

УДК 551.4.042

## ХАРАКТЕРИСТИКА БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ ЧЕБОКСАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В ПРЕДЕЛАХ ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКИ: ТИПОЛОГИЯ БЕРЕГОВ, ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ

<sup>1</sup>Ильин В.Н., <sup>2</sup>Беспалова Л.А., <sup>1</sup>Никонорова И.В., <sup>3,2</sup>Сушко К.С.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», Чебоксары, e-mail: suvar2009@yandex.ru;

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону, e-mail: bespalowaliudmila@yandex.ru;

<sup>3</sup>Институт аридных зон Южного научного центра РАН, Ростов-на-Дону, e-mail: kirrkka@yandex.ru

Исследование посвящено изучению современного состояния береговой зоны Чебоксарского водохранилища в пределах Чувашской Республики. Целью работы является типизация берегов и оценка устойчивости береговой линии. Представлена сводная таблица по изменению береговой линии, составленная на основе сети реперов. Проанализированы темпы современного формирования береговой линии. В работе приведена типология берегов водохранилища. Описаны наиболее активные береговые процессы, в том числе абразия, оползни, осыпи, обвалы, подтопление. Также указаны причины, негативно сказывающиеся на современном геоэкологическом состоянии водохранилища. Создана карта типов берегов Чебоксарского водохранилища, включающая абразионно-оползневой, абразионно-осыпной, защищенный, эрозионный, подтопленный, абразионно-аккумулятивный и аккумулятивный типы берегов, местоположение активных оползней. На основе полученных данных вычислена комплексная геоморфологическая устойчивость береговой зоны. Выявлены территории, отличающиеся низкой и средней устойчивостью.

**Ключевые слова:** береговые процессы, типизация берегов, интенсивность абразии, устойчивость береговой зоны

## CHARACTERISTICS OF THE CHEBOKSARY RESERVOIR COAST IN THE CHUVASH REPUBLIC: TYPES OF COASTS, ASSESSMENT OF STABILITY

<sup>1</sup>Ilin V.N., <sup>2</sup>Bespalova L.A., <sup>1</sup>Nikonorova I.V., <sup>3,2</sup>Sushko K.S.

<sup>1</sup>Chuvash State University named after I.N. Ulyanov, Cheboksary, e-mail: suvar2009@yandex.ru;

<sup>2</sup>Southern Federal University, Rostov-on-Don, e-mail: bespalowaliudmila@yandex.ru;

<sup>3</sup>Institute of Arid Zones, Southern Scientific Center of Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, e-mail: kirrkka@yandex.ru

The study investigates the current state of the coastal zone of the Cheboksary reservoir within the Chuvash Republic. The aim is typing banks and the stability of the shoreline assessment. It presents a summary table to change the coastline, compiled on the basis of network frames. We analyzed the rate of formation of the modern shoreline. The paper shows the typology of the reservoir banks. We describe the most active coastal processes, including abrasion, landslides, scree, avalanches, flooding. Also state the reasons, adversely affecting the modern geoecological state of the reservoir. Create a map of the coast of Cheboksary reservoir types, including abrasion-landslide, abrasion-talus protected, erosion, flooding, abrasion-accumulative and accumulative types of beaches, the location of active landslides. On the basis of the data calculated complex geomorphological coastal resilience. Identified areas characterized by low to medium resistance.

**Keywords:** coastal processes, typing coasts, the intensity of abrasion, the stability of the coastal zone

Создание плотины Чебоксарской ГЭС и заполнение Чебоксарского водохранилища в 1980–1982 гг. привели к активации широкого спектра береговых процессов. Наиболее распространенными видами на данной территории являются береговая абразия, оползневые процессы, образование осыпей и обвалов, заболачивание и иные. Заполнение водохранилища изменило гидрогеологическое состояние берегов Волги, снизилась устойчивость правобережий.

Наиболее опасным для правобережья с точки зрения интенсивности формирования является образование новых и ак-

тивизация старых оползней. Ежегодно на правом берегу Чебоксарского водохранилища (в пределах Чувашской Республики) регистрируется образование от 2 до 6 новых участков оползневых подвижек. Можно выделить две главные причины образования оползней:

1) абразионный размыв подошвы оползней, выходящих на береговую линию;

2) нерациональное хозяйственное освоение территории береговой зоны.

Абразионный размыв приурочен к береговым участкам, не защищенным бетонным контрбанкетом. Активизация древних

оползней наблюдается и на участках, обеспеченных берегоукрепляющими сооружениями. Их генезис также может быть различным: строительство капитальных сооружений на склоне и в приобводочной полосе, погодные аномалии, подрезка склонов, вырубка деревьев (рис. 1). Отдельно следует отметить засорение водоотводных труб контрбанкетов.

Засоренные трубы не справляются с объемом поступающих к бетонным контрбанкетам ливневых или талых вод. Вода, не имея возможности разгрузки, поглощается водовмещаемыми породами склона правого берега. Это может привести к увеличению массы оползневых тел или формированию поверхности скольжения тела оползня. Быстрое развитие оползневых процессов и захват ими значительных объемов пород могут привести к возникновению чрезвычайных ситуаций, причинению значительного материального ущерба или человеческим жертвам. В первую очередь это касается береговой зоны в черте г. Чебоксары, населенных пунктов на берегу Волги в Чебоксарском и Моргаушском административных районах.

Правобережье Чебоксарского водохранилища выделяется широким развитием эрозионных процессов. Густота овражно-балочной сети достигает  $2 \text{ км}/\text{км}^2$ . Скорость развития оврагов составляет до  $10 \text{ м}$  в год. Активно развивающиеся овраги характерны как для береговой зоны, защищенной контрбанкетом, так и для незащищенной зоны. Развитие эрозионных процессов не носит «лавиного» характера. Поэтому возникновение чрезвычайных ситуаций эрозионного генезиса маловероятно.

К основным экзогенным геологическим процессам, негативно сказывающимся на геоэкологической обстановке левобережья Чебоксарского водохранилища можно отнести

абразию, формирование осыпей, подтопление территории и образование мелководий.

Величина абразионного отступления береговой линии на некоторых участках сопоставима с правым берегом, достигая  $1 \text{ м}$  в год. К сожалению, не все населенные пункты, расположенные на левом берегу водохранилища, обеспечены контрбанкетами. Общая площадь береговой линии населенных пунктов Заволжья составляет около  $2500 \text{ м}$ . Из них  $600 \text{ м}$  не защищены дамбами и контрбанкетами, что оставляет возможность их размыва абразией [1].

Заполнение чаши Чебоксарского водохранилища до  $63 \text{ м}$  привело к поднятию уровня грунтовых вод значительных участков левобережья. Это резко ухудшило геоэкологическую ситуацию прибрежных территорий. Общая площадь подтопленных земель составляет около  $30 \text{ км}^2$ , из их  $3,15 \text{ км}^2$  приходится на поселки Октябрьский и Сосновка.

Установление уровня воды в водохранилище на отметке  $63 \text{ м}$  привело к формированию значительной площади мелководий, приуроченных к левому берегу. Площадь мелководий достигает  $40\%$  от общей площади водохранилища. Данные участки отличаются гидродинамическим режимом. Средняя температура выделенных участков в летнее время гораздо выше средней температуры по водохранилищу, что приводит к «цветению» воды.

По данным [4], на начальном этапе заполнения с августа 1983 по октябрь 1984 г. велись наблюдения за абразией берегов Чебоксарского водохранилища на створах у п. Чандрово, Сосновки, д. Цыганкасы. Они показали, что в надводной части берегового профиля идет интенсивный размыв. Размыв у п. Чандрово составил  $45,1 \text{ м}^3$  с  $1 \text{ м}$  погонной длины берега, у д. Цыганкасы –  $16,0 \text{ м}^3$ . У п. Сосновка левый берег отступил на  $2,5 \text{ м}$ ,

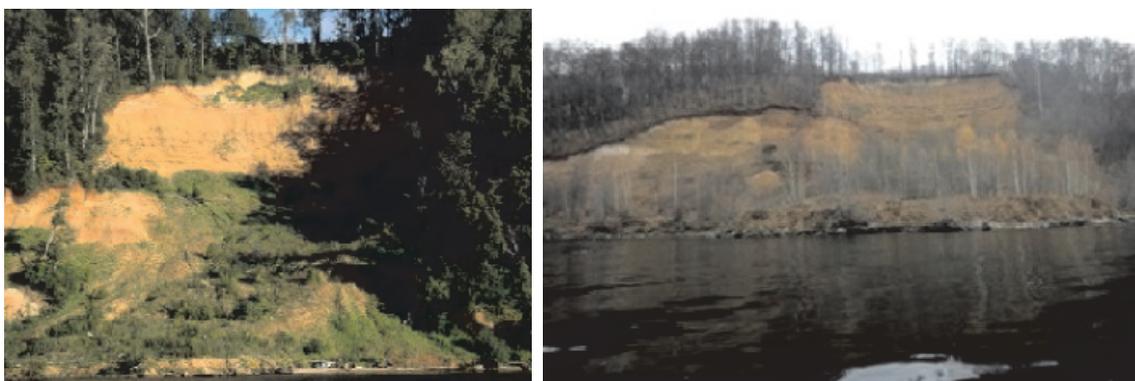


Рис. 1. Образование оползня на правом берегу водохранилища (2010, 2016 гг.)

что соответствует размыву в  $7,5 \text{ м}^3$  с 1 погонного метра. С 1993 по 2000 гг. продолжили изучение береговых процессов Е.И. Арчиков, И.В. Никонорова [4]. С 2000 по 2002 гг. наблюдения вел С.С. Максимов [3]. Наблюдения за развитием абразионно-обвальнополозневых процессов в районе географической станции ЧГУ (Шомиково) с 1993 г. и по настоящее время ведет Н.Ф. Петров [5].

Наибольшая скорость отступления по всем пунктам отмечалась в самые первые годы эксплуатации водохранилища. Абразионная деятельность продолжается и в настоящее время, но с гораздо меньшей эффективностью. На участке д. Цыганкасы абразия приостановлена благодаря сооружению бетонного контрбанкета. Высокая скорость абразии у п. Сосновка в последующие годы стала снижаться из-за сформировавшейся песчаной отмели.

В 1993 г. скорость отступления бровки правого берега Чебоксарского водохранилища на разных участках колебалась от 0,7 до 3,2 м. По левому берегу эта цифра изменялась от 0,4 до 2,7 м. Фактическое суммарное отступление бровки правого берега за годы эксплуатации достигло 6–38 м. Максимальное отступление берегов (39 м) отмечено у дома отдыха «Ильинский» на участке оживления древних оползней. Средняя скорость размыва правого берега с 1982 по 1997 г. составила 0,2–4 м/год. У п. Октябрьский песчаная терраса была размывта на 36 м [4]. Средняя скорость размыва левого берега за годы эксплуатации колебалась от 0,1 до 2,5 м/год (табл. 1).

Из табл. 1 видно, что величина отступления берегов имеет затухающий характер. Через определенный промежуток времени выработается профиль динамического равновесия и величина размыва берегов водохранилища будет близка к нулю.

На основе анализа преобладающих береговых процессов и определяющих их условий нами была составлена карта типов берегов Чебоксарского водохранилища

(в пределах Чувашской Республики). Берега Чебоксарского водохранилища резко асимметричны: правобережный склон долины высокий и крутой, левый склон долины состоит из поймы и трех надпойменных террас, сложенных аллювиальными, преимущественно песчаными отложениями. Это привело к тому, что на левом и правом берегах распространены различные типы берегов. В пределах Чувашии для Чебоксарского водохранилища характерно преобладание абразионно-оползневых типов на правобережье и абразионно-осыпных на левом берегу (рис. 2).

Общая протяженность береговой линии Чебоксарского водохранилища составляет 130,5 км. Из них максимальную протяженность имеет абразионно-осыпной тип берега – 64,9 км (49,7% от общей протяженности береговой линии). Это связано с высокой расчлененностью береговой линии левобережья. Второе место по величине линейной протяженности занимает абразионно-оползневой тип – 40 км (30,7%). На долю остальных типов берегов приходится незначительные доли: укрепленный тип – 17,4 км (13%), эрозионный тип – 5,6 (4,3%), абразионно-аккумулятивный и аккумулятивный – 2,6 км (2%). Абразионно-аккумулятивный и аккумулятивный типы берега нами отмечены на незначительных участках левобережья у пос. Сосновка и Октябрьский. Данные типы берегов характерны для многочисленных островов и островков акватории водохранилища. Общая протяженность абразионно-аккумулятивной и аккумулятивной береговых линий островов достигает 220 км. Подтопленный тип берегов характерен для левого берега. Его общая протяженность составляет около 45 км.

Типизация берегов водохранилища и анализ их современного состояния позволил провести оценку геоморфологической безопасности изучаемой территории. Для этого была применена дополненная авторами

**Таблица 1**

Отступление берега Чебоксарского водохранилища

Пункт наблюдения	Скорость размыва, м/г							средняя
	1984	1993	1995	1997	2002	2013	2016	
П. Сосновка	2,5	0,9	0,5	0,2	–	0,1	0,0	0,7
Лагерь «Буревестник»	2,5	0,8	0,5	0,3	–	–	–	1,0
П. Октябрьский	–	1,0	0,9	0,9	0,2	0,5	0,3	0,72
П. Васильевка	0,4	0,2	0,3	0,4	–	0,2	0,2	0,28
П. Сюктерка	–	0,7	0,8	0,9	0,3	0,6	1,2	0,84
Д/о «Ильинский»	–	1,2	0,9	0,4	0,3	0,3	–	0,58
С. Шомиково	–	1,3	0,9	1,0	0,2	0,2	0,2	0,65

методика С.И. Большова и др. [2]. Определение комплексной геоморфологической безопасности береговой зоны Чебоксарского водохранилища включало анализ

геологического строения, расчлененности рельефа, ландшафтной дифференциации, наличия активных береговых процессов и т.д. (табл. 2).



Рис. 2. Типы берегов Чебоксарского водохранилища

Таблица 2  
Коэффициенты комплексной геоморфологической безопасности береговой зоны  
(доработано авторами по [2])

Учитываемый показатель	Диапазоны изменения показателя	Балл	Весовой коэффициент
1	2	3	4
Средняя абсолютная высота местности	0–200 м	4	1
	200–500 м	3	
	500–2500 м; –25 м; –0 м	2	
	Более 2500 м, менее –25 м	1	
Средняя глубина эрозионного расчленения (средняя глубина вреза речных долин)	0–50 м	4	0,8
	50–500 м	3	
	500–1000 м	2	
	Более 1000 м	1	
Наличие активных береговых процессов	отсутствуют	4	1
	Один	3	
	Два–три	2	
	4 и более	1	

Окончание табл. 2

1	2	3	4
Литологический состав горных пород, залегающих с поверхности	Коренные магматические и метаморфические слабоветрелые породы	4	0,8
	Коренные осадочные некарбонатные	3	
	Породы слабо и средневетрелые		
	Рыхлые обломочные осадочные породы, сильноветрелые магматические, метаморфические и осадочные некарбонатные породы	2	
	Рыхлые глинистые породы, карбонатные осадочные породы, органогенные породы	1	
Среднегодовое количество атмосферных осадков	Менее 200 мм/год	4	0,7
	200–500 мм/год	3	
	500–1000 мм/год	2	
	Более 1000 мм/год	1	
Наличие древних эрозионных элементов	Отсутствуют	4	1
	Неактивные	3	
	Предрасположенные к активизации	2	
	Активизировавшиеся	1	
Характер прилегающего растительного покрова	Древесная растительность	4	0,7
	Луговая растительность	3	
	Сельскохозяйственные угодья	2	
	Ландшафты селитебной зоны	1	

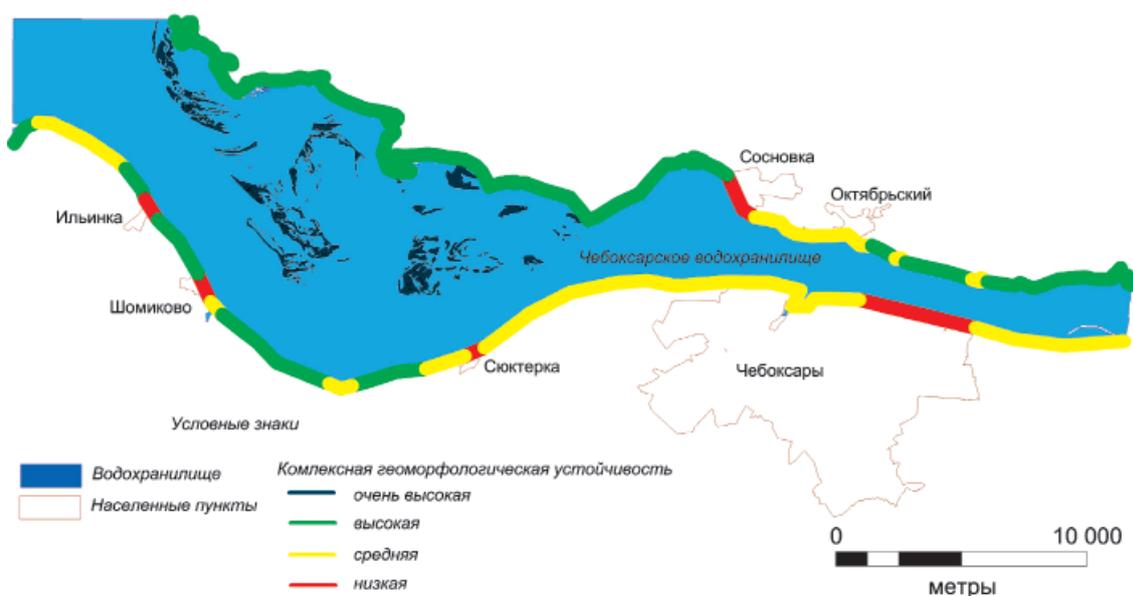


Рис. 3. Комплексная геоморфологическая устойчивость береговой зоны Чебоксарского водохранилища в пределах Чувашии

Вычисление коэффициентов геоморфологической безопасности территории показало, что абразионно-оползневой тип берега характеризуется показателями от 15,2 до 17,3 и относятся к группам с низкой и средней устойчивостью; эрозионный тип берега – 17,4; защищенный – 17,2–18,8; абразионно-осыпной тип – 15,8–17,3; абразионно-аккумулятивный и аккумулятивный – 17,9–19,8 (рис. 2).

Всего было выделено четыре группы по суммарному коэффициенту комплексной устойчивости береговой зоны (рис. 3):

очень высокая: больше 19,0;

высокая: 17,5–19,0;

средняя: 16,0–17,5;

низкая – менее 16,0.

Таким образом, на правобережье Чебоксарского водохранилища преобладают средние значения комплексной геоморфологической безопасности. На левом берегу преобладают высокий и средний показатели устойчивости. Очень высокая комплексная геоморфологическая устойчивость характерна для многочисленных островов в акватории водохранилища. Решающее влияние на показатели устойчивости имеют такие факторы, как геологическое строение, интенсивность совре-

менных геоморфологических процессов и ландшафтная дифференциация.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ, проект № 16-35-50154; внутреннего гранта ЮФУ №213.01-07-2014/14 ПЧВГ.*

#### Список литературы

1. Беспалова Л.А., Ильин В.Н., Сушко К.С. Некоторые склоновые и береговые процессы правобережья Чебоксарского водохранилища в пределах Чувашской Республики // Экология. Экономика. Информатика: материалы III Всероссийской конференции. 11–17 сентября 2016 г. – Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального университета, 2016. – С. 67–72.

2. Большов С.И., Бредихин А.В., Еременко Е.А. Подходы к оценке геоморфологической безопасности территории // Современная геоморфология. – М.: Кодекс, 2015. – № 140. – С. 29–55.

3. Максимов С.С. Современные экзогенные процессы на территории Чувашской Республики: монография. – Чебоксары: Новое время, 2011. – 134 с.

4. Никонорова И.В., Арчиков Е.И. Геолого-географические особенности формирования Чувашского участка Чебоксарского и Куйбышевского водохранилищ. – Чебоксары: Изд-во Чувашского университета, 2000. – 104 с.

5. Петров Н.Ф. и др. Исследования оползней Чебоксарского и Мариинско-Посадского правобережья долины Волги, развивающихся в породах татарского яруса пермской системы // Вестник Чувашского университета. – Чебоксары: Изд-во Чувашского университета, 2013. – № 3. – С. 132–138.