл составляет около 1 м.

Выводы

Анализ имеющегося материала показывает, что главными факторами разрушения берегового склона являются, прежде всего, колебание уровня водохранилища, а также показатели физических, физико-химических и деформационно-прочностных свойств пород. И если колебание уровня проявляется в цикличности разрушения берегового склона, то свойства отложений отражаются на его скорости.

Механизм переработки берегового склона напрямую зависит от уровня воды в водохранилище. В период понижения уровня склон постепенно выполаживается, его профиль становится устойчивым и равновесным. При повышении уровня особенно в период его максимума происходит размыв отложений берегового склона и формирование отвесного, неустойчивого профиля.

Сочетание условий, при которых береговой склон сложен рыхлыми лёссовидными породами, а колебание уровня воды в водохранилище каждый год достигает уровня НПП, приводит к циклическому развитию берегового склона. Роль колебания уровня при данных условиях заключается в постоянном поддержании склона в неустойчивом состоянии.

Поскольку минимизировать колебание уровня водохранилища представляется маловероятным, для сохранения территории города от размыва необходимо принять меры по защите берегового массива от воздействия водохранилища.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Овчинников Г.И.* Динамика береговой зоны ангарских водохранилищ: Автореф. дис. ... докт. геогр. наук. Иркутск: ИГ СО РАН, 2003. 50 с.
2. *Kadetova A.V., Kozureva E.A., Rybchenko A.A.* Degradation of shores in the urban area of Irkutsk city under the influence of man-made reservoir // *Bul. of the Geol. Soc. of Greece*. 2007. V. XXXVII. P. 1433–1439.
3. *Ряценко Т.Г.* Региональное грунтоведение (Восточная Сибирь). Иркутск: ИЗК СО РАН, 2010. 287 с.
4. *Широков В.М.* Формирование берегов и ложа крупных водохранилищ Сибири. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1974. 172 с.
5. *Owchinnikow G.I.* Wplyw processow abrazyjnych na rozwoj strefy przybrzeznej zbiornikow wodnych angarskiej kaskady elektrowni wodnych // *Kształowanie srodowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemyslowionych i zurbanizowanych*. Katowice: Sosnowiec, 1996. № 23. S. 38–42.
6. *Овчинников Г.И., Павлов С.Х., Тржцинский Ю.Б.* Изменение геологической среды в зонах влияния Ангаро-Енисейских водохранилищ. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1999. 252 с.
7. *Ломтадзе В.Д.* Физико-механические свойства горных пород. Методы лабораторных исследований. Л.: Недра, 1990. 327 с.
8. *Лециков Ф.Н., Шац М.М.* Мерзлые породы юга Средней Сибири. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1983. 168 с.
9. *Овчинников Г.И., Тржцинский Ю.Б., Жентала М., Жентала М.А.* Абразионно-аккумулятивные процессы в береговой зоне водохранилищ на примере Южного Приангарья и Силезской возвышенности. Сосновец–Иркутск: ИЗК СО РАН, 2002. 102 с.
10. *Климат Иркутска*. Л.: Гидрометеоздат, 1981. 245 с.

ИЗК СО РАН, Иркутск

Поступила в редакцию
10.05.2012

TRANSFORMATION OF THE IRKUTSK RESERVOIR SHORES BUILT UP BY LOESS-LIKE ROCKS

A.A. RYBCHENKO, A.V. KADETOVA, V.A. HUCK

Summary

The paper deals with the mechanisms of abrasion destruction on a near-dam shore strip of the Irkutsk Reservoir within the urban territory. The survey of five profiles showed that the retreat of the shore at the case site constituted 1–3 m for the 2004–2006 period. The investigation revealed the main stages of the process development to be closely related to the water level fluctuations in the reservoir. At the low water level the slope of the shore is flattening and its profile become stable and equilibrium. At the high level the shore is washing out and its profile become unstable. Loams and sandy loams present in the section, marked by low firmness and small strength, cause the development of plastic deformations at significant moistening. The water level fluctuations in the reservoir lead to cyclical nature of shore degradation; physical, physical-chemical, and stress-strain properties of soils affect its rate.