



УДК 551.311(282.256.342)
DOI <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2020.33.124>

Эрозионные процессы на берегах Иркутского водохранилища и их последствия

Н. Г. Солпина, А. А. Черкашина

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия

Аннотация. Возведение гидроэлектростанций на р. Ангаре и заполнение водохранилищ повлекло за собой резкое изменение гидрогеологических условий территории, что вызвало активное развитие эрозионных процессов и, соответственно, привело к разрушению берегов и потере земель. В работе рассматриваются генетические типы берегов Иркутского водохранилища, скорость их отступления под действием эрозионных процессов разного характера, дана оценка эрозионным процессам. При изучении эрозионных процессов в зоне действия водохранилища использовались разные методы: полевые исследования, исторический, картографический методы, метод дистанционного зондирования, сравнение формы и современного состояния береговой линии с прошлым по разновременным топографическим картам, аэро- и космоснимкам и другим документам. В процессе исследования береговой территории Иркутского водохранилища установлено, что максимальные разрушения берегов происходят в районе пос. Патроны, где величина отступления бровки берега за 11 лет (с 2006 по 2017 г.) достигла 59,6 м. Наименьшие значения наблюдаются в районе СНТ «Политехник», где величина отступления бровки берега за рассмотренный период составила 31,8 м. За последние годы фиксируется падение скорости размыва берегов, связанное со снижением уровня воды в водохранилище.

Ключевые слова: эрозионные процессы, водохранилище, абразия, береговая линия.

Для цитирования: Солпина Н. Г., Черкашина А. А. Эрозионные процессы на берегах Иркутского водохранилища и их последствия // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2020. Т. 33. С. 124–136. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2020.33.124>

Введение

Возведение гидроэлектростанций на реках и заполнение водохранилищ повлекли за собой резкое изменение гидрологических условий территории, речной режим сменился на режим водохранилища. В береговой зоне наблюдается активное развитие экзогенных процессов, среди которых наибольшее распространение как по интенсивности, так и по масштабам получают абразия береговых склонов и аккумуляция наносов [Экологическое изменение ... , 2000].

Объект исследования – побережье Иркутского водохранилища. Работы проводились в районе пос. Новая Разводная, СНТ «Политехник» и пос. Патроны (рис. 1).

Предмет исследования – скорость и характер разрушения берегов.

Создание водохранилища Иркутской ГЭС длилось с 1950 по 1958 г., наполнение началось в 1956 г. В 1960 г. был достигнут проектный подпорный уровень воды – 457,0 м. Водоохранилище имеет вытянутую форму с юго-востока на северо-запад, длина от истока Ангары до плотины в Иркутске – 55 км, длина береговой линии – 276 км, ширина водохранилища изменяется от 1 км в истоке Ангары до 3–4 км в приплотинной части и до 7 км в районе Курминского залива, площадь водного зеркала речной части водохранилища – 154 км².

Иркутское водохранилище принято делить на три части: приплотинную (нижнюю), среднюю и истоковую (верхнюю). Водоохранилище относится к мелководным водоемам: средняя глубина равна 13,6 м, максимальная – у плотины – не превышает 35 м. Полезный объем при нормальном подпорном уровне (НПУ, равном 457,0 м) водохранилища составляет 31,5 км³, полный объем – 63 км³ [Иркутская ГЭС].



Рис. 1. Исследуемые территории в районе:

а – пос. Новая Разводная, *б* – СНТ «Политехник», *в* – пос. Патроны

Рельефообразующие процессы, влияющие на формирование берегов водохранилища

Факторы, от которых зависит разрушение или устойчивость берегов, различны. Но в первую очередь это геологические породы, слагающие берега, и экзогенные процессы, которые происходят в береговой зоне. Также немаловажную роль играют гидрометеорологические условия, формирующиеся в зоне влияния водохранилища, интенсивность антропогенного воздействия [Золотарев, 1988].

Породы, из которых состоит чаша Иркутского водохранилища, представлены в приплотинной и средней частях по левобережью в основном песчаниками, конгломератами, алевритами и аргиллитами юрского возраста, по правобережью – покровными лессовидными суглинками и супесями четвертичного возраста. В районе истока Ангары и местами в средней ее части залегают метаморфические и магматические породы докембрия, а в заливах, представляющих устьевые участки впадающих рек и ручьев, элювиальные галечные отложения. В зоне влияния Иркутского водохранилища

расположены сезонномерзлые породы мощностью 1,5–2,0 м [Атлас Иркутской области, 2004]. На берегах, формирующихся в рыхлых суглинистых отложениях за кромкой берегового уступа, образуются трещины бортового отпора как следствие криогенных процессов, которые разделяют блоки грунта, а те в свою очередь обрушаются под действием сил гравитации. Первый фактор особенно заметен в весенне-летний период, во время оттаивания сезонномерзлого слоя, проявляясь эрозией, солифлюкцией, что приводит к образованию таких форм рельефа, как борозды, промоины, небольшие овраги, ниши обрушения. Второй – проявляется в осенне-зимний период вследствие активной миграции влаги к фронту промерзания, переходов фаз воды под значительным градиентом температур в сезонномерзлом слое.

Энергетическим источником механического разрушения берегов выступают волны, которые возникают под влиянием ветровой деятельности и достигают в районе исследования высоты 2,4 м.

Для Иркутского водохранилища преобладающими ветрами являются северо-западные и юго-восточные, что и объясняет неравномерный процесс разрушения берегов.

Своеобразие формирования берегов водохранилища также определяется еще и следующими особенностями гидрометеорологических условий на данной территории, которые можно разделить на два периода – ледоставный (с середины ноября по конец апреля) и период открытой воды (с начала мая по конец ноября). Формирование берегового уступа с наступлением отрицательных температур воздуха и образованием заберегов, затем установлением ледового покрова не прекращается, и под действием криогенных процессов происходит отступление берегов, а на некоторых участках добавляется и активная волновая деятельность, поэтому сочетание в осеннее время этих процессов может вызвать максимальное разрушение [Пинегин, 1971].

Интенсивность процесса изменения очертаний водохранилища, помимо вышесказанного, зависит еще от уровня режима водоема, а именно амплитуды колебания внутригодового и многолетнего хода уровня воды. На Иркутском водохранилище во внутригодовом разрезе отмечаются наименьший уровень в апреле, который затем постепенно поднимается к сентябрю – октябрю до максимума и снова идет на понижение. Наблюдения же за многолетним ходом изменения уровня воды выявили следующую зависимость: при низких уровнях происходит «срезка» поверхности осушенных отмелей и ее углубление, что и отмечалось в периоды 1975–1982 и 2015–2017 гг. на Иркутском водохранилище. При повышении уровня до отметок НПУ (457 м) резко усиливается абразия береговых склонов, т. е. их разрушение и снос.

Значительное влияние на разрушение оказывает и скорость подъема уровня после периодических сработок. При меньшей скорости увеличиваются волновые воздействия на поверхности береговых отмелей по вертикали [Пластинин, 2018].

Таким образом, перепады уровней воды в водоеме вызывают более интенсивное разрушение как в подводной части берегового склона, так и в верхней зоне склона, если условно зонировать разрушаемую область берега.

Кроме того, после возведения на р. Ангаре гидроузла в речной части Иркутского водохранилища произошел подпор и подъем уровней грунтовых вод в рыхлых четвертичных отложениях в полосе шириной от 200 м до 5 км в долинах рек, что также является фактором, усиливающим разрушение берегов [Пинегин, 1971].

Типы берегов водохранилища и их современное состояние

По генетическому признаку на Иркутском водохранилище выделяют четыре основных типа берегов: неразмываемые, аккумулятивные, абразионные, биогенные.

Неразмываемые берега на исследуемой территории находятся в области истока Ангары, где развиты метаморфизированные породы. Если общая протяженность береговой линии Иркутского водохранилища составляет 284,6 км, то из них 187 км (68 %) сложены рыхлыми отложениями (суглинками, супесями, лессовыми отложениями). 163,3 км (57,3 %) приходится на абразионные берега с шириной размыва от 10 м до 81,2 км. Протяженность абразионных берегов с шириной размыва от 50 м и более составляет около 15 км.

В зависимости от условий формирования абразионные берега подразделяются на абразионно-осыпные, абразионно-обвальные, абразионно-оползневые.

Абразионно-осыпные берега формируются в песчано-галечных отложениях и в выветрелых породах юрского возраста. В основном они занимают места впадения рек и ручьев водохранилища. Особенностью этого типа является постепенное разрушение береговых уступов, которое происходит почти одновременно с подмывом их основания. Осыпающиеся породы свободно перемещаются волновыми потоками.

Абразионно-обвальные берега развиваются в основном в суглинистых четвертичных образованиях. Береговой уступ разрушается преимущественно из-за подмыва его основания, иногда с образованием волно-прибойных ниш и нависающих карнизов. К основанию уступа поступает материал, механически недостаточно разрушенный для свободного перемещения в волновом потоке. На местах происходящих обвалов формируются небольшие мысы, при этом береговая линия приобретает слабоволнистые очертания. Разрушение уступов в довольно устойчивых к размыву сцементированных песчаниках приводит к тому, что в приурезовую часть поступает крупноглыбовый материал, представляющий собой естественную каменную наброску, защищающую берег от размыва.

Абразионно-оползневые берега образовались в осадочных отложениях угленосно-терригенной формации. Они располагаются на левом берегу вдоль основной акватории водохранилища, в заливах Курма (Курминский залив), Еловый и Калей. Оползни являются унаследованными на древнеоползневых склонах, устойчивость которых может нарушиться подрезкой склона при размыве [Золотарев, 1988].

Образование абразионных берегов в процессе изменения береговой линии водохранилища приурочено к основной части акватории, а в направлении к вершине заливов абразионные процессы угасают, и абразионные берега переходят в биогенные. Такие берега связаны с подтоплением низинных участков, где, как следствие, развивается болотная растительность.

Оценка эрозионных процессов

При изучении эрозионных процессов в зоне действия водохранилища использовались разные методы: полевые исследования, исторический, картографический методы, метод дистанционного зондирования, сравнение формы и современного состояния береговой линии с прошлым по разновременным топографическим картам и аэро- и космоснимкам.

Для представления динамики формирования берегов ежегодно проводятся полевые работы на постоянных мониторинговых участках. Работы включают в себя выезд на наблюдаемую местность, привязку точек наблюдения при помощи GPS, инструментальное измерение морфометрических особенностей берега и подводной части берега до небольших глубин. Далее следуют камеральные работы, в частности сопоставление с прошлогодними материалами.

Одной из особенностей выбираемых участков является геологическое строение – это лессовидные супеси и суглинки, которые под влиянием множества факторов больше всего подвержены разрушениям. Ширина размыва абразионных берегов на этих участках колеблется от 30 до 100 м, а отступление берега может достигать в среднем от 0,4 до 5 м в год в зависимости от местоположения наблюдаемой точки.

Участки наблюдения устанавливаются также с учетом близкого расположения к землям населенных пунктов, сельскохозяйственных угодий, лесных массивов, а также принимается во внимание доступность этих участков для выезда на полевые работы и проведения дальнейших мероприятий по защите берега.

Опираясь на результаты полевых исследований за периоды 1962–2009 и 2009–2012 гг., мы выявили участки на Иркутском водохранилище, которые больше всего подвержены активной переработке берега и составляют угрозу населению, – это участки в районе поселков Молодежный, Зеленый Мыс, СНТ «Южное», «Строитель» и «Луговое». Общая площадь потерянных территорий составила на этих участках 1 073 275,22 м², или 107,3 га (табл. 1) [Аналитический отчет ... , 2010, 2012]. Было установлено, что ширина размыва берега изменяется от нескольких метров в устьевой части заливов до 100–150 м на мысовых и прямолинейных отрезках береговой линии.

По данным полевых материалов 2012–2013 гг., среднегодовая интенсивность размыва берега на побережье в районе пос. Тальцы составила 770 м², объем обрушенного грунта – 2302,3 м³; в районе пос. Патроны соответственно 2890 м² и 13 814 м³; в районе пос. Новая Разводная интенсивность размыва берега – 600 м². Из года в год под воздействием природных факторов берега обрушаются и размываются, в дальнейшем перемещаясь на дно, а перед этим материал, слагающий береговую часть, содержится долгое

время в толще воды в виде взвешенных частиц, загрязняя акваторию [Аналитический отчет ... , 2014].

Таблица 1

Данные о размывах берегов на Иркутском водохранилище
(по материалам ФГУ «Востсибрегионводхоз»)

Наименование пункта	Величина размыва, м (1962–2009 гг.)	Площадь размывных грунтов, м ² (1962–2009 гг.)	Площадь размывных грунтов, м ² (2009–2012 гг.)
Пос. Молодежный	До 150	470 109,88	10 002,37
Пос. Зеленый Мыс	30–80	151 854,52	3 231,01
СНТ «Южное»	70–100	91 477,43	1 946,32
Р-н СНТ «Луговое»	70–100	344 653,69	Сведения отсутствуют

При оценке эрозионных процессов использовались материалы наземных полевых обследований береговой части Иркутского водохранилища и данные дистанционного зондирования. В работе применялась поисковая система GoogleEarthPro. Основу данных системы представляют спутниковые снимки DigitalGlobe. Базовая составляющая снимков соответствует масштабу карт 1:25 000.

В результате проделанной работы была составлена фотокартосхема по первой площадке в районе пос. Новая Разводная, на которой удалось выделить три ключевых участка, где произошли наибольшие изменения (рис. 2).

Первый участок образовался на мысе, приближенном к плотине ГЭС, второй – в центре исследуемой территории, третий – участок с лесным массивом на побережье до ЖК «Горизонт». На всех участках была показана динамика отступления берега по дешифровке доступных снимков 2002, 2015 и 2017 гг., и в дальнейшем составлены картосхемы (рис. 3).

На первом мысовом участке за период с 2002 по 2015 г. (13 лет) произошло отступление берега на 17,1 м. В период с 2015 по 2017 г. (два года) оно составило 8,6 м, что свидетельствует о росте интенсивности разрушения. За 15 лет береговая линия отодвинулась в сторону суши на 25,7 м со средней скоростью 1,7 м в год.

Второй участок характеризуется тем, что за период 2002–2015 гг. (13 лет) фиксировалось более значительное отступление берега – на 47,7 м. Затем к 2017 г. отступление составило около 4 м за два последних года. В совокупности берег отступил на 51,7 м, а разрушение береговой линии снизилось с 3,6 до 2 м в год. Очевидно, это обусловлено снижением уровня воды в водохранилище.

На третьем участке в первый период отступление составило 19 м (в год – 1,4 м), во второй – 8,6 (в год – 4,3 м). В совокупности берег отступил на 27,6 м. В последние два года увеличение разрушения приходится на берег с лесным массивом. Деревья, падая со склона, выкорчевывают объемные глыбы грунта, тем самым увеличивая отступление берега [Информационный бюллетень ... , 2018].



Рис. 2. Исследуемая территория у пос. Новая Разводная с выявленными участками разрушения 1, 2, 3 (основа снимка Landsat/TM)

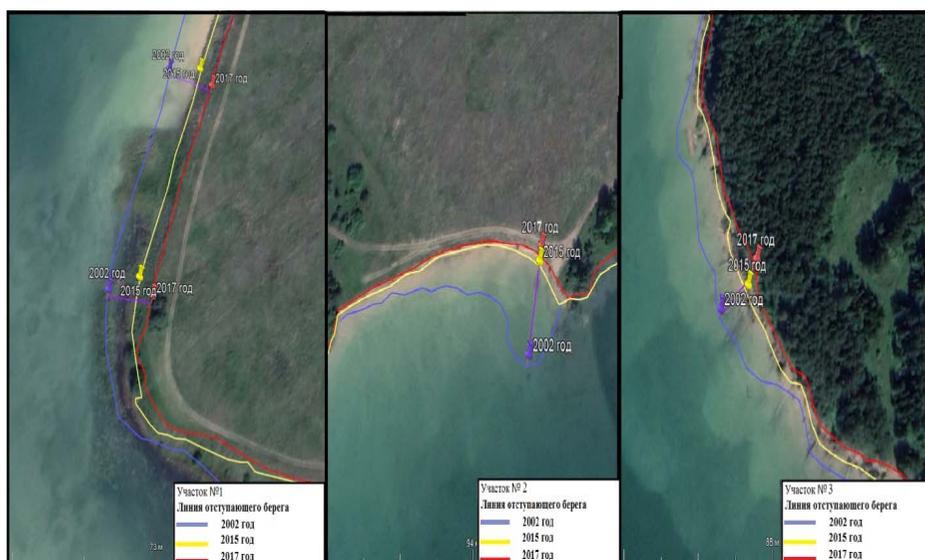


Рис. 3. Динамика отступления берега в зонах активного разрушения берега на участках 1, 2, 3 близ пос. Новая Разводная (снимки [GoogleEarth, 2017])

На беслесных участках побережья водохранилища среднее отступление берега в период 2002 – 2017 гг. составило около 5 м [Отчет о ведении ... , 2018].

По пункту наблюдения в районе СНТ «Политехник» также была составлена картосхема исследуемой территории, отображен участок наибольшего разрушения, который находится на мысовой части суши (рис. 4, А).

Для анализа были использованы космические снимки 2002, 2009 и 2017 гг. Линии отступления берега во времени показаны на снимке. Участок с наибольшим отступанием линии берега находится на мысовой части суши, по направлению в глубину заливов отступление береговой линии идет менее интенсивно.

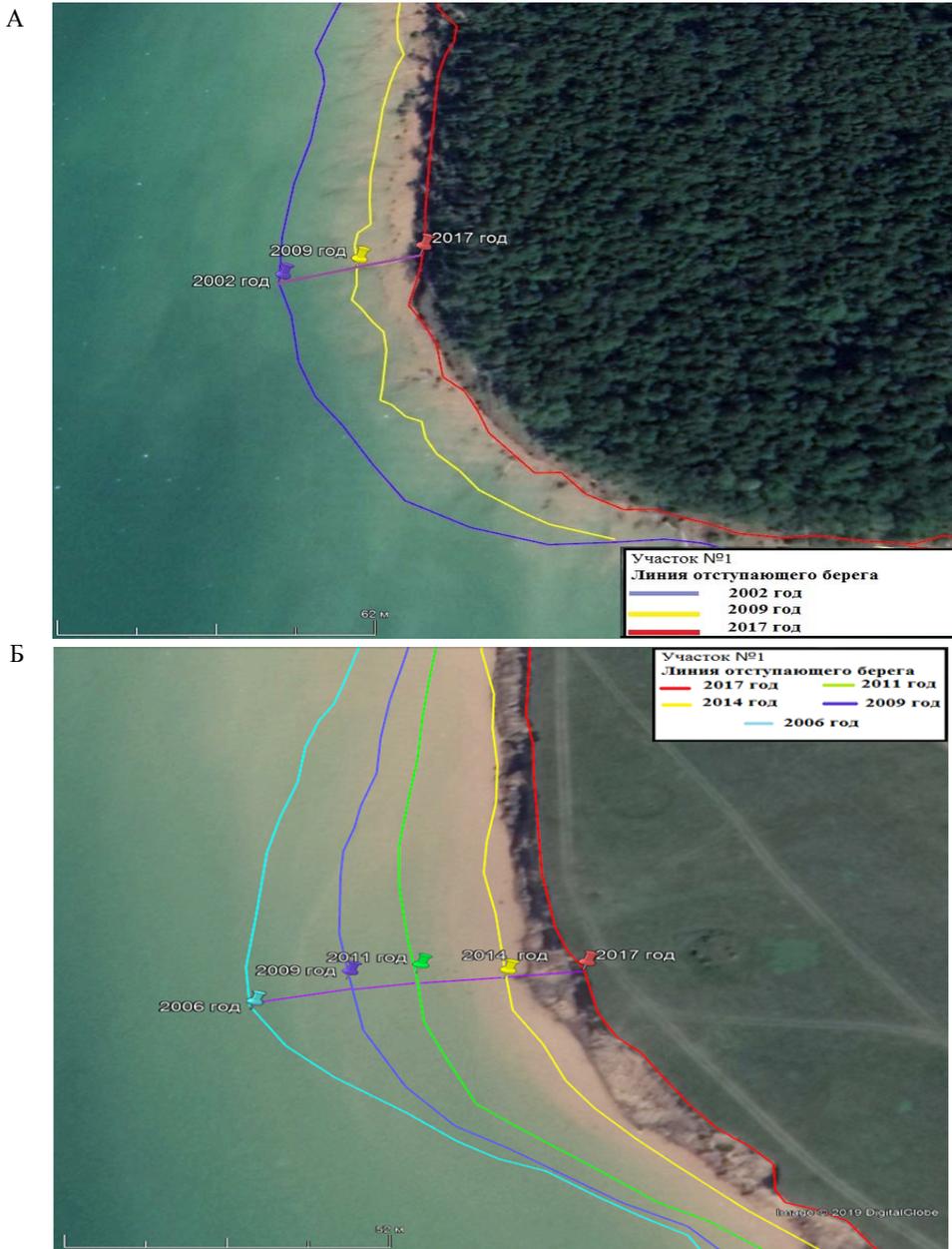


Рис. 4. Отображение динамики отступления берега в зонах активного разрушения: А) на участке СНТ «Политехник»; Б) на участке в пос. Патроны

В первый период 2002–2009 гг. (7 лет) расстояние составило 16,8 м, а в период 2009–2017 гг. (8 лет) – 15, что в совокупности дает 31,8 м отступа берега за 15 лет.

Небольшое замедление разрушений объяснить можно лишь временным снижением уровня воды в 2017 г., что способствовало снижению скорости

отступления берега. Разрушение берега на этом участке сопровождается обвалом берез с грунтом, что в дальнейшем может являться препятствием для воздействия волн на берег [Отчет о ведении ... , 2018].

На снимке в районе СНТ «Политехник» виден процесс размыва волнами обрушенного грунтового материала на дне водохранилища (см. рис. 4, А).

По пункту наблюдения в районе пос. Патроны также была составлена картосхема исследуемой территории и выявлен участок наибольшего разрушения (рис. 4, Б).

Установлено, что на протяжении всего исследуемого участка среднее значение отступления берега достигло 35 м в период 2006–2017 гг. В период с 2006–2009 гг. берег отступил на 17,4 м, а с 2009–2011 гг. – на 10,8, в период 2011–2014 гг. – на 14,4, в 2014–2017 гг. – на 13,4. Как минимум в год данный показатель составляет 4,4 м.

Таким образом, на рассмотренных участках (районы пос. Новая Разводная, СНТ «Политехник», пос. Патроны) было зафиксировано отступление полосы берега под воздействием вод Иркутского водохранилища за 15-летний период. Сводные данные представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты наблюдений за переформированием берегов
(данные ФГУ «Востсибрегионводхоз»)

Участок	Геологическое сложение	Тип берега	Годы наблюдений	Величина отступления бровки берега (max), м	Скорость отступления бровки в год (max), м
Район пос. Новая Разводная	Лессовидные суглинки и супеси четвертичного возраста	Обвально-осыпной абразионный	2002–2017	47,7	3,18
Район СНТ «Политехник»	Лессовидные суглинки и супеси четвертичного возраста	Обвально-осыпной абразионный	2002–2017	31,8	2,12
Район пос. Патроны	Лессовидные суглинки и супеси четвертичного возраста	Обвально-осыпной абразионный	2006–2017	59,6	5,41

Анализ данных таблицы показывает, что наибольшие изменения наблюдаются на участке пос. Патроны. Величина отступления бровки берега за 11 лет составила 59,6 м. Земли, претерпевающие разрушения, относятся к категории земель сельскохозяйственного использования, по [Публичная кадастровая карта], которые в соответствии с Федеральным законом «Об охране окружающей среды» должны охраняться от вредного воздействия водной и ветровой эрозии согласно ст. 13 Земельного кодекса РФ⁶. Но до настоящего времени никаких мер по защите берега не предпринималось, а это значит, что потеря земель будет продолжаться с той же скоростью, особенно увеличиваясь в годы повышения уровня воды в водохранилище.

⁶ *Земельный кодекс* Российской Федерации (с изм. и доп. на 01.01.2019) [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. URL: <http://consultant.ru> (дата обращения: 16.03.2019).

Величина отступления бровки берега в районе пос. Новая Разводная с 2006 по 2017 г. составляет 47,7 м. Земли на данном участке, по данным [Публичная кадастровая карта], относятся к землям населенных пунктов, предназначенных для дачного строительства, сельскохозяйственной деятельности и размещения объектов физической культуры и спорта. Есть вероятность, что укрепление берега на протяжении этого участка будет осуществлено при проведении капитального строительства, на примере генплана ЖК «Горизонт», где указано возведение набережной, т. е. укрепление берега [Генплан Поселка-парка ... , 2019].

Величина отступления бровки берега на участке в районе СНТ «Политехник» за рассмотренный период составляет наименьшее значение – 31,8 м. Земли здесь, по данным [Публичная кадастровая карта], относятся к землям лесного фонда. Лесной массив находится непосредственно на обрушающемся берегу, и до определенного времени корни деревьев помогают, видимо, ослаблять действие волн, но при наступлении критического момента происходит не постепенное разрушение берега, а его резкое обрушение за счет большого вывала грунта корнями деревьев.

Мероприятия по защите берега и леса здесь в настоящее время практически не ведутся.

Заключение

Разрушение берегов Иркутского водохранилища, как и других водохранилищ, происходит от разных факторов: геологических, гидроклиматических, антропогенных. Наряду с эрозионными процессами, связанными с деятельностью постоянных и временных водотоков, которые способствуют развитию линейной (овражной) и плоскостной эрозии, ведущая роль в разрушении берегов принадлежит абразии – волновой деятельности, которая усиливается на отдельных участках, обращенных в сторону преобладающих ветров. Также на разрушение берегов действует антропогенный фактор – усиление волнового воздействия от проходящих по водохранилищу транспортных средств или срезание береговой поверхности при строительстве каких-либо объектов. Существенным фактором, влияющим на эрозию берегов именно в условиях Иркутского водохранилища, оказывается еще и то, что оно является самым верхним звеном Ангаро-Енисейского гидроузла, за счет которого произошло поднятие уровня грунтовых вод в районе Иркутского водохранилища. И если не предпринимать меры по укреплению берегов, потеря земель будет продолжаться, особенно увеличиваясь в годы повышения уровня воды в водохранилище.

Список литературы

Аналитический отчет о результатах наблюдений за состоянием водных объектов в зоне деятельности ФГУ «Востсибрегионводхоз» за 2008–2009 г. / Федеральное агентство водных ресурсов ФГУ «Востсибрегионводхоз». Иркутск, 2010. 95 с.

Аналитический отчет о результатах наблюдений за состоянием водных объектов в зоне деятельности ФГУ «Востсибрегионводхоз» за 2011 г. / Федеральное агентство водных ресурсов ФГУ «Востсибрегионводхоз». Иркутск, 2012. 128 с.

Аналитический отчет о результатах наблюдений за состоянием водных объектов в зоне деятельности ФГУ «Востсибрегионводхоз» за 2013 г. / Федеральное агентство водных ресурсов ФГУ «Востсибрегионводхоз». Иркутск, 2014. 168 с.

Атлас Иркутской области: экологические условия развития. М. ; Иркутск, 2004. 37 с.

Генплан Поселка-парка «Горизонт» [Электронный ресурс]. URL: <http://gorizont-park.ru> (дата обращения: 20.03.2019).

Золотарев Г. С. Формирование берегов Ангаро-Енисейских водохранилищ. Новосибирск : Наука, 1988. 113 с.

Иркутская ГЭС : энциклопедическая справка [Электронный ресурс]. URL: <http://irkipedia.ru>.

Информационный бюллетень о ведении мониторинга водных объектов за 2017 год в зоне деятельности ФГУ «Востсибрегионводхоз». Новая Разводная, 2018.

Отчет о ведении мониторинга водных объектов за 2017 год в зоне деятельности ФГУ «Востсибрегионводхоз». Новая Разводная, 2018.

Пинегин А. В. Некоторые особенности формирования берегов Иркутского водохранилища // Материалы V конференции молодых научных сотрудников. Иркутск, 1971. С. 74–77.

Пластинин Л. А., Ступин В. П. Картографо-космический мониторинг зоны воздействия водохранилищ Ангарского каскада : монография. Иркутск : Изд-во ИРНТУ, 2018. 180 с.

Экологическое изменение геологической среды под влиянием крупных водохранилищ Сибири / В. С. Кусковский [и др.] // Сибирский экологический журнал. 2000. № 2. С. 135–148.

GoogleEarth Планета Земля [Электронный ресурс]. URL: <http://google.com> (дата обращения: 11.02.2019).

Erosion Processes on the Banks of the Irkutsk Reservoir and Their Consequences

N. G. Solpina, A. A. Cherkashina

Irkutsk State University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. The Irkutsk reservoir is part of a system of hydropower Angara-Yenisei cascade, is located in the valley of the Angara river from its source (Lake Baikal) to Irkutsk (Irkutsk HPPs). The construction of hydroelectric power stations on the river and the filling of reservoirs led to a sharp change in the hydrogeological conditions of the territory. In the coastal zone, there is an active development of erosion processes, which depend on both the geological features, hydro-climatic conditions of the territory, and anthropogenic impact. Erosion processes in the coastal zone of the Irkutsk reservoir lead to coastal erosion and land loss. Localities, agricultural lands, and woodlands fall into the zone of erosion of the reservoir's coast. At the same time, the coastal zone of the reservoir continues to be intensively developed. Not only is the area of existing settlements in the coastal zone expanding, but also the number of dacha and horticultural plots, camp sites, and hotels is increasing. In the circumstances it is necessary to identify areas with the most pronounced erosion processes and relatively stable, safe for use. During the study of the coastal territory, it was found that the maximum destruction of the coast occurs in the area of the pos. Patroni, where the value of the Bank's brow retreat over 11 years (from 2006 to 2017) was 59.6 m. The lowest values are observed in the area of the SNT Polytechnic, where the value of the Bank edge retreat over the considered period was 31.8 meters. In recent years, there has been a decrease in the rate of coastal erosion associated with a decrease in the water level in the reservoir. The study used historical, comparative geographical, field, remote, cartographic methods, data from the archive of the Federal State Institution

Vostsibregionvodkhoz, remote sensing (satellite imagery from DigitalGlobe), field materials. The article considers the factors of erosion processes on the banks of the Irkutsk reservoir and provides both quantitative and cartographic assessment of their effect on the selected three sites using remote sensing data.

Keywords: erosion processes, reservoir, abrasion, coastal line, erosion.

For citation: Solpina N.G., Cherkashina A.A. Erosion Processes on the Banks of the Irkutsk Reservoir and Their Consequences. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Earth Sciences*, 2020, vol. 33, pp. 124-136. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2020.33.124> (in Russian)

References

Analiticheskij otchet o rezultatah nabljudenij za sostojaniem vodnyh objektov v zone dejatel'nosti FGU "Vostsibregionvodhoz" za 2008–2009 gg. [Analytical report on the results of observations of water objects in the area of activities of FGU Vostsibregion vodkhoz for 2008–2009]. Irkutsk, 2010. 95 p. (in Russian)

Analiticheskij otchet o rezultatah nabljudenij zasostojaniem vodnyh objektov v zone dejatel'nosti FGU "Vostsibregionvodhoz" za 2011 g. [Analytical report on the results of observations of water objects in the area of activities of FGU Vostsibregion vodkhoz for 2011 year]. Irkutsk, 2012. 128 p. (in Russian)

Analiticheskij otchet o rezultatah nabljudenij za sostojaniem vodnyh objektov v zone dejatel'nosti FGU "Vostsibregionvodhoz" za 2013 g. [Analytical report on the results of observations of water objects in the area of activities of FGU Vostsibregion vodkhoz for 2013 year]. Irkutsk, 2014. 168 p. (in Russian)

Vorob'ev V.V. *Atlas Irkutskoj oblasti: jekologicheskie uslovijarazvitija* [Atlas of the Irkutsk region: ecological conditions of development]. Moscow, Irkutsk, 2004, 37 p. (in Russian)

Genplan Poselka-parka "Gorizont" [General Plan Of the village-Park "Horizon"]. Available at: <http://gorizont-park.ru> (data of access: 20.03.2019). (in Russian)

Zolotarev G.S. *Formirovanie beregov Angaro-Enisejskih vodohranilishh* [Formation of the banks of the Angara-Yenisei reservoirs]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1988, 113 p. (in Russian)

Irkutskaja GJeS: jenciklopedicheskaja spravka [Irkutsk hydroelectric power station: encyclopedic reference]. Available at: <http://irkipedia.ru>. (in Russian)

Informacionnyj bjulleten o vedenii monitoring vodnyh objektov za 2017 god v zone dejatel'nosti FGU "Vostsibregionvodhoz" [Information Bulletin on the monitoring of water bodies for 2017 in the area of activity of the Federal state institution "Vostsibregionvodkhoz"]. Novaja Razvodnaja, 2018. (in Russian)

Pinegin A.V. Nekotorye osobennosti formirovanij aberegov Irkutskogo vodo-hranilishha [Some features of the formation of the banks of the Irkutsk water storage]. *Materialy V konferencii molodyh nauchnyh sotrudnikov*, Irkutsk, 1971, pp. 74-77. (in Russian)

Plastinin L.A., Stupin V.P. *Kartografo-kosmicheskij monitoring zony vozdeystvija vodohranilishh Angarskogo kaskada: monografija* [Cartographic and space monitoring of the impact zone of water storage facilities of the Angara cascade: monograph]. Irkutsk, IRNITU Publ., 2018, 180 p. (in Russian)

Otchet o vedenii monitoring vodnyh objektov za 2017 god v zone dejatel'nosti FGU "Vostsibregionvodhoz" [Report on monitoring of water bodies for 2017 in the area of activity of the Federal state institution "Vostsibregionvodkhoz"]. Novaja Razvodnaja, 2018. (in Russian)

Kuskovskij V.S. et al. Jekologicheskoe izmenenie geologicheskoy sredy pod vlijaniem krupnyh vodohranilishh Sibiri [Ecological change of the geological environment under the influence of large reservoirs in Siberia]. *Sibirskij jekologicheskij zhurnal*, 2000, no. 2, pp. 135-148. (in Russian)

Google PlanetaZemlja. Available at: URL: <http://google.com> (data of access: 11.02.2019).

Солпина Нина Гавриловна

*кандидат географических наук, доцент,
кафедра географии, картографии
и геосистемных технологий
Иркутский государственный университет
664003, Россия, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
e-mail: ninacolpina@yandex.ru*

Solpina Nina Gavrilovna

*Candidate of Sciences (Geography),
Associate Professor, Department
of Geography, Cartography and Geosystem
Technology
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003,
Russian Federation
e-mail: ninacolpina@yandex.ru*

Черкашина Анастасия Александровна

*магистр
Иркутский государственный университет
664003, Россия, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
e-mail: ferrero94@mail.ru*

Cherkashina Anastasia Aleksandrovna

*Master
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003,
Russian Federation
e-mail: ferrero94@mail.ru*

Код научной специальности: 25.00.23

Дата поступления: 22.05.2020