

УДК 551.435.11

**ИЗМЕНЕНИЯ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ КРАСНОЯРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА
В РАЙОНЕ ПОСЕЛКА ПРИМОРСКОЕ**

Ю. С. Вербицкая, Г. Ю. Ямских

**CHANGES IN THE COASTAL AREA OF THE KRASNOYARSK RESERVOIR IN VICINITY
OF PRIMORSK SETTLEMENT (2008 – 2011)**

Yu. S. Verbitskaya, G. Yu. Yamskikh

В статье отражены результаты многолетних наблюдений за изменением прибрежной зоны Красноярского водохранилища в районе поселка Приморское. Описаны процессы, участвующие в переформировании береговой зоны, в зависимости от изменения уровня режима водохранилища.

The paper presents the results of observations of coastal changes in the Krasnoyarsk reservoir in vicinity of Primorsk. The authors describe the processes influencing the reformation of the water line depending on the changes in the level regime of the reservoir.

Ключевые слова: береговая абразия, береговой уступ, береговая отмель, уровень режим, оползневый процесс, Красноярское водохранилище.

Keywords: coastal abrasion, coastal bluffs, coastal shallows, level regime, landslide processes, Krasnoyarsk reservoir.

Красноярское водохранилище является одним из крупнейших водохранилищ России. Протяженность его береговой зоны составляет около 1500 км, вследствие этого его территория отличается различными инженерно-геологическими условиями и делится на районы и участки, каждый из которых имеет специфические особенности проявления геоморфологических процессов в прибрежной зоне, возникших при его заполнении и дальнейшей эксплуатации. Благодаря многолетним натурным наблюдениям на водохранилище при его заполнении и дальнейшей эксплуатации было произведено инженерно-геологическое районирование территории с выделением семи инженерно-геологических районов и 40 инженерно-геологических участков (рис. 1). Инженерно-геологические районы выделены по геолого-структурному принципу и особенностям инженерно-геологического и геоморфологического строения территорий [6].

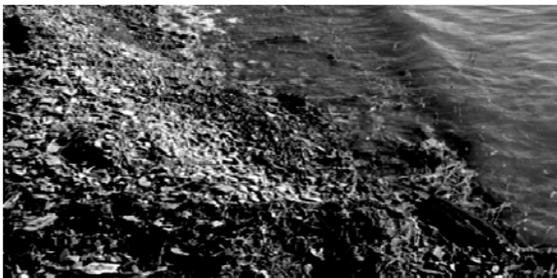
Приморский участок исследования относится к Дербинскому району, который в свою очередь приурочен к восточной окраине Чулымо-Енисейской впадины. Берега водохранилища в данном районе представлены в основном задернованными крутыми уступами высоких террас Енисея и коренными склонами, сложенными скальными породами верхнего девона, перекрытые рыхлыми четвертичными (преимущественно делювиальными) отложениями. В пределах района протяженность берегов различных типов составляет: обвально-абразионный – 22,5 км, в том числе 1 км в коренных породах; обвально-осыпной абразионный – 38,5 км, в том числе 5 км в коренных породах; обвально-глыбовый – осыпной абразионный – 13,5 км, оползнево-абразионный – 10,5 км, в том числе 1 км в скальных породах [1; 6]. У поселка Приморск на протяжении 2 км наблюдается относительно пологий террасовый склон крутизной в 5 – 6°. Также

встречаются крутые склоны – 30 – 40°, сложенные коренными породами – аргиллитами, алевролитами, туффидами комарковской свиты нижнего карбона, перекрытые делювиальным обломочно-щебнистым материалом, мощностью в несколько метров. При действии волн происходит абразионная подрезка делювиальных склонов на глубине 0,5 – 1,0 м, приводящая к оживлению делювиальных осыпей на расстоянии нескольких десятков метров. На пологих террасовых склонах переработка идет в супесях и суглинках с включением щебенчатого материала. Величина абразионных уступов достигает 4,0 м, общая протяженность – 5 км.

Наши исследования охватывали берег водохранилища, находящийся в 3 км на юго-восток от п. Приморское. На данном участке было изучено 296 м береговой зоны и заложено 5 профилей в 2008 году, 325 м и 9 профилей в 2009 году и соответственно 415 м и 9 профилей в 2011 г. В работе в виде графиков представлены 5 профилей, которые отражают динамику берега за 2008, 2009 и 2011 годы. На данном участке микрорельеф представлен чередованием сравнительно небольших гряд и ложбин, ориентированных в основном нормально к линии берега с общим увеличением абсолютных отметок в сторону берега. Склон берега заканчивается обрывом, высота которого в пределах участка колеблется от 2,5 до 13 м. На склонах берега выражены локальные осыпи и обвалы, обусловленные действием поверхностного стока и климатических факторов [4; 8].



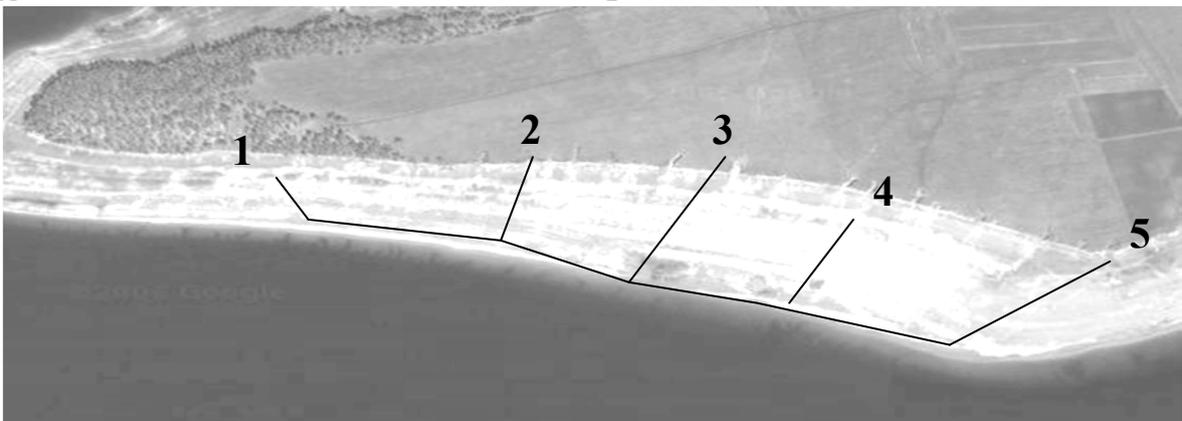
*Рис. 1. Схема инженерно-геологического районирования Красноярского водохранилища [6].
 I – Минусинский; II – Сыдо-Ербинский; III – Батеневский; IV – Новоселовский; V – Куртакский;
 VI – Дербинский; VII – Приплотинный; 1 – 18 – участки режимных наблюдений
 по перестроению берегов*



А



Б



В

*Рис. 2. Участок берега водохранилища в 3 км на юго-восток от пос. Приморское.
 А – фрагмент поверхности аккумулятивной отмели при низком уровне воды (237 – 238 м);
 Б – береговой уступ, выработанный в лессовидных отложениях;
 В – схема заложенных на изучаемом участке профилей (по космическому снимку)*

При анализе профилей, которые были заложены на участке берега водохранилища, находящегося в 3 км на юго-восток от п. Приморское (рис. 2 в), было выявлено, что в 2008 году при поднятии уровня водохранилища выше отметки 237 м (до отметок 238 – 239 м) с высотой волны, равной 1,0 м, точка обрушения волны находилась на отметках не ниже 237 – 238 м. В свою очередь, эти отметки находятся на расстоянии, которое является достаточно большим до

основания берегового уступа (100 м). Уклон отмели на данном участке: $2^\circ - 3^\circ$. Эти условия являются оптимальными для аккумуляции на данном участке и дополнительному выполаживанию отмели, уменьшению ее уклона. При таких условиях волны, высотой 2,0 м, проходят пляж до основания уступа, и точка обрушения волны, находясь на расстоянии от 67 – 98 м от берегового уступа, не вызовет активного разрушения клифа (рис. 3 – 7) [10].

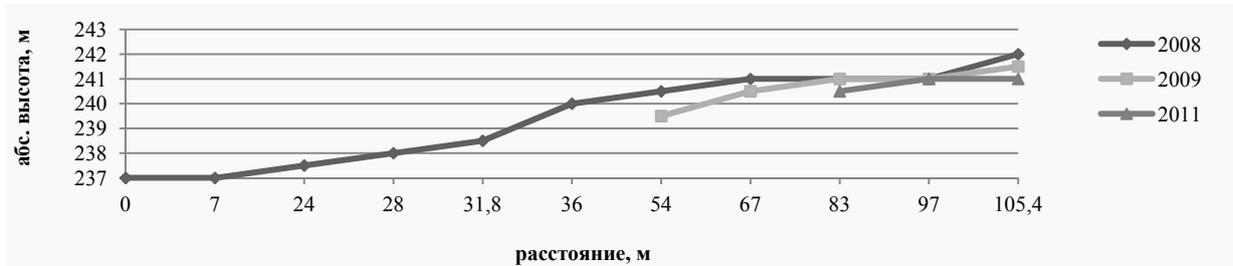


Рис. 3. Профиль № 1 берега на участке в 3 км на юго-восток от пос. Приморское

В 2008 году на исследуемом участке в районе заложения профиля № 1, непосредственно у уреза воды, сформировался береговой вал высотой 50 см (рис. 3). При анализе профиля № 1 нами установлено, что на расстоянии 54 м от основания уступа отмель меняет свой уклон в сторону увеличения. Аналогичное строение отмель имеет на участке, отображенном на профиле № 2 (рис. 4), но в отличие от участка, где был

заложен профиль № 1, здесь наиболее четко выражено ее ступенчатое строение. На участке отмели, где заложен профиль № 3, на расстоянии 38,5 м от уреза воды образовался береговой вал, высота которого – 40 см (рис. 5). Формы микрорельефа, сформировавшиеся в районе исследований береговой зоны свидетельствуют о переотложении отложений береговой отмели в условиях низкого уровня режима.

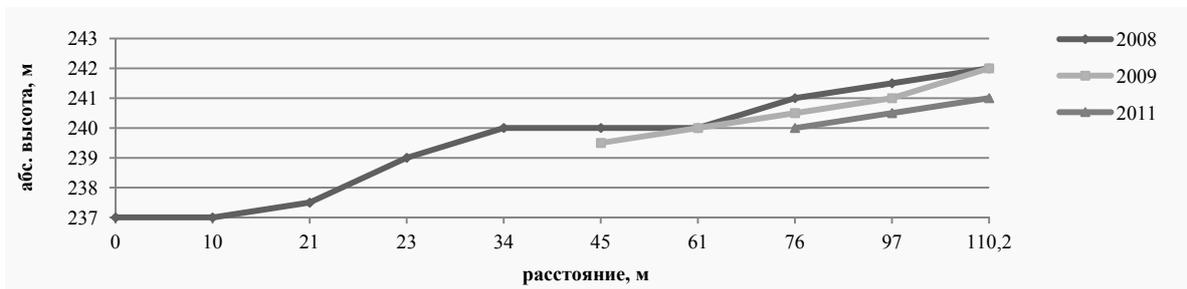


Рис. 4. Профиль № 2 берега на участке в 3 км на юго-восток от пос. Приморское

Участок исследования находится в районе, где преобладают юго-западные ветры (30 % повторяемости). Они же являются и наиболее сильными – 55 % от всех штормовых случаев. Разгон волн по этому направлению составляет 14 км, по другим активным румбам – 5 – 7 км. При юго-западном ветре со скоростями 10 – 15 м/с на внешней границе береговой зоны (на судовом ходе) в районе участка высота волн достигает 1 – 1,5 м [3; 6]. Однако эти наиболее мощные волны ориентированы к береговой линии под значи-

тельным углом. Угол между нормалью к фронту волны и перпендикуляром к береговой линии (угол подхода волн) составляет для юго-западного румба 60° [5; 9]. Данный ветро-волновой режим в сочетании с низким уровнем водохранилища способствуют вдольбереговым перемещениям материала, слагающего отмель. Они же в свою очередь способствует аккумуляции рыхлого материала и образованию береговых валов.

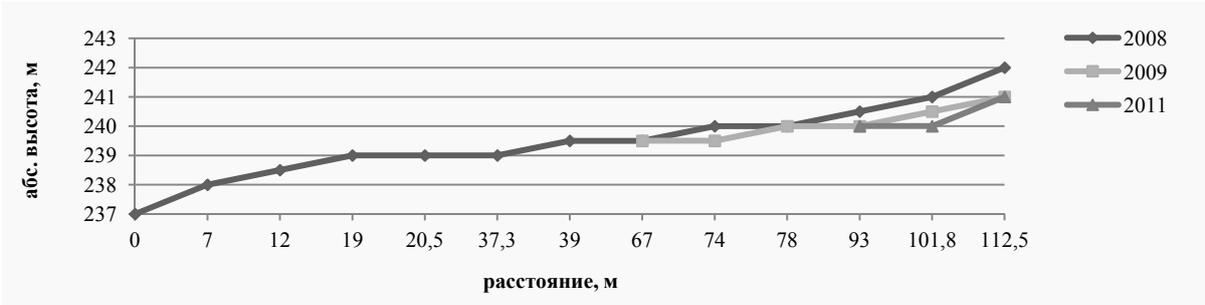


Рис. 5. Профиль № 3 берега на участке в 3 км на юго-восток от пос. Приморское

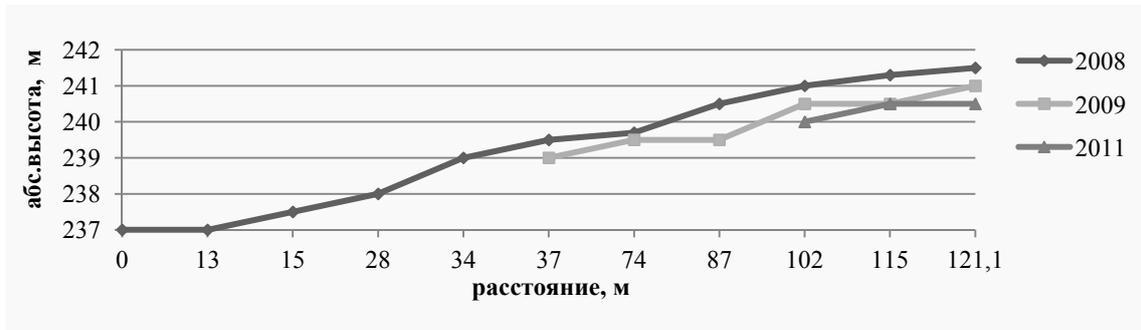


Рис. 6. Профиль № 4 берега на участке в 3 км на юго-восток от пос. Приморское

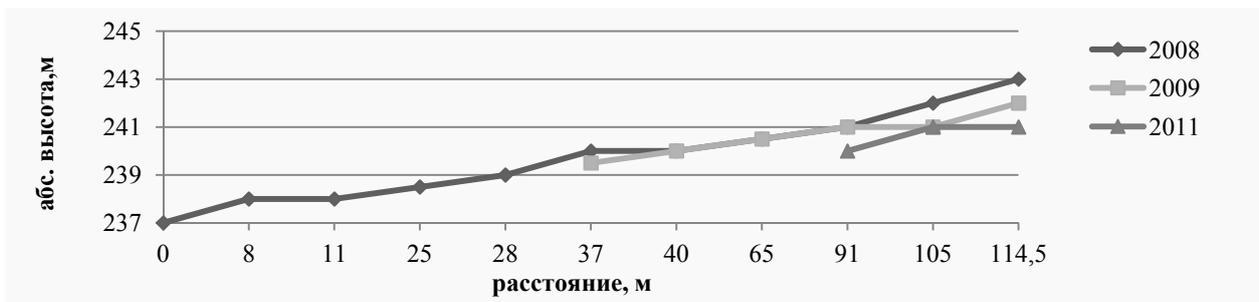


Рис. 7. Профиль № 5 берега на участке в 3 км на юго-восток от пос. Приморское

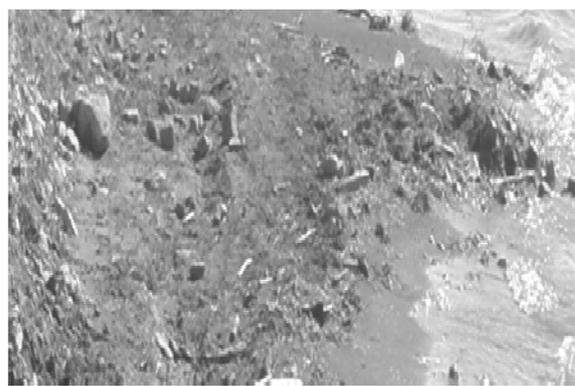
На участке берега (в районе заложения профиля № 5) было установлено, что в его строении, так же как и в строении других участков, присутствует береговой вал. Он сформировался на расстоянии 77,5 м от уреза воды и на высоте 240 м, имеет ширину 12 м и высоту 0,5 м. Уклон отмели после берегового вала меняется незначительно. Нашими исследованиями подтверждено, что формирование береговых валов на отметках высот 239 – 240 м происходило при более высоком уровне водохранилища (рис. 7).

При анализе профилей, которые были заложены в 2009 году, установлено, что на всем протяжении данного пляжа произошло уменьшение его ширины (таблица). На всех участках заложения профилей в береговой зоне произошло вымывание материала. Так, в районе заложения профиля № 1 наивысшая отметка опустилась на 50 см (рис. 3) Кроме этого, на расстоянии 24 м от берегового уступа произошел активный вынос материала и изменение уклона отмели на 2°. В

береговой зоне профиля № 2 произошло сглаживание одной из его ступеней, что также связано с выносом части материала (рис. 4). Установлено отступление отмели с изменением её уклона и сохранением ступенчатых форм на участке заложения профиля № 3 (рис. 5). При анализе береговой зоны в районе построения профиля № 5 произошло перемещение рыхлого материала берегового вала и его размыв, при этом на отметке 25 м от основания клифа отмечается выравнивание «ложбинки» между береговым валом и последующим участком с более резким уклоном за счет заполнения его материалом при размыве отмели. Одновременно фиксируется, что от берегового уступа до отметки равной 11 м уменьшился уклон, но при этом общий уклон на данном участке изменился мало. По материалам исследований 2011 год было выявлено, что на данном участке происходил размыв береговой отмели и ее выполаживание (рис. 3 – 7).



А



Б



В

Рис. 8. Прибрежная зона участка берега Красноярского водохранилища в 3 км на юго-восток от пос. Приморское. А – вторичный абразионный береговой уступ, выработанный при более высоком уровне воды (244 – 245 м), 2009 г. Б, В – береговая отмель, обнажившаяся при понижении уровня воды в 2011 г.

Таблица

Результаты одновременных полевых измерений и расчетов, полученных при исследовании береговой отмели на участке в 3 км на юго-восток от пос. Приморское

№ профиля	Дата измерений	Ширина отмели, м	Угол наклона отмели, в градусах
1	23.07.2008	105,4	2°42'
	14.08.2009	31,8	4°30'
	16.08.2011	28	4°07'
2	23.07.2008	110,2	2°36'
	14.08.2009	34	4°12'
	16.08.2011	31,5	4°52'
3	23.07.2008	112,5	2°33'
	14.08.2009	37,3	4°36'
	16.08.2011	33	4°35'
4	23.07.2008	121,1	2°09'
	14.08.2009	33,9	3°24'
	16.08.2011	32	3°81'
5	23.07.2008	114,5	3°12'
	14.08.2009	37	3°54'
	16.08.2011	35	4°15'

Выводы

1. Установлено, что процессы абразии на участке берега Красноярского водохранилища в 3 км на юго-восток от пос. Приморское возможны при повторяющихся и длительных подъёмах уровня от отметок НПУ (нормальный подпорный уровень, 243 м) и выше в сочетании с продолжительными штормами.

2. Учитывая то, что в последние годы уровень водохранилища редко поднимается до уровня НПУ, на данном участке в ближайшие годы будет происходить переформирование береговой отмели и стабилизация берегового уступа.

Литература

1. Водохранилище Сибири. Ангаро-Енисейский бассейн / отв. ред. А. В. Петренко, Красноярск, 1987. 280 с.
2. Вышегородцев А. А., Космаков И. В., Ануфриева Т. Н., Кузнецова О. А. Красноярское водохранилище. Новосибирск: Наука, 2005. 212 с.
3. Кусковский В. С., Подлипский Ю. И., Савкин В. М., Широков В. М. Формирование берегов Красноярского водохранилища. Новосибирск: Наука, 1974. 234 с.
4. Кусковский В. С. Закономерности изменения геологической среды в береговой зоне глубоководных водохранилищ Алтае-Саянской области: дис. ... д-ра геогр. наук. Новосибирск: Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения РАН, 1995.
5. Космаков И. В., Петров М. В., Андреева Т. Г. Некоторые особенности гидрологического режима Красноярского водохранилища в период нормальной эксплуатации // Биологические процессы и самоочищение Красноярского водохранилища. Красноярск, 1980. С. 5 – 22.
6. Подлипский Ю. И., Широков В. М. Гидрологический режим и формирование берегов Красноярского водохранилища в 1967 – 1970 гг. // Биологические исследования Красноярского водохранилища. Новосибирск: Наука, 1975. С. 4 – 35.
7. Савкин В. М. Эколого-географические изменения в бассейнах рек Западной Сибири. Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 2000. 152 с.
8. Хабидов А. Ш., Жиндарев Л. А., Кусковский В. С. Геоморфология береговой зоны и побережий крупных водохранилищ Сибири. Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 2001. 119 с.
9. Хабидов А. Ш., Жиндарев Л. А., Хейнс Д. М. Береговая зона озер, морей и водохранилищ. Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 2001. 229 с.
10. Хабидов А. Ш., Леонтьев И. О., Марусин К. В. Управление состоянием берегов водохранилищ. Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 2009. 236 с.

Информация об авторах:

Вербицкая Юлия Сергеевна – аспирант Сибирского Федерального университета, г. Красноярск.

Yliya S. Verbitskaya – post-graduate student at Siberian Federal University.

(Научный руководитель – Г. Ю. Ямских).

Ямских Галина Юрьевна – доктор географических наук, профессор, зав. кафедрой географии Сибирского Федерального университета, г. Красноярск.

Galina Yu. Yamskikh – Doctor of Geography, Professor, Head of the Department of Geography, Siberian Federal University.

Статья поступила в редколлегию 17.12.2014 г.