

# ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ, ГЕОМОРФОЛОГИЯ

УДК 556.557

И.В. Фролова, А.С. Смолкин

## ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА В НИЖНЕМ БЬЕФЕ КАМСКОЙ ГЭС (ПРАВОБЕРЕЖНАЯ ЧАСТЬ г. ПЕРМИ)

I.V. FROLOVA, A.S. SMOLKIN

GEODYNAMICS IN LOWER POOL OF THE KAMA HYDROELECTRIC POWER STATION (RIGHT BANK OF KAMA RIVER IN PERM)

Пермский государственный университет, 614990 г. Пермь, ул. Букирева, 15, e-mail: [frolova@psu.ru](mailto:frolova@psu.ru)

Рассматриваются особенности переформирования береговой зоны нижнего бьефа Камского гидроузла в черте г. Перми. Приведена дифференциация ключевого участка берега по типу переформирования.

К л ю ч е в ы е с л о в а: нижний бьеф; Камская ГЭС; Воткинское водохранилище; береговая зона; геодинамические процессы; тип переформирования берега.

К e y w o r d s: lower pool; the Kama hydroelectric power station; Votkinskoe reservoir; coastal zone; geodynamical processes; the type of coast of rearrangement.

Проблемой, требующей решения при осуществлении различных видов практической деятельности в береговой зоне нижних бьефов водохранилищ, является слабая изученность геодинамических процессов. Поскольку нижние бьефы, как правило, располагаются в пределах крупных населенных пунктов, от их безопасного функционирования во многом зависит устойчивое развитие самих поселений (городов).

Нижний бьеф Камского (Пермского) гидроузла имеет протяженность более 140 км. Являясь подпертым, он по своему местоположению (участок от г. Перми до п. Усть-Нытва) фактически соответствует верхнему (первому) гидрологическому району Воткинского водохранилища [1] и представляет собой зону выклинивания постоянного подпора. В целом этот участок водоема характеризуется высокой гидродинамической активностью. Здесь отмечаются наибольшие среднемесячные скорости течения (0,25– 0,32 м/с). Средние глубины в пределах нижнего бьефа при нормальном подпорном уровне (НПУ) составляют 4,0–6,0 м, максимальные – 10,0–13,0 м.

Наполнение Воткинского водохранилища до отметки НПУ (89,0 м) обычно происходит в конце мая – начале июня. В районе Перми уровень водной поверхности при холостом сбросе воды через Камскую ГЭС может подниматься до 94,5 м. Навигационная сработка в нижнем бьефе колеблется в пределах 1,3–7,0 м, зимняя – 2,0–3,6 м, по году она обычно составляет около 5,0–7,0 м.

Максимальная высота подпора в черте города составляет более 3 м. В результате увеличения прибрежных глубин и ширины акватории (до 900 м) в нижнем бьефе довольно активно проявляется ветроволновая абразия. При попусках через Камский гидроузел определенный вклад в переформирование берегов вносит русловая (боковая) эрозия, хотя основные места, где динамическая ось потока прижимается к берегу, сегодня защищены капитальными берегозащитными сооружениями (левобережье г. Перми). Совместные воздействия абразии и эрозии на берега привели не только к поддержанию довольно высоких скоростей их размыва (до 2,5 м/год), но и к постоянному расширению фронта экзодинамического воздействия на береговую линию нижнего бьефа. В результате увеличения прибрежных глубин и ширины водоема развитие получила абразия, которая, взаимодействуя с боковой эрозией, привела к усилению переработки берега за счет увеличения скорости и интенсивности размыва берегового уступа. Около 65 км берега (70% всей длины городского побережья) в настоящее время подвергаются воздействию геодинамических процессов [2; 3].

Особенности протекания русловых процессов на р. Каме в пределах г. Перми и геолого-геоморфологические условия в целом благоприятны как для развития эрозии, так и для аккумуляции. Речная эрозия представлена практически на всем протяжении городских берегов (большой частью у правого берега). К интенсивному разрушению берегов приводят резкие колебания уровня воды в

реке, связанные с периодической сработкой водохранилища. Особенно интенсивно эрозия протекает на неукрепленных участках правого берега.

Левобережье города практически на всем протяжении имеет берегозащитные сооружения пассивного типа. Наиболее распространены бетонные набережные, которые располагаются практически повсеместно, их общая протяженность составляет более 14 км, присутствуют также участки с бетонными причальными стенками (порт Пермь, мелькомбинат и др.). Менее распространены участки с каменной наброской и участки берега, защищенные отходами строительства.

В качестве полигона для наблюдений за геодинамическими процессами (ГП) в черте города был выбран участок на правом берегу – от плотины ГЭС до автомобильного моста. Данный участок берега интересен во многих отношениях: близость селитебных территорий к активной зоне переформирования берегов, развитие абразионных и эрозионных процессов, формирование прибрежных отмелей и пр. – с одной стороны, с другой – это перспективная территория для городской застройки.

Наблюдения за развитием геодинамической обстановки с фиксацией проявлений берегоформирующих процессов начались в апреле 2007 г. (после этого проводятся регулярно два раза в год – весной и осенью). В апреле 2008 г. были заложены опорные участки и проведена первая инструментальная съемка профиля берега по створам. За период с апреля по ноябрь отступление бровки на 2 из 17 опорных участков составило 0,50 м и 0,86 м. На остальных участках изменение местоположения бровки берега не зафиксировано или было минимальным – не превышающим 4–5 см, что находится в пределах допустимой ошибки при измерениях данного вида.

Местоположение опорных участков основывалось на выборе достаточно типичных береговых геосистем. Участки наблюдательной сети выбирались по принципу их принадлежности к элементарному участку берега (ЭУБ) с активными геодинамическими процессами, располагающимися в границах (берега) одного типа переформирования. При организации опорных участков к ним предъявлялись следующие требования: 1) однородность геолого-геоморфологических условий; 2) достаточно высокая средняя активность процессов; 3) четко фиксируемые проявления их развития; 4) типичность по механизму и генетическим особенностям процесса в целом по участку берега соответствующего типа [4].

Исследования на объектах были направлены на изучение кинематики и активности процессов переформирования берегов путем фиксирования местоположения в плане наиболее характерных морфоэлементов объектов наблюдения, к которым относятся абразионные и эрозионные уступы берегов.

Основным методом линейных измерений является *метод створов*, который использовался на каждом опорном участке. Он заключается в измерении расстояния планового перемещения бровки берега по предварительно намеченному створу за определенный промежуток времени. Измерения производились рулеткой, проводилась подробная фотосъемка.

По результатам полевого обследования и анализа фотоматериалов была проведена дифференциация рассматриваемого участка берега по типу переформирования (см. рисунок).

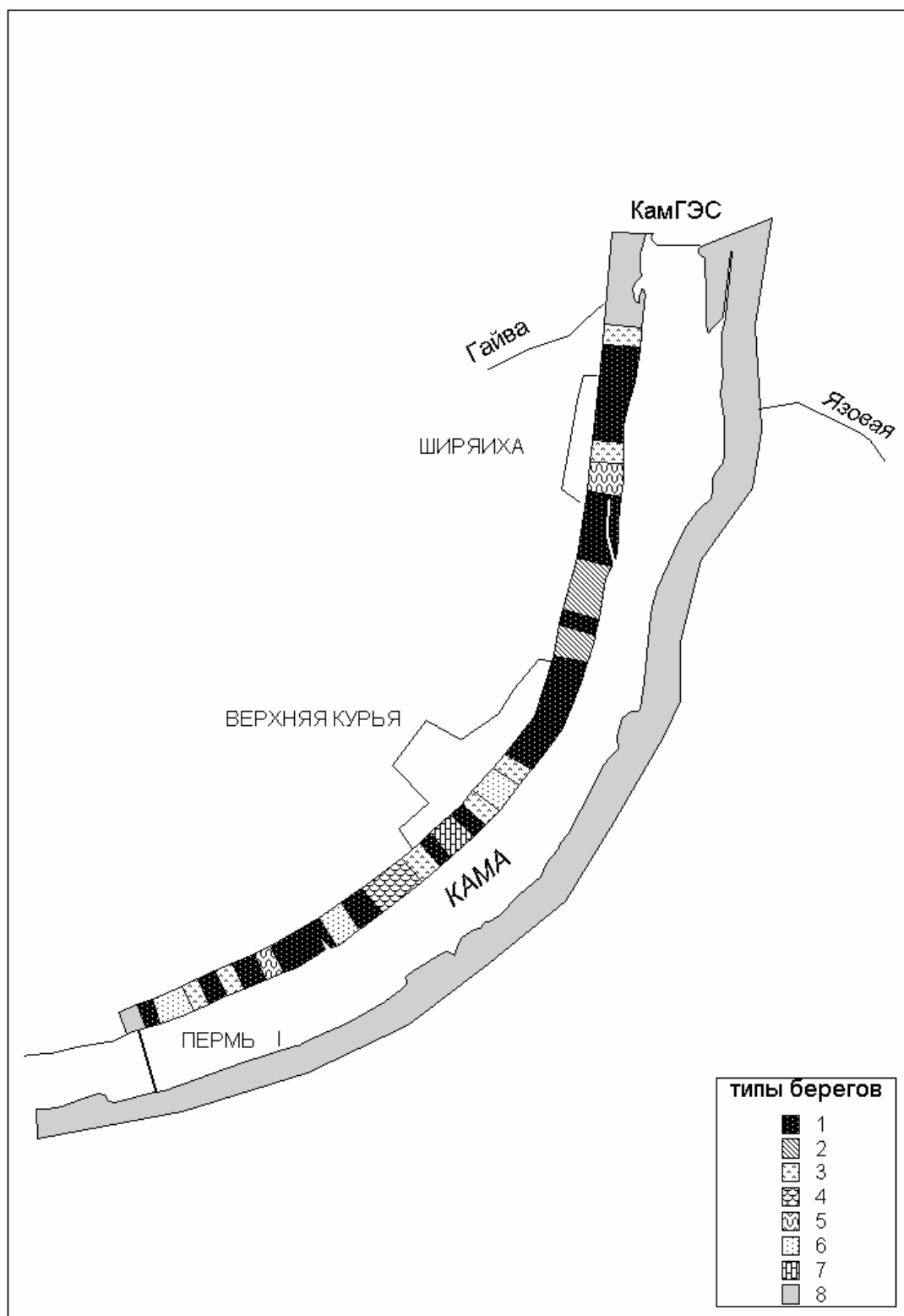
Сложность отнесения того или иного ЭУБ к определенному типу заключалась в одновременном развитии здесь эрозии и абразии, проявления которых имеют много общих черт. В результате были выделены следующие типы берега:

- 1) абразионно-эрозионно-обвальный,
- 2) абразионно-эрозионно-оползневой,
- 3) абразионно-эрозионно-овражный,
- 4) берег отседания,
- 5) берег гидратационного выветривания и фитогенного разрушения.

Для ЭУБ, образовавшихся в результате целенаправленной деятельности человека, были разработаны специальные названия, наиболее точно отражающие их функционально-генетические свойства: селитебные берега с кустарными берегозащитными сооружениями, искусственные пляжи (берега с насыпным песчаным материалом), техногенные (бетонные плиты берегозащиты разной степени нарушенности) (см. таблицу).

Наибольшее распространение в районе исследования получил *абразионно-эрозионно-обвальный* тип берега. Береговой уступ высотой 0,5–5,0 м, сложенный главным образом суглинками, выдерживающими отвесную крутизну, разрушается со скоростью от нескольких

десятков сантиметров до 1,0–1,5 м/год. Сравнительно неглубокое (не более 5,0–7,0 м) залегание кровли



*Типы переформирования берегов:*

*1 – абразионно-эрозионно-обвальный, 2 – абразионно-эрозионно-оползневой, 3 – берег гидратационного выветривания и фитогенного разрушения, 4 – берег отседания, 5 – абразионно-эрозионно-овражный, 6 –*

искусственный пляж, 7 – селитебный берег с кустарными берегозащитными сооружениями, 8 – техногенный берег.

#### Протяженность типов берегов на участке исследования

Тип берега	%	км
Абразионно-эрозионно-обвальный	50,3	6,54
Абразионно-эрозионно-оползневой	4,8	0,62
Абразионно-эрозионно-овражный	5,0	0,65
Берег отседания	4,4	0,57
Берег гидратационного выветривания и фитогенного разрушения	13,3	1,73
Селитебный с кустарными берегозащитными сооружениями	2,6	0,34
Искусственные пляжи	10,4	1,35
Техногенный берег	9,2	1,20
<b>Итого:</b>	<b>100</b>	<b>13,0</b>

базального песчано-гравийно-галечного горизонта обуславливает быстрое формирование мощной отмели, ширина которой в некоторых случаях составляет 50,0–80,0 м. На всем протяжении берегов гидродинамические обстановки благоприятствуют почти повсеместному развитию процессов абразии и боковой эрозии. Можно предположить, что эрозия, особенно интенсивно проявляющаяся во время холостых попусков Камской ГЭС, является преобладающим процессом в переработке берега.

*Абразионно-эрозионно-оползневой* тип берега занимает приблизительно 0,6–0,7 км и представлен небольшим участком между дд. Ширяиха и В. Курья. Здесь происходит медленное сползание верхнего слоя грунта, что объясняется перенасыщенностью горных пород водой, постоянно фильтрующихся из расположенного рядом заболоченного массива.

Берега *абразионно-эрозионно-овражного* типа переформирования характеризуются фестончатой формой с небольшими треугольной формы вытянутыми оврагами. Наблюдение в течение двух сезонов показали прирост их вершин на 5–20 см.

Берега *отседания* формируются при достижении критических значений устойчивости отдельных участков берегов. Очередная их подрезка процессами абразии или эрозии сопровождается локальным отседанием фрагмента склона. Как показывают наблюдения за протеканием процесса во времени, переформирование берега обычно развивается прерывисто, часто не затрагивая сразу всю высоту уступа. Очередность разрушения ступеней может меняться как в направлении от нижних ступеней к верхним, так и наоборот – от верхних к нижним. Процессом, стимулирующим развитие склонов по пути ступенчатого разрушения, является слоистость пойменных отложений.

Берега *гидратационного выветривания и фитогенного разрушения* можно представить как «нейтральные» берега (пологие, без прямых признаков разрушения и аккумуляции, с наличием почвы и растительности). Они представлены берегами с кустарниковой растительностью. Физико-химическое (гидратационное) выветривание является первым этапом миграции вещества, мобилизирующим его к переносу преимущественно по вертикали без существенного горизонтального смещения. Другими процессами, действующими параллельно с выветриванием и способствующими подготовке материала к местному перемещению или, напротив, его закреплению, являются соответственно фитогенное разрушение пород или скрепляющее действие корневой системы растений.

Берега, где жилищные постройки выходят прямо к береговому уступу, местными жителями укрепляются кустарными берегоукреплениями из шин, строительного мусора и пр. Такие участки занимают небольшую протяженность (около 0,3 км). На таких участках отмечается приостановка переработки берегов.

Берега с насыпным песчаным материалом (искусственные пляжи) занимают незначительную территорию, но при этом способствуют стабилизации геодинамической обстановки в пределах береговой зоны, формируя широкую аккумулятивную отмель.

Техногенные берега в основном расположены в непосредственной близости от плотины Камской ГЭС и представлены бетонным покрытием. В настоящее время они поддерживаются в

должном техническом состоянии, только ниже устья р. Гайвы бетонное покрытие в значительной степени разрушено и нуждается в капитальном ремонте.

### **Библиографический список**

1. *Матарзин Ю.М., Мацкевич И.К.* Вопросы морфометрии и районирования водохранилищ // Вопросы формирования водохранилищ и их влияние на природу и хозяйство. Пермь, 1970. Вып. 1. С. 27–45.

2. *Назаров Н.Н.* Геодинамика и морфолитогенез береговой зоны нижнего бьефа Камской ГЭС // Четвертый международный семинар по проблемам эрозионных, русловых и устьевых процессов. Н. Новгород, 2008. С. 74-80.

3. *Назаров Н.Н., Бурцев Ю.Г.* Социально-экологическая напряженность в нижнем бьефе Камского гидроузла // Антропогенная динамика природной среды. Пермь, 2006. С. 161–164.

4. *Фролова И.В.* Экзогенные геодинамические процессы и ландшафтное разнообразие берегов Камского водохранилища: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Пермь, 2006. 22 с.

### **SUMMARY**

The differentiation of a coastal zone in lower pool of Kama hydroelectric power station in Perm city was organized as a rearrangement. As a result, the following types of coast have been allocated: abrasion-erosion-collapse, abrasion-erosion-landslide, abrasion-erosion-gully, coast break off of a slope, coast hydration aerations and phytogenous destruction, residential coast with handicraft coast protection constructions, artificial beaches, technogenic coast.