

## Специфика русловых процессов на малой реке в условиях интенсивного освоения бассейна

А.Л. Варенов<sup>1</sup>, А.М. Тарбева<sup>2</sup>, Д.В. Ботавин<sup>2</sup>, Н.М. Михайлова<sup>2</sup>, Л.А. Турыкин<sup>2</sup>, А.С. Чалова<sup>2</sup>, Р.С. Чалов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Нижегородский государственный историко-архитектурный музей-заповедник

<sup>2</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Россия

\**amtarbeeva@yandex.ru*

**Аннотация.** Влияние местных факторов, высокая чувствительность к антропогенному воздействию, тесная связь с процессами в речном бассейне, сравнительно небольшие темпы русловых деформаций отличают малые реки от средних и больших, и делают необходимым формирование особого подхода к русловым исследованиям. По старым картам, материалам районного музея и опросам местных жителей восстановлены причины и периоды трансформации русел малых рек бассейна р. Кудьмы на севере Приволжской возвышенности за период интенсивного освоения, а на основе стационарных наблюдений за 2011-2019 гг. выполнена оценка современной динамики русел и установлены ее специфические особенности. Характер трансформации русел рек бассейна р. Кудьмы определялся как изначальными природными различиями в пределах бассейна, так и спецификой использования рек разных порядков и характером освоения разных частей бассейна. Наибольшие антропогенные воздействия связаны с искусственным спрямлением русла и спуском прудов на реках Кудьме и Озерке, которые привели к врезанию их русел в среднем течении и превращению поймы в надпойменную террасу. Сельскохозяйственное освоение водосборного бассейна стало причиной заиления верховьев рек в освоенной части водосбора. Реки залесённой части бассейна испытали наименьшие антропогенные изменения. С 2011 по 2019 гг. максимальные скорости размыва берегов составляли от 0,3 до 2,7 м/год, и в целом определялись максимальными расходами половодья. Наибольших величин размывы достигали в среднем течении рр. Кудьмы и Озерки, однако на этих реках значения отступления бровки не превышают 4-5% от ширины русла, а зона размыва по протяженности не превышает 10-20% от общей длины берега. На малых реках с залесенной низкой поймой, где антропогенное влияние было минимальным, отступление бровки достигает 20% ширины русла, а протяженность фронта размыва – 50%.

**Ключевые слова:** малые реки, Приволжская возвышенность, мелиорация, пруды, антропогенное воздействие, размывы берегов.

# Specificity of channel processes on a small river in conditions of intensive development of the basin

A.L. Varenov<sup>1</sup>, A.M. Tarbeeva<sup>2</sup>, D.V. Botavin<sup>2</sup>, N.M. Mihailova<sup>2</sup>, L.A. Turykin<sup>2</sup>, A.S. Chalova<sup>2</sup>, R.S. Chalov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Nizhniy Novgorod State Reserve Museum of History and Architecture, Nizhniy Novgorod, Russia*

<sup>2</sup> *Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

\**amtarbeeva@yandex.ru*

**Abstract.** Small rivers, being the most common, are very poorly studied in relation to channel processes. The influence of local factors, high sensitivity to anthropogenic impact, close connection with basin processes, and relatively low rates of channel deformations distinguish them from medium and large ones and make it necessary to form a special approach to studies. Based on multi-time maps and interview of residents, the transformation of the channels in the Kudma River basin (Volga Upland) for the last 200 years were restored. In 2011-2019 monitoring of bank erosion were conducted for the estimation of the modern dynamics of the channels and its specific features. The channel transformation depends both on the initial natural differences, and on the specifics of the land use within the basin. The greatest anthropogenic impact is associated with the artificial straightening of the channel and the outburst of ponds, which led to the incision of channels of the Kudma and Ozerka Rivers in the middle course and the transformation of the floodplain into a terrace. Agricultural development has caused siltation of the upper reaches of the rivers in the agricultural part. The rivers of the forested part of the basin experienced the least anthropogenic changes. From 2011 to 2019 the maximum rates of bank erosion ranged from 0.3 to 2.7 m/year and are determined by the maximum water discharge. The erosion reached the highest rates in the middle reaches of the Kudma and Ozerka Rivers. However, on these rivers the bank retreat values do not exceed 4-5% of the channel width, and the erosion zone does not exceed 10-20% of the total length of the bank. On headwaters with a low forested floodplain, where anthropogenic impact was minimal, the retreat of the bank reaches 20% of the channel width, and the length of the erosion front – 50% of the total length of the bank.

**Keywords:** small rivers, Volga upland, melioration, dam, anthropogenic impact, bank erosion.

## Введение

Малые реки очень слабо изучены в отношении русловых процессов, так как подвержены влиянию множества как природных, так и антропогенных факторов. Между тем, благодаря широкому распространению, с ними чаще всего связана хозяйственная деятельность человека, особенно в сельскохозяйственных районах. В поймах рек располагаются пастбища и пашни, на реках сооружаются пруды для мелиоративных, рыболовных или противопожарных целей, русла малых рек спрямляют, а поймы осушают при проведении мелиорации. Всё это приводит к существенным изменениям морфологии и динамики русел и водного режима малых рек. За многовековую историю освоения севера Приволжской возвышенности, малые реки претерпели существенные изменения.

На малых реках не проводятся периодические съемки русла, которые выполняются на судоходных реках, и редко имеются гидрологические посты, где измеряются расходы и уровни воды. К тому же на освоенных участках рек часто создаются временные плотины или другие сооружения, которые не находят отражения на картах и планах, а об их назначении, габаритах, времени существования и состоянии можно узнать лишь при непосредственных наблюдениях или от местных жителей.

Поэтому исследование русловых процессов на малых реках требует особого подхода и проведения полевых работ.

Целью нашей работы было выявить закономерности и масштабы изменения морфологии и динамики русла малой реки в условиях длительной антропогенной нагрузки. В качестве объекта исследований выбран бассейн реки Кудьмы (площадь 3220 км<sup>2</sup>) – правый приток р. Волги у г. Кстово.

Бассейн р. Кудьмы расположен в пределах моренной равнины, которая к юго-востоку переходит в пологохолмистую флювиогляциальную равнину [3]. В западной части бассейна отмечается развитие карста, в том числе в руслах рек. Западная часть бассейна р. Кудьмы залесена. Остальная часть бассейна преимущественно распаханна. Общая лесистость бассейна – 27,3 %. Разнообразные природные условия и различная степень и характер освоения разных частей бассейна позволили проследить роль каждого из видов воздействия.

Река Кудьма имеет длину 144 км, ее основной приток – р. Озерка – 74 км. В многоводный весенний период проходит от 60-80% годового стока, который обеспечивается талыми водами [3]. Средний годовой расход воды р. Кудьмы выше впадения р. Озерки (г.п. Кстово) – 5,57 м<sup>3</sup>/сек, средний годовой модуль стока 3,38 л/с км<sup>2</sup>.

### **Методы исследования**

На основе старых карт [4], материалов Дальнеконстантиновского краеведческого музея и опросов местных жителей были установлены основные виды воздействия на русла. Во время полевых обследований русел рек описаны существующие инженерные сооружения на реке или их остатки, следы мелиоративных мероприятий – плотины, каналы на пойме, дамбы, обвалование и проч., охарактеризовано современное состояние русла. На основе полевых и исторических материалов восстановлена история использования бассейна реки, разработана схема районирования бассейна по типам антропогенного воздействия на русла, направленности вертикальных деформаций и соответствующим трансформациям русел [2, 5].

Для выявления специфики динамики русел рек, в 2011 г. были организованы 15 стационаров по исследованию отступания берегов на разных реках бассейна. Для 2011-2019 гг. определены скорости размыва берегов, описаны механизмы отступания берега для каждого участка, определен состав донных наносов. Наблюдения за отступанием бровки берега проводились при помощи измерений рулеткой от закрепленных реперов, путем тахеометрической съемки, а в 2019 г. – с использованием беспилотного летательного аппарата, что позволило сократить время полевых работ и точнее определить механизм отступания берега. Данные о скоростях размыва берегов сопоставлены с данными о максимальных расходах воды, полученных по гидрологическому посту Кстово на р. Кудьме, а также характером трансформации русла.

### **Результаты**

*Трансформация русел за историческое время.* Как и большинство других рек территории, р. Кудьма и ее притоки искусственно преобразовывались на протяжении последних 200 лет [1]. Во второй половине XVIII в. основным видом воздействия было строительство постоянных и временных плотин для мельниц, лесопилок, сельскохозяйственных, рыбохозяйственных и противопожарных целей: их количество к середине XIX в. достигало тридцати, особенно много их было в лесной части бассейна, в верховьях Кудьмы. Плотины регулировали сток воды (уменьшали расходы половодья и увеличивали расходы в межень), определяли распределение по длине зон врезания

реки и аккумуляции наносов. Однако сооружения того времени не привели к существенной трансформации русел: к 30-гг XX века большинство старых плотин в лесной части бассейна были разрушены, в настоящее время на поймах сохранились остатки насыпей и каналов, заросшие древесной растительностью, а русло приобрело естественный облик. Противопожарные и рыболовные пруды сохранились преимущественно в распаханной части бассейна.

С середины XIX в. возрастает сельскохозяйственная освоенность территории. Аккумуляция наносов, поступающих в реки с распаханых водосборов, привела к заилению русел самых малых рек и сокращению протяженности гидрографической сети. На картах 1850 г. [4] ручьи показаны как постоянные водотоки, на современных картах они – временные, некоторые прекратили своё существование. Особенно этот процесс был характерен для наиболее освоенного бассейна р. Озерки. В настоящее время на реках этой части бассейна распространены заиленные и бочажинные русла, происходит заболачивание пойм, что привело к полному изменению гидросети верхних порядков распаханной части бассейна.

В 30-е гг. XX в. стали проводиться мелиоративные мероприятия, которые затронули в основном бассейн среднего течения Кудьмы выше устья Озерки. Первоначально они были связаны с разработкой месторождений торфа на пойме, для чего проводилось спрямление русел. В среднем течении р. Кудьмы сплошное спрямление русла было осуществлено для снижения затопляемости поймы, ее осушения и распашки. Однако позднее мелиоративные мероприятия проводились в связи с необходимостью орошения осушенных земель: строились временные (на летний период) водоподъемные земляные плотины и постоянные гидроузлы для полива овощных плантаций на пойме Кудьмы. Эти мероприятия привели как к прямой трансформации протяженных участков русла путем спрямления, так и к косвенной - вызвав врезание реки в среднем и нижнем течении.

Процессы врезания рек усилились в результате спуска оставшихся прудов в постсоветский период, когда наблюдался спад сельскохозяйственного использования пойм, строительство новых плотин не велось. В результате, русла рек Кудьмы и Озерки врезались в поверхность поймы на 1,5 м (средняя скорость врезания составила около 1,5-2 см в год), что привело к выходу ее из режима затопления и трансформации в надпойменную террасу. При этом русло, за исключением спрямленных участков, сохранило исходную извилистую форму. На р. Озерке в д. Белозеро это привело к образованию водоворотных зон и образованию специфических расширений в вершинах излучин. На других участках – к сокращению протяженности фронта размыва берега, общей стабилизации положения русла.

С 2010 г. возобновилось строительство низконапорных мелиоративных плотин, рыбохозяйственных и противопожарных прудов (верховья р. Кудьмы и ее притока р. Сетчуги). Значительная их часть построена без изысканий и проектирования; учет этих хозяйственных объектов отсутствует. Спуск таких прудов при разрушении плотин в половодья приводит к залповому выносу наносов ниже по течению и их отложению в виде песчаных гряд, образованию огромных заиленных нездёрнутых полей на месте бывших прудов, где формируются новые русла.

Нижнее течение р. Кудьмы подвержено влиянию пойменных карьеров по добыче песка и подпору со стороны р. Волги. Впрочем, нижнее течение могло бы быть затопленным в результате подпора от Чебоксарского водохранилища, которое не было заполнено до проектных отметок, что позволило сохраниться нижнему течению реки в состоянии, близком к естественному. Однако русло здесь сильно заилено.

**Современная динамика русел.** Участки для определения темпов отступления берега располагались преимущественно в среднем и нижнем течении рек Кудьмы и Озерки, где наблюдаются наибольшие значения размывов и хорошо выражены их следы. Однако здесь участки размыва локализованы в вершинах и нижних крыльях излучин и их длина относительно всей длины берега составляет не более 20%. Размываемый берег представлен высокой поймой, в основном превратившейся в террасу в результате врезания реки.

Максимальные зафиксированные скорости размыва берегов составили 2,7 м в среднем течении Кудьмы (стационар Зеленый Город), и наблюдались в 2012 г, когда половодье имело максимальную водность за весь период наблюдений. В целом, для среднего и нижнего течения рек наблюдается хорошая связь максимальных размывов берега с максимальными расходами половодья.

Однако наибольшая доля размываемых участков по отношению к общей длине берега наблюдается на реках залесенной части водосбора, которая труднодоступна, но сохранила условия, близкие к естественным. На расположение излучин реки и, соответственно, зон размыва влияют заломы и бобровые плотины. На пойме многочисленны старицы, свидетельствующие об активном развитии русловых процессов. Хотя абсолютные значения размыва здесь невелики, что связано с небольшими размерами рек, ежегодное отступление берега составляет 15-20% от ширины русла, тогда как в среднем и нижнем течении – лишь 4-5% от ширины. Здесь расположен лишь один стационар – на р. Сетчуга в районе д. Ивановское. Для участка характерны низкие, ежегодно затапливаемые берега и мелководнистый песчаный состав наносов. Аналогичные участки характерны для р. Кудьмы выше д. Лесное, где стационарные наблюдения не проводятся.

### **Выводы**

Характер трансформации русел зависит как от изначальных природных различий рек в пределах бассейна, так и от специфики использования рек разных порядков, характера освоения разных частей бассейна: степени распашки, мелиоративных мероприятий на пойме или подпора. Наибольшие антропогенные воздействия связаны с искусственным спрямлением русла и спуском прудов в среднем течении Кудьмы и Озерки, которые привели к врезанию их русел и превращению поймы в надпойменную террасу. Сельскохозяйственное освоение водосборного бассейна стало причиной заиления верховьев рек в освоенной части водосбора; реки залесенной части бассейна испытали наименьшие антропогенные изменения. В нижнем течении, благодаря подпору от Волги, происходит заиление русел.

Максимальные темпы современных горизонтальных деформаций определяются максимальными расходами половодья и наблюдаются в среднем течении рек, где произошло врезание русел. Однако зоны размывов здесь локализованы, величина размыва не превышает 4-5% от ширины русла. В верхнем течении рек залесенной части бассейна максимальные годовые значения размывы берега невелики, но составляют 20% ширины русла и наблюдаются по всей длине вогнутого берега излучин, русла активно переформируются. В нижнем течении Кудьмы величины размыва также невелики из-за подпора и заиления реки.

### **Благодарности**

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-05-00487 и по плану НИР (ГЗ) АААА-А16-116032810084-0, географический факультет МГУ.

### **Acknowledgments**

The reported study was funded by RFBR, projects number 18-05-00487 and contributes to the State Task no. АААА-А16-116032810084-0, Faculty of Geography MSU.

### Список литературы

1. Малые реки Волжского бассейна / Ред. Н.И. Алексеевский. — М.: Изд-во Моск. ун-та. 1998. 234 с.
2. Варёнов А.Л. Вертикальные деформации русел малых рек под влиянием антропогенных факторов // Геоморфология. 2013. № 1. С. 73–82.
3. Современные ландшафты Нижегородской области / Под ред. Н.Ф. Винокуровой, О.В. Глебовой. Н.Новгород: Изд-во Волго-Вятской академии гос. службы. 2006. 288 с.
4. Менде А.И. Нижегородская губерния: карта. М-б 1:42 000. СПб.: Изд-во РГО, 1850. 144 л.
5. Чалов Р.С., Ботавин Д.В., Варёнов А.Л., Завадский А.С., Тарбеева А.М. Формирование русел малых рек Приволжской возвышенности в условиях многовекового сельскохозяйственного освоения. // География и природные ресурсы, 2018. № 3. с. 86-94.