

УДК 551.435.3.556.557(282.247.415)

Н.Н. Назаров, Д.Г. Тюняткин, И.В. Фролова, А.В. Черепанов

**МОРФОЛИТОГЕНЕЗ В ЗОНЕ ВДОЛЬБЕРЕГОВОГО ПЕРЕНОСА НАНОСОВ  
НА КАМСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ (ст.1. АККУМУЛЯТИВНЫЕ ФОРМЫ)**

В прибрежной зоне Камского водохранилища сформировались аккумулятивные тела значительного размера. Объем крупнейших форм (пересыпей, береговых террас, кос) в настоящее время превышает 12000 м<sup>3</sup>. Образование и продольный рост штормовых валов происходит при низких (осенних) отметках уровня. Продвигаясь вдоль берега своей вершиной, валы пересекают участки с полным отсутствием донного питания.

Ключевые слова: наносы; аккумуляция; вдольбереговое течение; продольный перенос; пляж, перейма; штормовой вал.

**Введение**

Одним из вопросов, от решения которого зависит эффективность противодействия абразионному размыву берегов, является поиск возможностей использования для их защиты наносов, образующихся в результате волнового воздействия [6;8;9]. Имеющиеся на данный момент немногочисленные примеры искусственного накопления наносов при формировании защитных аккумулятивных форм (пляжей) на крупных равнинных водохранилищах свидетельствуют об эффективности берегозащитных сооружений активного типа и требуют более внимательно взглянуть на процессы морфолитогенеза, протекающие на прибрежных отмелях. Как показывает анализ результатов проведенных исследований, наименьшей изученностью отличаются вопросы, связанные с «вторичными» источниками формирования наносов – аккумулятивными телами, являющимися промежуточным звеном между участками берегов, с которых поступают наносы, и местом их искусственной аккумуляции (как правило, подножья активных клифов «проблемных» берегов).

**Район и методика исследований**

Комплексное изучение аккумулятивных тел и источников их формирования проводилось в центральной части Камского водохранилища в 2009-2012 гг. на тринадцатикилометровом участке берега, который уже в течение полутора десятков лет является опорным в изучении экзогенных геодинамических процессов [5]. Северная граница участка – с. Слудка (устье Обвинского залива), южная граница – левобережный мыс залива р. Гаревая (рис. 1). В плане этот участок берега представляет собой большую дугу, практически автономную геоморфологическую систему, состоящую из нескольких более мелких вогнутостей различной степени выраженности.

Начиная с северного мыса в южном направлении на протяжении 2 км в абразионном уступе высотой около 20 м обнажаются отложения третьей надпойменной террасы р. Камы. В нижней части уступа залегает трехметровый слой аллювия, состоящий из мелких кварцевых песков и алевритов, которые подстилаются русловой фацией из песчано-гравийных отложений. Верхнюю часть разреза слагают делювиально-солифлюкционные и делювиальные суглинки. Далее к югу береговую линию

---

© Назаров Н.Н., Тюняткин Д.Г., Фролова И.В., Черепанов А.В., 2013

<sup>1</sup> Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (№ 12-05-00735)

**Назаров Николай Николаевич**, доктор географических наук, заведующий кафедрой физической географии и ландшафтной экологии Пермского государственного национального исследовательского университета; 614099, Россия, г. Пермь, ул. Букирева, 15; nazarov@psu.ru

**Тюняткин Дмитрий Геннадьевич**, кандидат географических наук, доцент кафедры физической географии и ландшафтной экологии Пермского государственного национального исследовательского университета; 614099, Россия, г. Пермь, ул. Букирева, 15; tyunyatkin@psu.ru

**Фролова Ирина Викторовна**, кандидат географических наук, доцент кафедры физической географии и ландшафтной экологии Пермского государственного национального исследовательского университета; 614099, Россия, г. Пермь, ул. Букирева, 15; frolova@psu.ru

**Черепанов Александр Владимирович**, инженер кафедры физической географии и ландшафтной экологии Пермского государственного национального исследовательского университета; 614099, Россия, г. Пермь, ул. Букирева, 15; ch-a.v@mail.ru

образует абразионный уступ цокольной террасы, в основании которого обнажаются переслаивающиеся пермские песчаники, алевролиты, аргиллиты. Против центральной части большой дуги на удалении примерно в 1 км от берега расположен остров Туренец, прикрывающий его от ветров восточной составляющей. По этой причине невысокий (2–4 м) противоположащий береговой склон, сложенный суглинками, разрушается в основном за счет оползания. Материал, поступивший в его подножье, отмучивается волнением даже незначительной силы и оседает на небольшом удалении от берега, что приводит к появлению здесь островков высшей водной растительности и аккумулятивных тел алевролитового состава. Самая южная часть участка исследований практически на всем протяжении – это высокий коренной берег, где в уступе обнажаются породы верхней перми. Почти вертикальные стенки переслаивающихся песчаников, алевролитов и аргиллитов чередуются со ступенчатыми абразионно-оползневыми склонами.

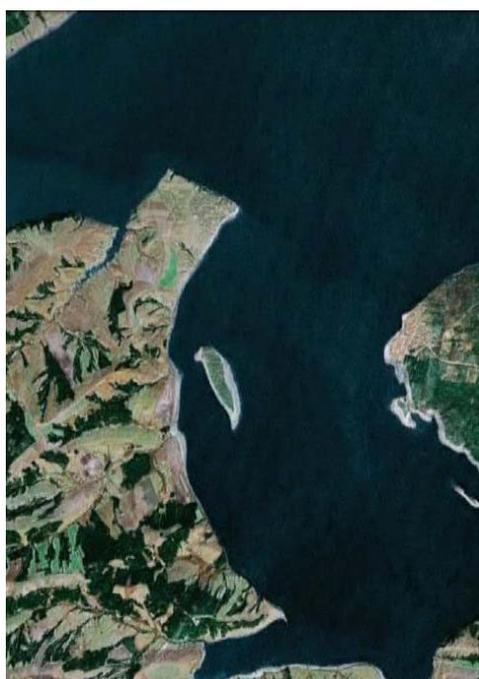


Рис. 1. Участок проведения исследований

Как показывает анализ лоцманских карт, разгон ветра северного, северо-восточного и юго-восточного румбов (более 20 км) и достаточно большие глубины в прилегающей к участку части акватории благоприятствуют формированию здесь волнения значительной силы [2]. В процессе проведения режимных наблюдений и дешифрирования космо- и аэроснимков неоднократно фиксировалась устойчивая вдольбереговая транспортировка наносов в южном направлении. В короткие периоды действия сильных южных ветров, которые случаются здесь практически ежегодно, поток наносов может иметь и противоположное направление с емкостью, достаточной для появления временных локальных скоплений материала. На это указывают примеры формирования разновеликих скоплений наносов, периодически образующихся перед локальными выступами берега или искусственными сооружениями с двух сторон. Аккумулятивные тела, образованные с северной стороны препятствий, всегда имеют больший объем и размеры по сравнению с аккумулятивными формами, «прислонившимися» с южного фланга.

С целью определения источников и состава наносов, условий и путей их транзита на всем протяжении участка большой дуги производился отбор и изучение отложившегося материала. Пробы отбирались в период временной осушки отмели в апреле–мае и/или сентябре–октябре с «летней» линии уреза (подножья абразионного уступа), а также из аккумулятивных тел в ее средней и внешней части на удалении в десятки и сотни метров от берега. Изучались наносы, образующие как постоянные, так и временные формы. Отбор материала осуществлялся строго с поверхности аккумулятивных образований. Гранулометрический анализ проводился с использованием ареометрического метода [1]. Минеральный состав фракции 0.25–0.01 мм определялся по результатам микроскопического исследования [3].

### Расположение, видовой состав и параметры аккумулятивных форм

По особенностям морфологии, пространственно-временной устойчивости и направленности развития аккумулятивные формы, закартированные в пределах большой дуги, образуют две группы. Первую представляют относительно *устойчивые* во времени образования: пляжи, береговые террасы, подводные прислоненные террасы, устьевые пересыпи заливов, косы, а также скопления рыхлого материала в заливах и перед искусственными или естественными препятствиями на пути движения наносов. В долгосрочной перспективе морфолого-морфометрические изменения данных форм обычно направлены на расширение их площади и/или увеличение высоты. Менее прогнозируемы в отношении развития неширокие и, обычно, короткие пляжи в вершинах береговых дуг. После сильных штормов некоторые из них иногда теряли до половины своего первоначального объема.

Как показали исследования, расположение аккумулятивных тел и состав образующих их наносов характеризуется дифференцированностью в полном соответствии со сложившимися геолого-геоморфологическими и гидрологическими условиями (рис. 2). Значительные по своей длине и объему пересыпи зафиксированы в устьевых частях двух бывших заливов в южной части участка исследований. Образованные долинами небольших рек, заливы в настоящее время практически полностью потеряли гидрологическую связь с водоемом. Один из них сейчас представляет собой болото, отделенное от водоема пересыпью. Ее тело объемом более 2000 м<sup>3</sup> сложено щебнем и дресвой коренных пород – материалом, образовавшимся в результате разрушения песчано-аргиллитово-алевритовых абразионных уступов, примыкающих к бывшему заливу. Второй залив в настоящее время полностью заполнен наносами с прилегающих водоразделов и склонов долины. Пересыпь с объемом наносов более 8000 м<sup>3</sup> (при мощности отложений более 3 м) сложена песчано-гравийным материалом с примесью аргиллитово-алевролитовой крошки и слабоокатанных обломков песчаника (рис. 3).

Еще более грандиозное скопление наносов сформировалось на мысе залива р. Гаревая (южная оконечность большой дуги). В дистальной части косы ее высота составляет 5 м, а ширина – 25 м (рис. 4). При длине аккумулятивного тела более 150 м объем скопившихся наносов в настоящее время превышает 12000 м<sup>3</sup>. Коса сложена переслаивающимися аргиллитово-алевритовой дресвой, крупнозернистым песком, обломками песчаника, галькой и даже булыжником из уральских пород. Слабонаклонное подножье косы в ее средней и проксимальной частях представлено довольно мощной толщей песков, изъятых из аккумулятивного тела в результате волнового перемива наносов с последующим их смещением вниз по подводному склону.

Одним из наиболее эффективных катализаторов аккумулятивного процесса в акватории водохранилищ является «рисунок» береговой линии. Любое появление выпуклостей или вогнутостей берега сопровождается скоплением наносов. Обычно активное формирование аккумулятивных тел наблюдается в районе концевых мысов береговых дуг. Концентрация и осаждение наносов происходят вследствие отклонения (отрыва) наносонесущего потока от берега, увеличения глубин, дивергенции вдольбереговых струй течения и, как результат, замедления скорости движения влекомого материала. В центре большой дуги в районе северной границы зоны заостровной волновой «тени» при огибании вдольбереговым потоком берегового мыса сформировалась береговая терраса площадью около 6000 м<sup>2</sup>, объемом более 9000 м<sup>3</sup>. Тыловая часть террасы, примыкающая к отмершему клифу, в настоящее время уже заросла лесом, но на всем протяжении ее внешней части и в настоящее время продолжается активное накопление песка и мелкого гравия.

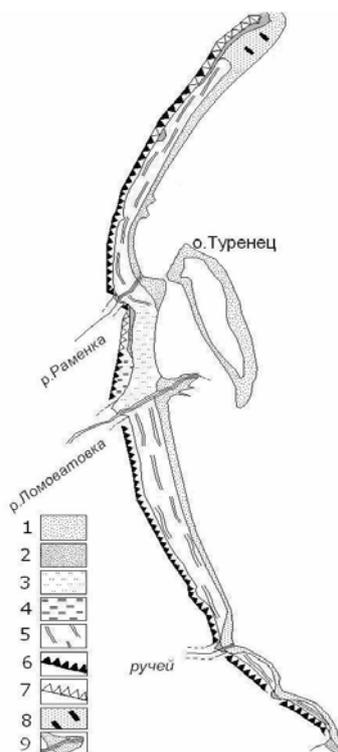


Рис. 2. Карта-схема расположения аккумулятивных форм на прибрежной отмели:

1 – подводные аккумулятивные формы (подводная песчаная прислоненная терраса, приостровная терраса); 2 – надводные аккумулятивные формы (песчано-галечные пляжи, пересыпи и береговые террасы; коса из переслаивающегося песка, гравия, дресвы); 3 – затопленная надпойменная терраса; 4 – скопления глинисто-алевритового состава (оплывные шлейфы) с высшей водной и кустарниковой растительностью; 5 – абразионная часть береговой отмели с временными аккумулятивными формами (валами, валиками, конусами выноса); 6 – активный клиф; 7 – отмерший клиф; 8 – остовы замытых песком барж; 9 – русла водотоков



Рис. 3. Внешний край пересыпи, вскрытый ручьем

Как показали визуальное весеннее обследование береговой отмели в центральной части большой дуги, а также дешифрирование «зимнего» космоснимка, на котором обсохший лед четко «отрисовал» донный рельеф, данный участок подводного склона формируется по типу двухвершинной переимы между берегом и островом на месте древних конусов выноса из долин небольших притоков Камы (рис. 2). В настоящее время обе ее вершины растут за счет аккумуляции вдольбереговых наносов и поступления материала, выносимого водотоками. В ближайшем будущем может произойти соединение северной вершины переимы с активно растущей в южном направлении аккумулятивной террасой у северной оконечности острова.

Следует отметить, что аккумулятивный тип морфолитогенеза береговой отмели, получивший свое развитие в волновой тени острова, тем не менее, пока не стал фактором ограничения

переформирования здесь берегового уступа. Оползневое, а местами и абразионное разрушение невысокого берега в днище долин притоков присутствует практически вдоль всей линии берега данного участка.



Рис. 4. Дистальная часть косы. Уступ маркирует подводную и надводную части аккумулятивного тела

Описание группы относительно устойчивых аккумулятивных тел завершает подводная прислоненная терраса. Обычно образование подобных форм берегового склона связывают с деятельностью поперечного перемещения наносов, поступивших с противоположного участка берега. Однако, как показали наблюдения за распространением таких форм, довольно часто они сложены материалом, по гранулометрическому составу и минералогии не соответствующим породам местных берегов, но близким к отложениям, слагающим берега смежных участков (механизм питания прислоненной террасы будет рассмотрен ниже). Часто при малопродуктивных в части образования наносов коренных берегах на внешней окраине слабопологого дна присутствует песчаная подводная терраса.

Вторая группа аккумулятивных форм включает в себя *временные*, пространственно неустойчивые аккумулятивные тела, периодически образующиеся в абразионной части отмели. К таковым относятся штормовые валы и валики, ежегодно, часто целыми сериями появляющиеся в период осеннего снижения уровней, а также шлейфы и конусы выноса материала, формирующегося на отмели в ранневесенний период после активного оплывания береговых уступов или вследствие разгрузки наносов крупными временными водотоками против устьев оврагов и балок. Дальность весеннего перемещения («выброса») наносов по поверхности обсохшего льда может достигать первых сотен метров, толщина слоя – десятков сантиметров, а площадь его скоплений – нескольких тысяч квадратных метров. Кроме того, к временным микро- и мезоформам, оказывающим влияние на качественный состав и количество наносов в прибрежной зоне, можно отнести микроформы эолового генезиса, периодически образующиеся на прибрежной отмели в период ее весенней осушки [4].

Режимные наблюдения за динамикой аккумулятивных тел второй группы показали, что процесс их зарождения, развития и разрушения происходит при разных уровнях водной поверхности водоема. Если время формирования «устойчивых» аккумулятивных тел приходится в основном на период максимальных (летних) уровней, то образование и продольный рост штормовых валов (валиков) происходит при низких (осенних) отметках уровня. Формируются они из наносов, поступивших ранее на прибрежную отмель из «зоны летнего уреза». В продольный перенос вовлекаются отложения, состоящие преимущественно из уже перемытых мелко- и среднезернистых песков и алевритов (гравий, галька и булыжник остаются в прибрежной полосе). На пологих участках подводного берегового склона весь материал из прибойной полосы отмели, ширина которой достигает 20–30 м, собирается в зоне нового уреза, образуя условия для питания штормового вала. При косом подходе волн его формирующееся тело в результате постоянной подпитки наносами начинает продвигаться («расти») своей головной частью. Продвигаясь вдоль сформировавшегося на данный момент нового (осеннего) уреза, голова вала может пересекать участки с полным отсутствием донного питания. Масса материала, перемещаемого через створ зоны уреза и полосы наката волн, за один час может достигать нескольких сотен килограмм [7].



Рис. 5. Прекращение роста в длину штормового вала после окончания роста

В зависимости от местных гидролого-геоморфологических условий, продолжительности, силы и частоты штормов вал может или остановить свой рост, сохранив при этом четко выраженную в рельефе головную часть (рис. 5), или продолжить его и стать донором аккумулятивного тела другого вида (береговой или подводной террасы, косы). Полное или частичное (в зависимости от уровня режима и активности волновой деятельности) разрушение штормовых валов и валиков обычно происходит уже в следующем году при весеннем наполнении водоема до НПУ и окончательно на стадии нового летне-осеннего понижения уровней. Местоположения штормовых валов относительно береговой линии на определенном участке отмели и их количество год от года меняются.

#### Выводы

В прибрежной зоне Камского водохранилища, по истечении шестидесяти лет после его заполнения, сформировались аккумулятивные тела значительного размера. Объем крупнейших относительно устойчивых форм (пересыпи, береговые террасы, косы) в настоящее время может превышать 12000 м<sup>3</sup>. Значительно большими объемами, значения которых на данной стадии исследования установить пока не представляется возможным, обладают подводные прислоненные террасы.

Образование и продольный рост штормовых валов происходит при низких (осенних) отметках уровня. В продольный перенос вовлекаются отложения, состоящие из уже перемытых мелко- и среднезернистых песков и алевритов с поверхности отмели. Продвигаясь вдоль берега своей вершиной, валы пересекают участки с полным отсутствием донного питания.

#### Библиографический список

1. ГОСТ 12536-79. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава.
2. Матарзин Ю.М. Гидрология водохранилищ. Пермь: Изд-во ПГУ, ПСИ, ПССГК, 2003. 296 с.
3. Методы изучения осадочных пород / под ред. Н.М. Страхова. М.: Госгеолтехиздат, 1957. Т. 1. 612 с.
4. Назаров Н.Н. Экзогенный морфолитогенез зоны сезонной осушки камских водохранилищ // Геоморфология. 2010. № 4. С. 72–80.
5. Назаров Н.Н., Тюняткин Д.Г., Фролова И.В., Черепанов А.В. Геолого-геоморфологические условия накопления наносов и формирование их свойств (на примере Камского водохранилища) // Создание искусственных пляжей, островов и других сооружений в береговой зоне морей, озер и водохранилищ. Новосибирск: СО РАН, 2011. С. 269–272.
6. Назаров Н.Н., Тюняткин Д.Г., Фролова И.В., Черепанов А.В. Факторы и условия дифференциации наносов в береговой зоне камских водохранилищ // Географический вестник. 2011. № 4. С. 4–10.

7. Назаров Н.Н., Тюняткин Д.Г., Черепанов А.В. Некоторые результаты изучения формирования и транзита наносов в прибрежной зоне Камского водохранилища // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов. Пермь, 2007. Т. 1. С. 163–167.

8. Хабидов А.Ш. и др. Управление состоянием берегов водохранилищ. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. 239 с.

9. Шуйский Ю.Д. Проблемы исследования баланса наносов в береговой зоне морей. Л.: Гидрометеоздат, 1986. 240 с.

**N.N. Nazarov, D.G. Tyunyatkin, I.V. Frolova, A.V. Cherepanov**

**MORFOLITOGENESIS IN THE ZONE OF LONGSHORE DRIFT OF KAMA RESERVOIR  
(art. 1. ACCUMULATIVE FORMS)**

In coastal zone of Kama reservoir accumulative bodies of the significant size were generated. The volume of the largest forms (spits, coastal terraces) now exceeds 12000 м<sup>3</sup>. The formation and longitudinal growth of storm shafts occur at low (autumn) marks of a level. Moving ahead along the coast with their top, shafts cross sites with a full absence of ground food.

**Key words:** deposits; accumulation; coastal current; longitudinal carry; a beach; spits; storm shaft.

**Nikolay N. Nazarov**, Doctor of Geography, Professor, Head of Department of Physical Geography and Landscape Ecology, Perm State National Research University; 15 Bukireva, Perm, Russia, 614990; nazarov@psu.ru

**Dmitriy G. Tyunyatkin**, Candidate of Geography, Associate Professor of Department of Physical Geography and Landscape Ecology, Perm State National Research University; 15 Bukireva, Perm, Russia, 614990; tyunyatkin@psu.ru

**Irina V. Frolova**, Candidate of Geography, Associate Professor of Department of Physical Geography and Landscape Ecology, Perm State National Research University; 15 Bukireva, Perm, Russia, 614990; frolova@psu.ru

**Aleksandr V. Cherepanov**, Engineer of Department of Physical Geography and Landscape Ecology, Perm State National Research University; 15 Bukireva, Perm, Russia, 614990; ch-a.v@mail.ru