

**Сведения об авторе****Кадебская Ольга Ивановна**

доктор географических наук, доцент кафедры  
туризма, Пермский государственный  
национальный исследовательский университет;  
Россия, 614990, Пермь, ул. Букирева, 15

**About the author****Olga I. Kadebskaya**

Doctor of Geographical Sciences, Associate  
Professor, Department of Tourism, Perm State  
University;  
15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia

e-mail: icecave@bk.ru

**Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:**

*Кадебская О.И.* Находка маркеров межледниковий в пещере Усвинская-1 (Средний Урал) // Географический вестник = Geographical bulletin. 2020. №3(54). С. 23–30. doi 10.17072/2079-7877-2020-3-23-30.

**Please cite this article in English as:**

*Kadebskaya O.I.* Interglacial markers found in Usvinskaya-1 cave (Middle Urals) // Geographical bulletin. 2020. №3(54). P. 23–30. doi 10.17072/2079-7877-2020-3-23-30.

УДК 551.435.118; 551.4.022

DOI: 10.17072/2079-7877-2020-3-30-45

**ПОЛЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОТСТУПАНИЯ БЕРЕГОВ РУСЛА Р. ОКИ  
В 2014–2018 ГГ. С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ПРОСТЫХ РЕПЕРОВ****Алексей Юрьевич Воробьев**

ORCID: 0000-0002-7110-4232, SPIN-код: 6331-7115

e-mail: a.vorobyov90@mail.ru

*Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина, Рязань*

**Александр Сергеевич Кадыров**

SPIN-код: 3542-2691.

e-mail: alieksandr.kadyrov.93@mail.ru

*Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина, Рязань*

В пределах средней части бассейна р. Оки, на суженных и расширенных участках ее поймы, в 2014–2018 гг. проводились исследования скорости отступления подмываемых берегов окского русла. Метод простых реперов был применен для определения скорости изменения контуров пойменной бровки на активных береговых откосах – участках относительно прямолинейного и меандрирующего русла Оки. Установлено, что в 2014–2017 гг., при малых половодьях, на уровне нижнего и среднего интервалов руслоформирующих расходов боковая эрозия определялась не столько флювиальным рельефообразованием, сколько склоновыми и антропогенными процессами. После спада половодья 2018 г., близкого по своему уровню и расходам к среднегодовым значениям, отмечалась значительная активизация отступления берегов при непосредственном воздействии на них потока, фиксировалось также формирование фестонов. Ежегодные данные и интегральные результаты исследований за пятилетний период свидетельствуют о преобладании продольных горизонтальных русловых деформаций и замедлении скорости поперечных деформаций, особенно в маловодные годы. Установлена существенная роль антропогенной и склоновой составляющей в боковой эрозии берегов русла Оки.

Ключевые слова: пойма, береговой откос, р. Ока, боковая эрозия, эрозионный репер, QGIS.



## FIELD STUDIES OF THE OKA RIVER BANK EROSION IN 2014–2018 BY THE EROSIONAL PINS METHOD

**Aleksey Yu. Vorobyov**

ORCID: 0000-0002-7110-4232, SPIN-код: 6331-7115

e-mail: a.vorobyov90@mail.ru

S.A. Yesenin Ryazan State University

**Aleksandr S. Kadyrov**

SPIN-код: 3542-2691, e-mail: alieksandr.kadyrov.93@mail.ru

S.A. Yesenin Ryazan State University

In 2014–2018, within the middle part of the Oka River basin, on narrowed and widened sections of its floodplain, were conducted studies of the retreat rate of the channel steep banks. The method of erosional pins was used to determine the rate of changes in the floodplain edge contours on active bank slopes – sections of the relatively straight and meandering Oka channel. We established that in 2014–2017, with low floods, at the level of the lower and middle intervals of channel-forming discharges, lateral erosion was determined not so much by fluvial relief formation as by slope and anthropogenic processes. After the recession of the 2018 flood, which was close in its level and discharge to the average annual values, there was a significant intensification of the bank retreat under the direct influence of the flow and more frequent formation of hollows. The annual data and integrated research results over the five-year period indicate a significant predominance of longitudinal horizontal channel deformations and a slowdown in the rate of transverse deformations, especially in dry years. The significant role of the anthropogenic and slope components in lateral erosion of the Oka channel banks has been established.

**К е у в о р д с :** floodplain, bank slope, Oka River, lateral erosion, erosional pin, QGIS.

### **Постановка фундаментальной проблемы и ее прикладное значение**

Среди проявлений флювиального рельефообразования одним из основных (и хозяйственно значимых) является боковая эрозия русел рек. На поймах крупных водотоков Восточно-Европейской равнины прикладное значение данного процесса возрастает вследствие вовлечения пойменных земель в сельскохозяйственный оборот и наличия большого количества водохранилищ, берега которых дополнительно разрушаются от воздействия волн. Горизонтальные деформации русел при прохождении максимальных и руслоформирующих расходов половодий и активизации склонового смещения блоков почвогрунтов на береговых откосах при их переувлажнении могут существенно снижать хозяйственную ценность прирусловых участков земель.

Днища долин рек отличаются, как известно, свойственной морфолитосистемам данного типа периодической динамикой рельефообразования [25]. Горизонтальные русловые деформации являются эрозионными проявлениями работы рек и обычно сопутствуют пойменно-русловой аккумуляции. В пределах конкретных участков русла между двумя его створами данные процессы протекают в контексте изменения местного баланса наносов [2]. Для рек Восточно-Европейской равнины с преобладанием меандрирующих участков русла, к числу которых относится и река Ока (в среднем ее течении), фиксируется наличие протяженных фронтов размыва на вогнутых берегах излучин. В ряде изданных работ [5; 14] проведены анализ причин различной интенсивности горизонтальных русловых деформаций от места к месту и расчет их среднегодовых значений в пойме средней Оки. Однако анализ осуществлялся посредством сравнения лоцманских и топографических карт, изданных, в основном, в XX в. В результате были получены усредненные значения скорости боковой эрозии за период с иной [21], по сравнению с современными условиями, внутригодовой гидроклиматической динамикой окского бассейна. Очевидно, что при учащении количества маловодных лет в бассейне Оки в 2010-е гг. скорость отступления береговых откосов речных русел должна

*Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология*  
*Воробьев А.Ю., Кадыров А.С.*

быть меньшей, чем в начале-середине XX в. Неясна, однако, мера воздействия маловодий на абсолютные значения эрозии активных берегов Оки. По данной причине наши полевые исследования проводились как в годы с половодьями, отличающимися низкими расходами и уровнями (2014–2017 гг.), так и в 2018 г. с «нормальным» весенним половодьем на средней Оке.

Фундаментальная значимость экспериментальных исследований динамики боковой эрозии почти целиком лежит в области динамической геоморфологии и русловедения. Однако объектом исследования подобных работ, помимо собственно аллювиальных отложений, являются почвы аллювиального типа, как правило, вследствие своего положения в речной долине, менее привлекательные для хозяйственного освоения по сравнению со своими автоморфными аналогами. Зачастую постулируются положения о малой агрокультурной ценности почв на прирусловых участках пойм [22], что на реках с неустойчивым руслом нередко соответствует действительности [33].

Между тем развитые аллювиальные почвы обладают большим плодородием, что предполагает высокий агрокультурный потенциал пойменных земель. Главная особенность геоморфологического положения профилей подобных почв заключается в постоянном обновлении их поверхности твердофазным материалом, приносимым половодьем с расположенной выше части речного бассейна. Так, на пойме средней части окского бассейна (особенно в Дединовском пойменном расширении) весенние паводки осуществляют аккумуляцию тонких фракций взвешенных наносов бассейнового генезиса [2; 24; 28], обуславливая увеличение емкости почвенной матрицы. В ряде отечественных и зарубежных работ актуализируется взаимосвязь затопляемости пойменных массивов и экономическая оценка местных сельскохозяйственных угодий (так называемая корректировка на топографию) [6; 21; 31]. Отметим, что цена выдела пойменного участка из-за периодического затопления всегда ниже, чем равного по площади участка на междуречье или террасе долины, при этом уценка достигает 10–20% [21].

Между тем важно положение оцениваемого участка относительно современного русла реки. Очевидно, что для водотоков с обширной поймой, а соотношение ширины поймы и русла реки Оки в ее среднем течении может достигать 40/1 – 60/1, территориальные выделы, расположенные в удалении от русла, могут иметь позиционные преимущества и недостатки. С одной стороны, участки в притеррасной пойме зачастую бывают заболочены и переувлажнены, особенно при наличии обвалования русла. Кроме того, в половодье значительная часть взвеси оседает в аккумулирующих емкостях, близких к руслу, в то время как на участках, примыкающих к границам поймы, отлагаются илы в небольшом объеме [17]. Удаленность от русла подразумевает сокращение риска проявления боковой эрозии, наносящей ущерб хозяйственным постройкам и сокращающей площадь самих пойменных массивов. Кроме того, аллювиальные почвы поймы Оки характеризуются достаточным восполнением запасов  $P_2O_5$  и  $K_2O$  вследствие периодического затопления [4; 26]. Их высокое естественное плодородие вступает в противоречие с уценкой стоимости земли вследствие периодической затопляемости и активизации боковой эрозии, актуализируя проблему целесообразности планирования хозяйственного освоения прирусловой поймы. Прогноз возможного ущерба от эрозионной работы рек, в том числе и по причине безвозвратных потерь масс гумусовых горизонтов аллювиальных почв, есть одно из наиболее значимых прикладных применений исследований горизонтальных русловых деформаций, проводимых методами динамической геоморфологии.

**Методика исследований**

Уменьшение площади пойменных генераций вследствие проявлений руслового рельефообразования носит последовательный характер, что благоприятно для ежегодных измерений скорости боковой эрозии. Мониторинг ее динамики в нашей работе включал использование реперов-кольев, закрепляемых в почвогрунтах на определенном расстоянии от подмываемого берега Оки (выбирались преимущественно активные береговые обнажения).

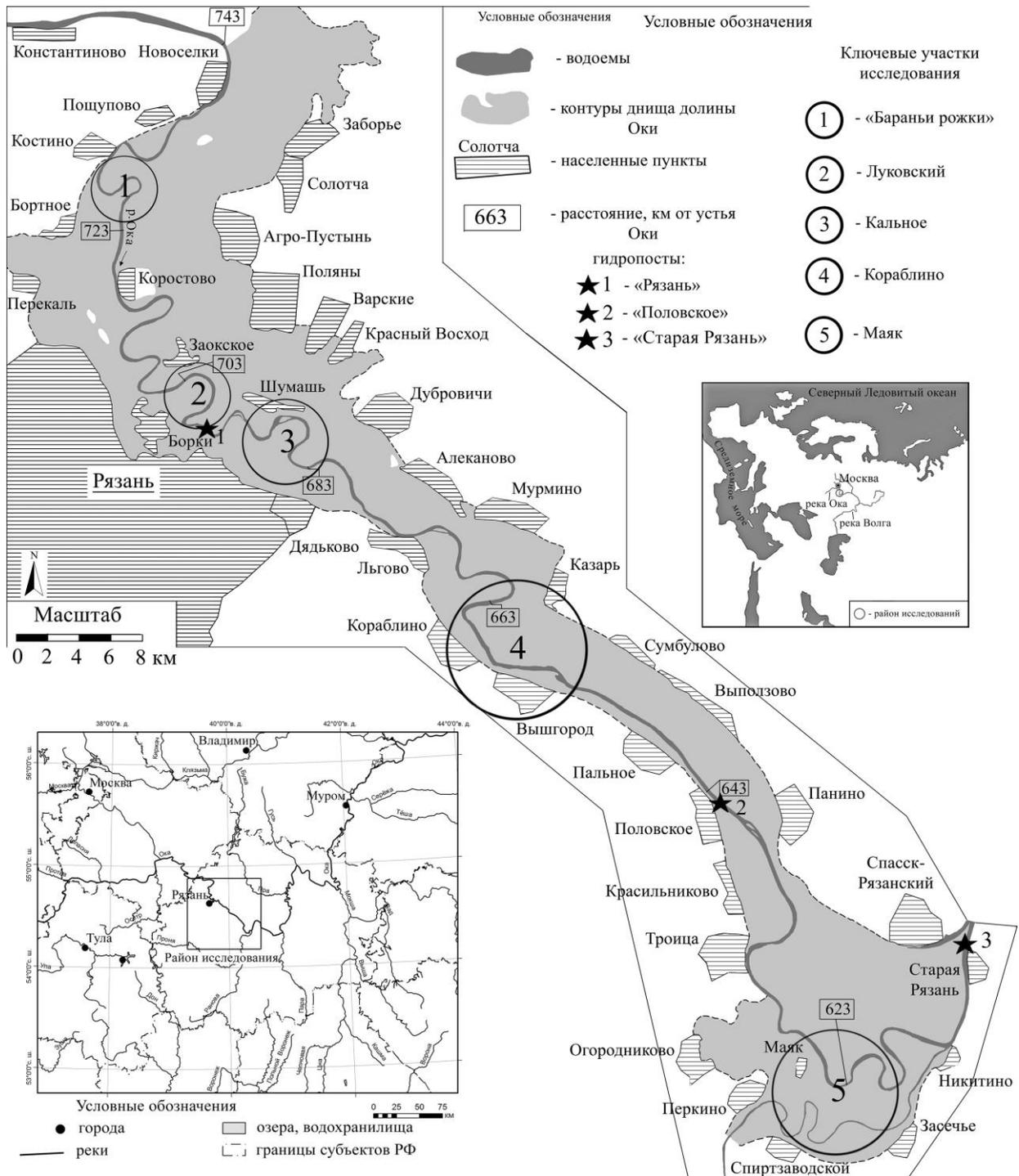


Рис. 1. Картограмма района исследований  
Fig. 1. Study area map

*Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология*  
*Воробьев А.Ю., Кадыров А.С.*

В зарубежных и отечественных исследованиях русловой динамики метод реперов (эрозионных штифтов) находит широкое применение [12; 13; 15; 29; 30; 32]. Установка реперов производилась как на участках меандров (на вогнутых берегах излучин), так и на откосах относительно прямолинейного русла. Задействованы ключевые участки «Бараньи рожки», «Луковский» и «Рязанский» в Рязанском расширении поймы реки Оки, участок «Кораблино» в Половском сужении (на входе в него) и участок «Маяк» в Спасском расширении окской поймы (в общей пойме рек Оки и Прони) (рис. 1).

Каждый из ключевых участков представляет совокупность береговых откосов, на которых производились измерения. Чаще всего они соответствовали вогнутым берегам определенных излучин, имеющих собственные названия [7; 9; 16]. Меандры существенно различаются по своим морфометрическим показателям, что влияет на территориальную приуроченность зон размыва берегов. Шпоры излучин и подмываемые откосы неоднородны и по условиям залегания аллювиальных фаций, положению переходов между фациальными телами, высоте надводной части берега, ширине русла и прочим гидроморфологическим параметрам руслового ложа. В целях возможно более полного охвата района исследований каждый русловой откос был разделен на сектора, расположенные под углом относительно оси пояса меандрирования. Протяженность таких секторов на различных излучинах неодинакова, однако в пределах каждого сектора выделялся участок пойменной бровки длиной 60 м., на котором концентрировалось большинство реперов. Общее число контрольных секторов русловых откосов составляет 93, из них в Рязанском расширении – 62, в Половском сужении – 13, в Спасском расширении – 18. На участках меандрирующего русла располагалось 84 контрольных участка, 9 секторов берегов соответствовали относительно прямолинейному руслу Оки.

Закрепление реперов проводилось на расстоянии 3 м друг от друга, при этом их установка сопровождалась съемкой навигатором GARMIN GPSMAP 62s, с ошибкой позиционирования не более 3–4 м. Вглубь поймы от первой линии реперов устанавливалась вторая дублирующая линия. В случае сильно изрезанных ее контуров (большое количество фестонов либо мысов) число реперов увеличивалось, однако всегда вычислялась средняя на сектор величина отступления берега. Расстояние, на которое отступил берег, измерялось геодезической рулеткой от репера до бровки поймы с точностью до первых сантиметров. В большинстве работ погрешность подобных измерений составляет 1 м [12; 15], однако при учете иных, помимо русловой эрозии, агентов рельефообразования в маловодные годы нередко осуществляются более точные измерения [29; 30; 32]. Следует отметить, что исследования производились дважды в год: весной после половодья и осенью перед началом гидрологического года, что важно при оценке вклада собственно размыва берега в изменение его контуров. В настоящей работе приводятся «осенние» данные, которые позволяют оценить эрозионную динамику в целом за год, однако на основании разницы с «весенними» цифрами учитывался также вклад различных эрозионных агентов в полученные результаты.

На этапе камеральной обработки результатов выполнялась привязка данных позиционирования к спутниковым снимкам в программе «QGIS v. 3.4.4-Madeira». На основании экспериментальных данных производился подсчет средней величины отступления пойменной бровки для каждого из секторов в отдельные годы исследования и за период 2104–2018 гг. Это позволило определить участки берегов, эродлируемые наиболее интенсивно, и установить границы пойменных выделов с нестабильными границами и значительными рисками для хозяйственной и рекреационной деятельности. В то же время при реализации методики простых реперов были получены данные высокого разрешения об изменении контуров русла Оки в годы, различные по водности.

### Условия и факторы боковых деформаций русла средней Оки

Начало пятилетнего периода исследований (2014–2015 гг.) характеризовалось крайне низкими максимальными расходами и уровнями весеннего половодья как на Рязанском участке, так и ниже по течению Оки, в Половском сужении ее поймы и в Спасском расширении. Максимальные уровни подъема воды не превышали 2–3 м, что соответствует нижнему интервалу руслоформирующих расходов (затопление прирусловых отмелей и оснований размываемых берегов) [8]. Незначительно в весенний период увеличивались и расходы ( $Q_{\max}$  – до 1400 м<sup>3</sup>/с) (рис. 2). Для района настоящего исследования эта величина всего в 4–5 раз превышает средние меженные расходы [1; 8], при том, что расчетным показателем расходов 1%-ной обеспеченности затопления (паводок 1970 г.) является значение 12200 м<sup>3</sup>/с. В 2016–2017 гг. максимальные расходы увеличились не более чем на 100 м<sup>3</sup>/с, а максимальные уровни – не более чем на 1 м.

Половодье 2018 г. развивалось в условиях резкого перехода от отрицательных температурных аномалий марта к потеплению первой половины апреля. В массивах данных хода температуры в верхней части бассейна Оки (метеостанции Поныри, Плавск, Можайск) и в средней его части (метеостанции Рязань, Павелец) отмечается изменение значений среднесуточной температуры от -9°C 28–31 марта до +10° – +12°C к 10 апреля [23]. Дружная весна способствовала быстрому снеготаянию, а глубокое промерзание почвы препятствовало чрезмерной фильтрации воды в почвогрунты. Половодье, сформировавшееся на средней Оке в 2018 г., было средним по максимальному уровню, хотя максимальные расходы оставались сравнительно невысокими (до 2500 м<sup>3</sup>/с). При затоплении поймы на уровне верхнего интервала руслоформирующих расходов и непосредственном взаимодействии русловых откосов с потоком на фоне полного заполнения руслового ложа ожидалась значительная активизация боковой эрозии.

Известно, однако, что и в маловодные годы происходит изменение контуров пойменной бровки под воздействием ряда факторов, непосредственно не связанных с работой рек. Наиболее заметными из них являются оползание блоков (что особенно характерно для ленточной субфации аллювиальных отложений), суффозионные процессы (вынос мелкозема при высоком коэффициенте фильтрации почвогрунтов береговых откосов) и антропогенная денудация (посещение откосов отдыхающими). Скорость деформаций речных берегов находится также в прямой зависимости от состава их отложений – связные суглинистые откосы размываются медленнее, чем рыхлые песчаные [25; 27; 30; 33].

В условиях поймы средней Оки, где мощность суглинистых отложений пойменной фации аллювия может достигать 6–6,5 м [7; 16], а подстилаются они отложениями разного генезиса (песками и алевритами), гранулометрический состав грунтов откоса приобретает важное значение.

Интенсивность эрозии откоса связана также с его расположением в системе зон размыва и аккумуляции, чередующихся в меандрирующем русле, а на прямолинейных его участках – приуроченных к ареалам искривления динамической оси потока. Главную роль играет так называемый «угол атаки», причем максимальный размыв приурочен к зонам перпендикулярного воздействия струй руслового потока во время половодья на берег [14; 32; 34]. Скорость продольных русловых деформаций на ряде излучин средней Оки, как правило, больше скорости поперечных деформаций, хотя при высокой степени развитости излучин сильнее размываются вогнутые берега на привершинных участках [5].

Морфологическим результатом вклада всех перечисленных факторов является образование характерного профиля берега. По М.М. Гендельману [10; 14], выделяют 5 типов береговых откосов:

1) крутой откос равномерного постепенного размыва с крутизной неосложненных оползнями и фестонами поперечных профилей 70°–90°;

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология  
Воробьев А.Ю., Кадыров А.С.

- 2) сползающий по всему фронту размыва (или его значительной части) берег;
- 3) откос обрушения, формирующийся при пространственно неоднородном подмыве низовой части откоса и потерей сцепления залегающей выше толщи грунтов;
- 4) террасовый берег со ступенчатым поперечным профилем;
- 5) прикрытый размыв с телом обломочного материала, оползневый или наложенный русловой аккумуляцией, в основании берега, предохраняющим последний от дальнейшей эрозии.

Преобладание какой-либо из перечисленных форм подмываемых берегов на том или ином ключевом участке свидетельствует об особенностях местной гидродинамики и литологии береговых отложений. Определение преобладающих форм береговых профилей может иметь, таким образом, важное прогностическое значение в контексте неоднородности динамики эволюции отдельных пойменных массивов.

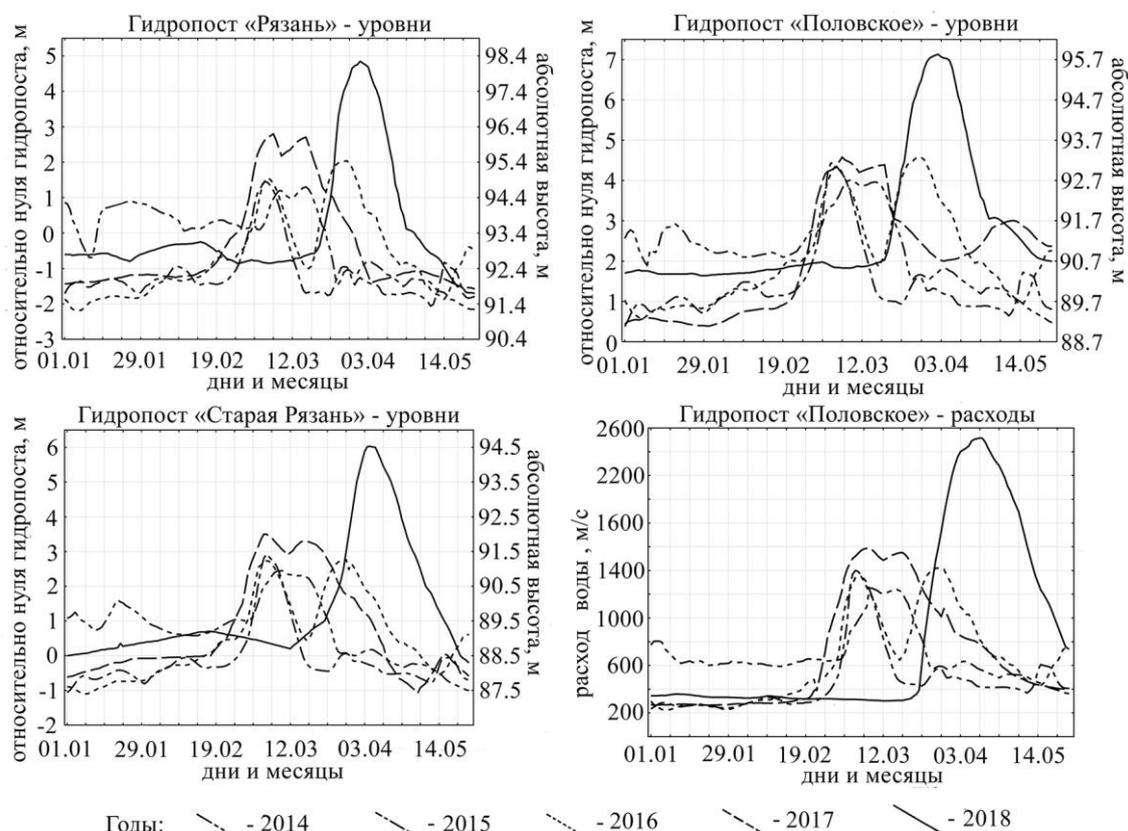


Рис. 2. Изменение уровней и расходов Оки на гидропостах в районе наблюдений  
Fig. 2. Changes in the Oka River level and discharge at gauging stations in the observation area

### Полученные результаты и их обсуждение

Как можно заметить на картосхеме ключевого участка «Бараньи рожки», из двух окских излучин наибольшие скорости смещения (почти до 2,7 м/5 лет) пойменной бровки характерны для Марковской излучины (рис. 3). Вогнутые берега обоих меандров имеют высоту до 5,3 м и сложены суглинками (до глубины 3,5–4 м от поверхности) и русловыми песками (низовая часть откосов). Большая часть фронта размыва Костинской излучины относится к третьему типу откосов. Фронт размыва же Марковской излучины от начала до устья р. Солотчи можно отнести к первому типу (сектор № 16) и к четвертому типу (сектора № 13–15), а в секторах № 18–21 преобладают откосы обрушения. У устья р. Солотчи (сектора № 16–17) после половодья 2018 г. образовались два фестона, что увеличило суммарную величину отступления пойменной бровки до 2–2,3 м.

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология  
Воробьев А.Ю., Кадыров А.С.

В секторах № 9–12 нижнего крыла Костинской излучины отступление вогнутого берега было меньшим (до 35 см/5 лет), чем на вершине (до 100 см/5 лет). Очень сильный размыв с высокими рисками для любого хозяйственного использования примыкающего пойменного массива отмечается для секторов № 19–20 Марковской излучины. Даже в маловодные годы здесь обычным было оползание мелких блоков аллювия, а в 2018 г. образовались новые фестоны и расширились уже существующие. Увеличенные значения боковой эрозии объясняются, по-видимому, набеганием потока на берег на фоне местного переуглубления русла (до 10–12 м по [18]) под прямым или почти прямым углом во время прохождения поводной волны 2018 г. при затопленной пойме.

Преобладание продольного смещения Марковской излучины фиксируется и на историческом этапе ее развития. При наложении с помощью ГИС современных ее плановых очертаний на контуры середины XIX в. (карты Атласа Менде) была установлена средняя за 150 лет скорость отступления берега в секторах № 18–21 – 1,5–1,9 м/год, а в секторах № 13–16 – 0,6–1,0 м/год [9]. Еще большая средняя скорость отступления берега (до 4 м/год) за тот же промежуток времени, но только для секторов № 22–28, была характерна для Луковской излучины. Продольное смещение за последние 150 лет здесь было слабо выражено, форма излучины изменилась со специфической П-образной на омеговидную (по классификации Р.С. Чалова [24]). Ей соответствуют параметры:  $L/h = 1,1$  (отношение шага к длине стрелы прогиба),  $r = 4,3V$  (радиус кривизны в 4,3 раза больше ширины русла) и  $l = 2,76h$  (длина по руслу в 2,6 раза больше стрелы прогиба). В настоящее время на Луковской излучине Оки поддерживается фронт размыва длиной 4,1 км (для сравнения: на Костинской и Марковской излучинах – 1,8 км и 1,65 км соответственно). Наибольшие скорости отступления пойменной бровки за 2014–2018 гг. фиксируются как в привершинной части (сектора № 23; № 25–27), так и на нижнем крыле (сектора № 30–33). Большая часть фронта размыва относится к первому типу. В секторах № 31–33 преобладает третий тип откосов с многочисленными неглубокими фестонами, а в секторе № 29 невысокая скорость боковой эрозии связана с распространением древесно-кустарниковой растительности. Благодаря совпадению циркуляционных течений и скоростного поля потока на нижнем крыле Луковской излучины, как и на нижнем крыле Марковского меандра, наблюдаются формирование второй вершины и усиление боковой эрозии.

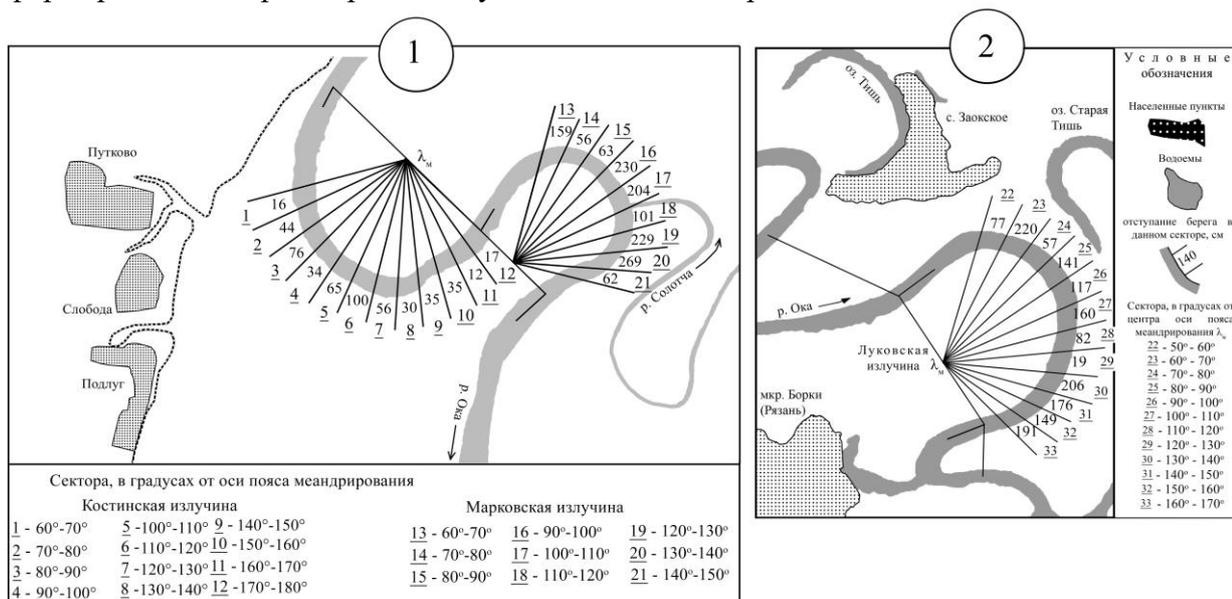


Рис. 3. Отступление берегов Оки на ключевых участках «Бараны Рожки» и «Луковский»  
 Fig. 3. The retreat of the Oka River banks in key areas Baranyi Rozhki and Lukovsky

*Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология*  
*Воробьев А.Ю., Кадыров А.С.*

Для трех излучин ключевого участка «Рязанский» за 2014–2018 гг. фиксируется более медленная динамика отступления пойменной бровки – не более 1,9 м для отдельного сектора откоса (рис. 4). И здесь наибольшие скорости боковой эрозии характерны для нижних крыльев излучин: это сектора № 38–39 на Шумашской излучине (до 1,06 м/5 лет), сектора № 48–40 на Кальновской излучине (до 1,9 м/5 лет), сектора № 58–62 на Дубровичской излучине (до 2 м/5 лет). Максимальные скорости размыва за 2018 г. были характерны для вогнутого берега нижнего крыла Кальновской излучины (третий тип откоса), где после половодья здесь образовалось 3 крупных фестона  $d$  в виде прямоугольных выемок. Фронт размыва Шумашской излучины относится преимущественно к первому типу (равномерный размыв), в меньшей степени – ко второму типу (оползающий откос). На вогнутом берегу Дубровичской излучины преобладающие типы откосов разнообразны. Так, в секторах № 59–60 размываемый берег относится к первому типу, а для секторов № 56–57 доминируют склоны обрушения. Правый берег меандрирующего русла Оки на ключевом участке «Рязанский» имеет сложное строение. Под суглинками пойменной фации аллювия, мощность которых достигает до 3–4 м, залегают перемытые моренные отложения (до 1 м мощности), перекрывающие толщу алевритов озерного типа, уходящую ниже уреза реки [16]. Сложение берега трудноразмываемыми связными породами определяет в целом невысокие скорости боковой эрозии, которые при расположении ключевого участка в удаленном районе могли бы быть еще меньшими, поскольку вогнутые берега Шумашской и Дубровичской излучин испытывают интенсивную антропогенную нагрузку. За последние 150 лет средняя за год скорость боковой эрозии на всех трех излучинах ключевого участка «Рязанский» (причем для Кальновской излучины преобладало продольное смещение, а для остальных двух – поперечное) не превышала 1 м/год.

В Половском сужении отмечается существенно меньшая, по сравнению с ключевыми участками в Рязанском расширении, скорость горизонтальных русловых деформаций. В пределах основной части берега она не превышает 1 м/5 лет. Лишь на отрезке 659,5–661 км от устья Оки, соответствующему нижнему крылу Казарской излучины и участку прямолинейного русла, общее смещение пойменной бровки за пятилетний период составило до 1,2–1,8 м. Суглинистый берег высотой от 5,6 м до 6,3 м представляет собой двухуровневую террасу (четвертый тип откосов). Высота первой от уреза реки ступени – до 3,7–4,1 м, а верхней ступени (до поверхности дневной почвы) – до 1,6–2,0 м. Реже, только в секторах № 71–72, встречается также и третий тип (откос обрушения). Напротив формирующегося побочня на Вышгородском перекате, на отрезке русла 655–656 км от устья, суглинисто-супесчаный левый берег при значительной заселенности древесной и кустарниковой растительностью отступает медленно. Суммарная величина боковой эрозии здесь в пределах погрешности измерений (не более 0,2 м/5 лет).

Настолько же мала скорость отступления бровки поймы на участке прямолинейного русла в Спасском расширении, в границах отрезка русла Оки 625–626 км от устья. Ниже по течению, с увеличением кинетичности потока на участке меандрирующего русла, обнаруживается усиление переработки вогнутых берегов Остролицкой и Перкинской излучин. На первой из них активный откос приурочен к фронту размыва, отстоящему на  $90^{\circ}$ – $170^{\circ}$  (сектора № 79–86) от точки входа в радиус меандра. Как и на большинстве прочих излучин, здесь наиболее активен берег нижнего крыла. Местной его особенностью в секторах № 82–84 является подмыв останца надпойменной террасы, высота которого над урезом реки составляет 12–14 м. Верхняя часть останца песчаная, гравитационно подвижная, особенно на фоне частого посещения отдыхающими краевой части останцового возвышения. С антропогенным прессингом и сугубо гравитационными процессами связано значительное превышение значений отступления «берега» над соседними секторами. Отметим, что ни в одном из других секторов Остролицкой излучины суммарная скорость боковой эрозии не

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология  
Воробьев А.Ю., Кадыров А.С.

превышает 0,7 м за пять лет. Значительное переуглубление русла в контурах данной излучины (до 16–17 м, по [9]) при врезании Оки в трудноразмываемые плейстоценовые илы свидетельствует о преобладании глубинной эрозии над боковой.

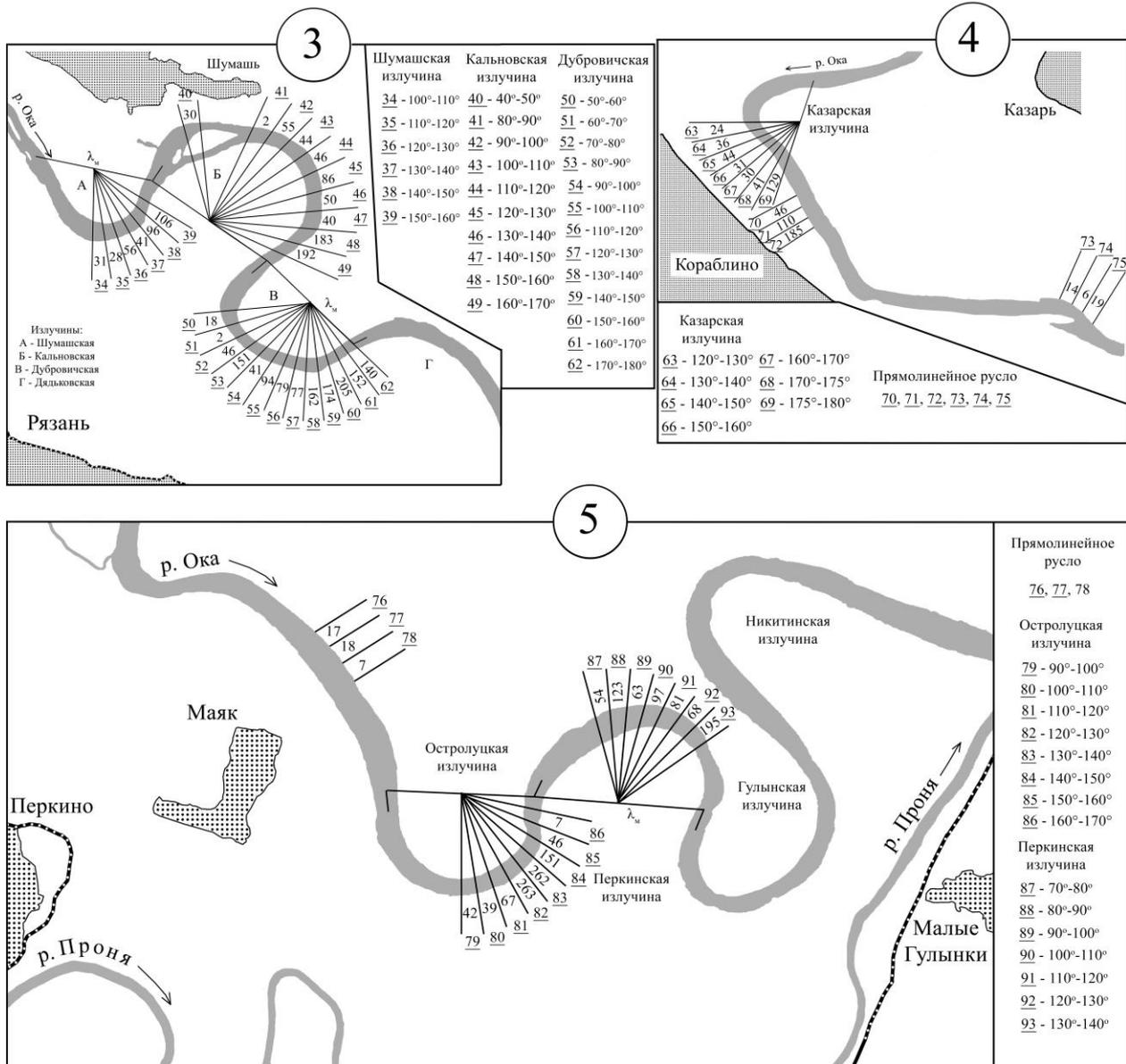


Рис. 4. Отступление берегов Оки на ключевых участках «Кальное», «Кораблино» и «Маяк»  
Fig. 4. The retreat of the Oka River banks in key areas Kalnoye, Korablino and Mayak

К потенциальным катастрофическим последствиям для пойменных угодий в районе шейки Гулынской излучины может привести увеличение водности Оки. Существуют прогнозы повышения нормы стока рек Восточно-Европейской равнины к середине XXI в. на 10–20% [11]. На современном этапе в секторах №88 и №93 отмечаются обрушения берега со скоростью его отступления до 2 м/5 лет. В отличие от прямоугольных выемок, как в секторах №23 и №30–33 Кальновской излучины, для откосов Перкинской излучины характерен значительно более равномерный размыв. Остальным секторам соответствуют скорости эрозии от 0,5–1,0 м/5 лет. На вогнутом берегу данной излучины повсеместно преобладают откосы первого типа. При сохранении существующей динамики размыва шейка излучины

будет прорвана примерно через 120–140 лет. Учитывая, что спрямляющая протока может образоваться во время одного мощного половодья, время ожидания до прорыва может сократиться до нескольких десятилетий.

Неодинаковые из года в год условия формирования половодной волны и ее параметры определяют локальные особенности воздействия потока на береговые откосы (рис. 5). Для кривой средних по секторам значений боковой эрозии 2018 г. характерен более пологий тренд, чем для маловодных лет. Почти все значения  $>100$  см/год также соответствуют 2018 году. Отклонения от линейной ординации значков маловодных лет (2014–2016 гг.), заметные в области 25–55 см/год, отображают мелкоблоковую активизацию откосов при отсутствии непосредственного воздействия на них водных масс.

Важным фактором подобной активизации является антропогенное воздействие, особенно на ключевых участках «Рязанский» и «Луковский», а также на вогнутом берегу Остролуцкой излучины в Спасском расширении. Береговые откосы, интенсивно посещаемые рыбаками и отдыхающими, отступают на расстояние порядка 0,2–0,5 м/год. На бровке вогнутого берега Луковской излучины часто встречаются суффозионные просадочные борозды длиной до 1 м, шириной до 0,3–0,5 м, глубиной до 0,4–0,7 м.

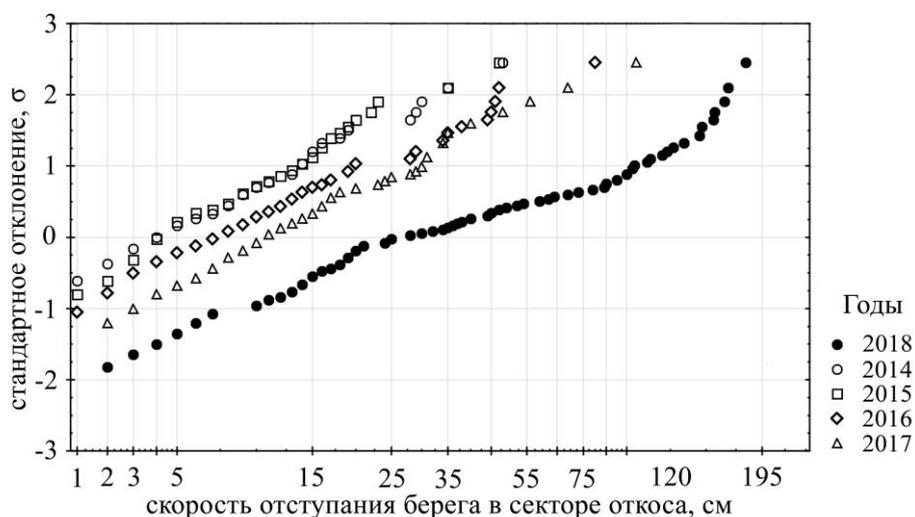


Рис. 5. Распределения скорости отступления берегов Оки на береговых секторах в 2014–2018 гг.

Fig. 5. The Oka banks retreat rate distribution in the waterside sectors in 2014–2018

Образование развитых полуцирков-фестонов наблюдалось только в 2018 г. на привершинных частях и (что фиксировалось гораздо чаще) на нижних крыльях излучин. Наибольшая их повторяемость характерна для Марковской, Кальновской и Дубровичской излучин, причем при образовании подобных крупных выемок скорость отступления пойменной бровки резко увеличивалась. Берег смещался до 3 м вглубь поймы на участке бровки протяженностью 15–30 м. Усреднение скорости отступления берега на конкретном секторе берега затушевывает отдельные максимумы данного параметра, формирующиеся при резком обрушении руслового склона. Тем не менее образование фестонов проявляет себя на гистограммах интенсивности отступления отдельных излучин за 5 лет модальными классами 150–165 см, 180–195 см, 195–210 см и 255–270 см (рис. 6).

Множество годовичных значений боковой эрозии секторов отдельных излучин было разделено на классы размерности. Шаг управляемой классификации – 20 см, максимальные возможные значения – 180–200 см, минимальные – 0–20 см. Аппроксимация линейной функцией множества годовичных значений скорости боковой эрозии была проведена для участков относительно прямолинейного и меандрирующего русла Оки, задействованных в

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология  
Воробьев А.Ю., Кадыров А.С.

настоящем исследовании. Степень островершинности графиков и сдвиг их по оси  $x$  дает общее представление о стабильности вогнутого берега конкретной излучины. Наиболее интенсивная эрозия отмечается на откосах Марковской и Луковской излучин, причем если на последней пологость графика обусловлена равномерностью размыва по всему фронту, то на Марковской излучине – наличием значений в классе 160–180 см (образование фестонов). Распределение значений отступления берега Оки по классам размерности на Дубровичской, Перкинской и Остролуцкой излучинах сходно. Основная часть наблюдений приурочена к классу 0–20 см, при заметной доле класса 20–40 см, однако на единичных секторах в отдельные годы фиксируется обрушение отдельных блоков (значения в интервалах 40–60 см, 60–80 см, 80–100 см). Медленнее всего эродируются берега Костинской, Шумашской и Казарской излучин, а также прямолинейных участков окского русла.

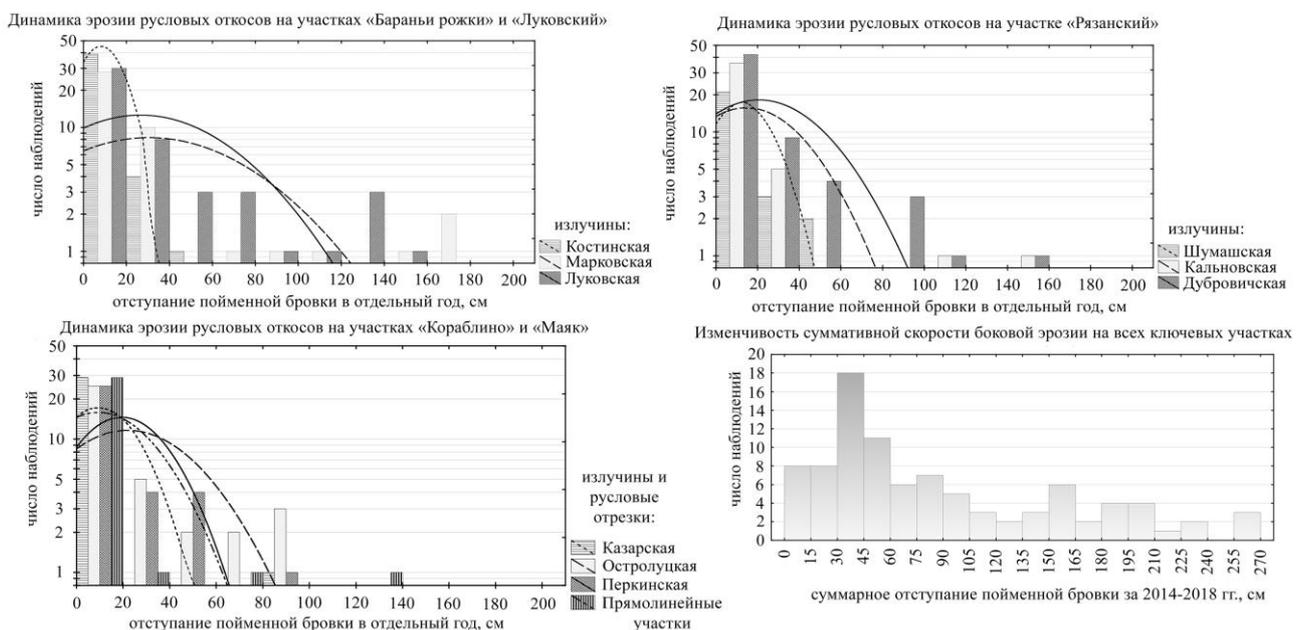


Рис. 6. Общая динамика боковой эрозии на ключевых участках и распределение ее по интервалам значений  
Fig. 6. General dynamics of lateral erosion in key areas and its distribution by value intervals

### Заключение

Метод простых реперов, апробированный для определения динамики боковой эрозии берегов Оки в ее среднем течении, позволил выявить участки с наиболее активными русловыми откосами. В маловодные 2014–2017 гг. берега Оки были относительно стабильны, доминировали антропогенная и склоновая эрозии. На фоне половодья 2018 г., нормального по уровням и расходам, произошла резкая активизация размыва откосов с отступанием пойменной бровки до 1,8 м. Основания откосов Шумашской, Дубровичской и Остролуцкой излучин сложены трудноразмываемыми породами, что определяет замедление динамики поперечных и продольных горизонтальных русловых деформаций до 0,5–0,7 м/5 лет. Смещение бровки поймы на откосах относительно прямолинейного русла в среднем за год находится около пределов точности измерений – не более 0,2 м, в редких случаях – до 1–1,4 м. По наблюдениям за пятилетний период боковая эрозия усилена на вогнутых берегах Марковской и Луковской излучин на участках 725–727 км и 698–702 км от устья Оки. Среднее расстояние отступления пойменной бровки на весь фронт размыва здесь составляет 1,3–1,5 м/5 лет. К числу пойменных массивов, площадь которых сокращается наиболее интенсивно, относится и шейка Гулынской излучины в Спасском расширении. Вогнутый берег, предшествующей ей по руслу Перкинской излучины, отступил за 2014–2018 гг. в среднем на 1 м. На фронтах размыва Марковской,

*Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология*  
*Воробьев А.Ю., Кадыров А.С.*

Кальновской и, в меньшей степени, Дубровичской и Перкинской излучин наблюдаются частые обрушения откосов, образование фестонов и значительное изменение береговой линии. Проведение сельскохозяйственных мероприятий на данных участках, рекреационное их использование и перемещение на личном транспорте по проселочным дорогам вдоль береговых уступов требует учета местных геоморфологических рисков.

**Благодарности** Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 18-45-623002) и Министерства промышленности и экономического развития Рязанской области.

**Acknowledgments.** The reported study was by the RFBR project no. 18-45-623002 and the Ministry of Industry and Economic Development of the Ryazan Region.

### Библиографический список

1. Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов URL: <https://gmvo.skniivh.ru> (дата обращения: 14.03.2020).
2. Алексеевский Н.И. Формирование и движение речных наносов. М., 1998. 202 с.
3. Ассоциация развития рынка недвижимости «СтатРиелт». URL: <https://statrielt.ru/korrektirovki-stoimosti-zemli> (дата обращения: 31.03.2020).
4. Балабко П.Н., Снег А.А., Локалина Т.В., Щедрин В.Н. Почвы мелиорированной поймы верхнего течения реки Оки, используемые в интенсивном земледелии // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2016. № 3 (23). С. 116–137.
5. Баровский Н.А., Чалов Р.С. Гидролого-морфологический анализ и условия развития русел рек в бассейне р. Оки // Вестник Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2004. № 2. С. 63–68.
6. Бурлакова Л.М., Мерецкий В.А., Самойлов С.А. Методические подходы к организации государственного контроля за использованием и охраной автоматизированного земельно-кадастрового мониторинга в Алтайском крае // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2003. № 4 (12). С. 45–50.
7. Водорезов А. В., Воробьев А. Ю., Кривцов В. А. Методика изучения особенностей проявления и динамики экзогенных геоморфологических процессов в долине р. Оки в ее среднем течении в позднем плейстоцене и голоцене: мат. XXXV Пленума Геоморфологической комиссии РАН. Симферополь: Изд-во Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского, 2016. С. 339–343.
8. Воробьев А.Ю., Бахмутов Д.А., Кадыров А.С. Особенности весенних половодий в 2012–2018 годах на рязанском участке поймы реки Оки // Вопросы региональной географии и геоэкологии. Рязань, 2019. С. 26–31.
9. Воробьев А.Ю., Пузаков С.В. Динамика боковой эрозии на вогнутых берегах излучин р. Оки в ее среднем течении в XIX–XX вв. и на современном этапе // Вестник Рязанского государственного университета. 2017. №3/56. С.152–161.
10. Гендельман М.М. К вопросу о механизме переработки берегов речных русел // Метеорология и гидрология. М., 1975. № 12. С. 89–94.
11. Георгиади А.Г., Коронкевич Н.И., Милюкова И.П., Барабанова Е.А., Какутина Е.А. Современные и сценарные изменения стока Волги и Дона // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2017. № 3. С.6–23.
12. Завадский А.С. Исследования размывов берегов и обоснование их мониторинга на малых и средних реках Московской области // Эрозионные, русловые процессы и проблемы гидроэкологии. М.: Изд-во Моск.ун-та, 2004. С.40–47.
13. Илларионов А.Г., Перевоицков А.А., Петухова Л.Н., Рысин И.И. Размыв берегов и аккумуляция наилка на поймах рек Удмуртии // Пойма и пойменные процессы. СПб.: Изд-во РГГМУ, 2006. С. 108–123.
14. Кондратьев Н.Е., Попов И.В., Смищенко Б.Ф. Основы гидроморфологической теории руслового процесса. Л.: Гидрометеиздат, 1982. 270 с.
15. Кораблева О. В., Чернов А.В. Опыт мониторинга русловых деформаций на широкопойменных реках (на примере р. Керженец) // География и природные ресурсы. 2008. № 2. С. 158–165.
16. Кривцов В.А., Воробьев А.Ю. Особенности пространственной организации и формирования локальных морфологических комплексов в пределах поймы реки Оки на ее рязанском участке // Вестник Рязанского государственного университета. 2014. №1/42. С.141–154.

## Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология

Воробьев А.Ю., Кадыров А.С.

17. Лазаренко А.А. Литология аллювия равнинных рек гумидной зоны (на примере Днепра, Десны, Оки). // Труды ГИН. Вып. 120. М.: Наука, 1964. 236 с.
18. Моспан Е.Л. Лоция внутренних водных путей. М.: Транслит, 2008. 112 с.
19. Назаров Н.Н., Копытов С.В., Чернов А.В. Пойменные генерации как объекты геоморфологической дифференциации долин широкопойменных рек (на примере Верхней Камы) // Вестник Удмуртского университета. Сер. Биология. Науки о Земле. 2015. № 3(25). С. 108–114.
20. Рекомендации по оценке и прогнозу размыва берегов равнинных рек и водохранилищ для строительства / ПНИИИС. М.: Стройиздат, 1987. 72 с.
21. Савичев А.И., Мироничева Н.П., Цепелев В.Ю. Особенности колебаний атмосферной циркуляции в Атлантико-Евразийском секторе полушария за последние десятилетия // Учен. зап. Рос. гос. гидромет ун-та. 2015. № 39. С.120–131.
22. Спесивый О.В., Демидов П.В. Дифференциация показателей кадастровой стоимости земель на основе качественной оценки // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2010. № 3 (26). С. 97–101.
23. Специализированные массивы для климатических исследований. URL: <http://aisori-m.meteo.ru> (дата обращения: 31.03.2020).
24. Чалов Р.С. Русловедение: теория, география, практика. Т. 2. Морфодинамика речных русел. М.: КРАСАНД, 2011. 960 с.
25. Чернов А.В. Геоморфология пойм равнинных рек. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1983. 197 с.
26. Шишов С.А. Аллювиальные темногумусовые почвы Окской поймы в районе села Дединово, их агроэкологические свойства и динамика почвенных процессов // Проблемы почвоведения. РАСХН. М.: Изд-во почв, ин-та им. В.В. Докучаева, 2006. С. 174–198.
27. Barman K., Roy S., Das V.K., Debnath K. Effect of clay fraction on turbulence characteristics of flow near an eroded bank // Journal of Hydrology, Vol. 571. 2019. P.87–102.
28. Brierley G. J. Floodplain sedimentology of the Squamish River, British Columbia: relevance of element analysis // Sedimentology. Vol. 38. 1991. P.735–750.
29. Donovan M., Miller A., Baker M., Gellis A. Sediment contributions from floodplains and legacy sediments to Piedmont streams of Baltimore County, Maryland // Geomorphology. Vol. 235. 2015. P.88–105.
30. Foucher A., Salvador-Blanes S., Vandromme R., Cerdan O., Desmet M. Quantification of bank erosion in a drained agricultural lowland catchment // Hydrological processes. Vol. 31. 2017. P.1–14.
31. Lagasse P.F., Zewenbergen L.W., Spitz W.J., Thorne C.R. Methodology for Predicting Channel Migration. Washington, DC: The National Academies Press. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2004. 214 p.
32. Palmer J. A., Schilling K. E., Isenhardt T. M., Schultz R. C., Tomer M. D. Streambank erosion rates and loads within a single watershed: Bridging the gap between temporal and spatial scales // Geomorphology. Vol. 209. 2014. P.66–78.
33. Shu A., Li F., Liu H., Duan G., Zhou X. Characteristics of particle size distributions for the collapsed riverbank along the desert reach of the upper Yellow River // International Journal of Sediment Research. Vol. 31. 2016. P. 291–298
34. Yu M., Wei H., Wu S. Experimental study on the bank erosion and interaction with near-bank bed evolution due to fluvial hydraulic force // International Journal of Sediment Research. Vol.30. 2015. P.81–89.

## References

1. Automated information system for state monitoring of water objects. [<https://gmvo.skniivh.ru/>] Date of the application: 06.02.2020. URL: [In Russian]
2. Alekseevskij N.I. Formirovanie i dvizhenie rechnyh nanosov. Moscow: Publishing House of Moscow University, 1998. 202 p. [In Russian]
3. Real Estate Market Development Association "StatRealt" [<https://statielt.ru/korrektirovki-stoimosti-zemli>]. Date of the application: 31.03.2020. [In Russian]
4. Balabko P.N., Sneg A.A., Lokalina T.V., Shhedrin V.N. Pochvy meliorirovannoj pojmy verhnego techenija reki Oki, ispol'zuemye v intensivnom zemledelii // Scientific journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems. 2016. № 3 (23). P. 116–137. [In Russian]

## Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология

Воробьев А.Ю., Кадыров А.С.

5. Barovskij N.A., Chalov R.S. Hidrologo-morfologicheskij analiz i uslovija razvitija rusel rek v bassejne r. Oki // Vestnik Mosk. un-ta. Ser. 5. Geografija. 2004. № 2. P. 63–68. [In Russian]
6. Burlakova L.M., Mereckij V.A., Samojlov S.A. Metodicheskie podhody k organizacii gosudarstvennogo kontrolja za ispol'zovaniem i ohranoj avtomatizirovannogo zemel'no-kadastravogo monitoringa v Altajskom krae // Bulletin of Altai State Agrarian University. 2003. № 4 (12). Pp. 45–50. [In Russian]
7. Vodorezov A.V., Vorobyov A.Y., Krivcov V.A. Metodika izuchenija osobennostej projavlenija i dinamiki jekzogennyh geomorfologicheskikh processov v doline r. Oki v ee srednem techenii v pozdnem plejstocene i golocene // Materialy HHHV Plenuma Geomorfologicheskoi komissii RAN. Simferopol', Izd-vo Krymskogo federal'nogo universiteta im. V.I. Vernadskogo. 2016. P. 339–343. [In Russian]
8. Vorobyov A.Y., Bahmutov D.A., Kadyrov A.S. Osobennosti vesennih polovodij v 2012-2018 godah na rjazanskom uchastke pojmy reki Oki // In the collection: Issues of regional geography and geoecology. Collection of scientific papers. Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation; Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ryazan State University named after S. A. Yesenin". Ryazan, 2019. P. 26–31. [In Russian]
9. Vorobyov A.Y., Puzakov S.V. Dinamika bokovoj jerozii na vognutyh beregah izluchin r. Oki v ee srednem techenii v HIIH-HH vv. i na sovremennom jetape // Vestnik Rjazanskogo gosudarstvennogo universiteta. 2017. №3/56. P. 152–161. [In Russian]
10. Gendel'man M.M. K voprosu o mehanizme pererabotki beregov rechnyh rusel // Meteorology and hydrology. M. 1975. № 12. P. 89–94. [In Russian]
11. Georgiadi A.G., Koronkevich N.I., Miljukova I.P., Barabanova E.A., Kashutina E.A. Covremennye i scenarnye izmenenija stoka Volgi i Dona // Water economy of Russia: problems, technologies, management. 2017. № 3. P. 6–23. [In Russian]
12. Zavadskij A.S. Issledovanija razmyvov beregov i obosnovanie ih monitoringa na malyh i srednih rekah Moskovskoj oblasti // Erosion, channel processes and problems of hydroecology. M.: Moscow State University. 2004. P. 40–47. [In Russian]
13. Illarionov A.G., Perevoshnikov A.A., Petuhova L.N., Rysin I.I. Razmyv beregov i akumuljacija nailka na pojмах rek Udmurtii // Floodplain and floodplain processes. Interuniversity collection. Edited by prof. N.B. Baryshnikova and prof. R.S. Chalov. Spb.: Published: RGGMU, 2006. Pp. 108–123. [In Russian]
14. Kondrat'ev N. E., Popov I. V., Snishhenko B. F. Osnovy gidromorfologicheskoi teorii ruslovogo processa. L. Hydrometeoizdat, 1982. 270p. [In Russian]
15. Korableva O. V., Chernov A.V. Opyt monitoringa ruslovyh deformacij na shirokopoljnyh rekah (na primere r. Kerzheneц) // Geography and Natural Resources. 2008. № 2. P.158–165. [In Russian]
16. Krivcov V.A., Vorobyov A.Y. Osobennosti prostranstvennoj organizacii i formirovanija lokal'nyh morfologicheskikh kompleksov v predelakh pojmy reki Oki na ee rjazanskom uchastke // Vestnik Rjazanskogo gosudarstvennogo universiteta. 2014. №1 (42). P.141–154. [In Russian]
17. Lazarenko A.A. Litologija alljuvija ravninnyh rek gumidnoj zony (na primere Dnepra, Desny, Oki). Trudy GIN, vyp. 120. M.: Nauka, 1964. 236 p. [In Russian]
18. Mospan E.L. Locija vnutrennih vodnyh putej. Moskva, «Translit», 2008. 112 s. [In Russian]
19. Nazarov N.N., Kopytov S.V., Chernov A.V. Pojmennye generacii kak obekty geomorfologicheskoi differenciacii dolin shirokopoljnyh rek (na primere Verhnej Kamy) / Vestnik Udmurtskogo universiteta. Serija biologija. Nauki o Zemle. Izd-vo Udm. Gos. un-ta. 2015. № 3(25). Pp. 108–114. [In Russian]
20. Rekomendacii po ocenke i prognozu razmyva beregov ravninnyh rek i vodohranilishh dlja stroitel'stva. PNIIS. M.: Stroyizdat, 1987. 72 p. [In Russian]
21. Savichev A.I., Mironicheva N.P., Cepelev V.Ju. Osobennosti kolebanij atmosfernoj cirkuljacii v Atlantiko-Evrazijskom sektore polusharija za poslednie desjatiletija // Scientific notes of the Russian State Hydrometeorological University. 2015. № 39. Pp. 120–131. [In Russian]
22. Spesivij O.V., Demidov P.V. Differenciacija pokazatelej kadastravoi stoimosti zemel' na osnove kachestvennoj ocenki // Bulletin of the Voronezh State Agrarian University. 2010. № 3 (26). Pp. 97–101. [In Russian]
23. Specialized arrays for climate research [<http://aisori-m.meteo.ru/>] Date of the application: 31.03.2020. [In Russian]
24. Chalov R.S. Ruslovedenie: teorija, geografija, praktika. T. 2.: Morfodinamika rechnyh rusel. M.: KRASAND, 2011. – 960 s. [In Russian]

## Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология

Воробьев А.Ю., Кадыров А.С.

25. Chernov A.V. Geomorfologija pojm ravninnyh rek. M.: izd-vo Mosk. unta.1983. 197 s.. [In Russian]
26. Shishov S.A. Alljuvial'nye temnogumusovye pochvy Okskoj pojmy v rajone sela Dedinovo, ih agrojekologicheskie svoystva i dinamika pochvennyh processov // Problems of soil science: Scientific. tr Soil, Institute of them. V.V. Dokuchaev RAAS, 2006. P.174–198. [In Russian]
27. Barman K., Roy S., Das V.K., Debnath K. Effect of clay fraction on turbulence characteristics of flow near an eroded bank // Journal of Hydrology, Vol. 571. 2019. P. 87–102. [In English]
28. Brierley G. J. Floodplain sedimentology of the Squamish River, British Columbia: relevance of element analysis // Sedimentology. Vol. 38. 1991. P. 735–750. [In English]
29. Donovan M., Miller A., Baker M., Gellis A. Sediment contributions from floodplains and legacy sediments to Piedmont streams of Baltimore County, Maryland // Geomorphology. Vol. 235. 2015. P. 88–105. [In English]
30. Foucher A., SalvadorBlanes S., Vandromme R., Cerdan O., Desmet M. Quantification of bank erosion in a drained agricultural lowland catchment // Hydrological processes. Vol. 31. 2017. P.1–14. [In English]
31. Lagasse P.F., Zewenbergen L.W., Spitz W.J., Thorne C.R. Methodology for Predicting Channel Migration. Washington, DC: The National Academies Press. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2004. 214p. [In English]
32. Palmer J. A., Schilling K. E., Isenhardt T. M., Schultz R. C., Tomer M. D. Streambank erosion rates and loads within a single watershed: Bridging the gap between temporal and spatial scales // Geomorphology. Vol. 209. 2014. P.66–78. [In English]
33. Shu A., Li F., Liu H., Duan G., Zhou X. Characteristics of particle size distributions for the collapsed riverbank along the desert reach of the upper Yellow River // International Journal of Sediment Research. Vol. 31. P. 291–298. [In English]
34. Yu M., Wei H., Wu S. Experimental study on the bank erosion and interaction with near-bank bed evolution due to fluvial hydraulic force // International Journal of Sediment Research. Vol. 30. P. 81–89. [In English]

Поступила в редакцию: 16.04.2020

**Сведения об авторах****Воробьев Алексей Юрьевич**

кандидат географических наук, старший преподаватель кафедры географии, экологии и природопользования, Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина; 390000, Россия, Рязань, ул. Свободы, 46.

e-mail: a.vorobyov90@mail.ru

**Кадыров Александр Сергеевич**

лаборант кафедры географии, экологии и природопользования, Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина; 390000, Россия, Рязань, ул. Свободы, 46.

alieksandr.kadyrov.93@mail.ru

**About the authors****Aleksey Yu. Vorobyov**

Candidate of Geographical Sciences, Senior Lecturer, Department of Geography, Ecology and Nature Management, S.A. Yesenin Ryazan State University; 46, Svobody st., Ryazan, 390000, Russia.

**Aleksandr S. Kadyrov**

Undergraduate, Department of Geography, Ecology and Nature Management, S.A. Yesenin Ryazan State University; 46, Svobody st., Ryazan, 390000, Russia.

**Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:**

Воробьев А.Ю., Кадыров А.С. Полевые исследования отступания берегов русла р. Оки в 2014–2018 гг. с помощью метода простых реперов // Географический вестник = Geographical bulletin. 2020. №3(54). С. 30–45. doi 17072/2079-7877-2020-3-30-45.

**Please cite this article in English as:**

Vorobyov A.Y., Kadyrov A.S. Field studies of the Oka river bank erosion in 2014–2018 by the erosional pins method // Geographical bulletin. 2020. №3(54). P. 30–45. doi 17072/2079-7877-2020-3-30-45.