

**А.Ю. Воробьев, С.В. Пузаков**

**ДИНАМИКА БОКОВОЙ ЭРОЗИИ НА ВОГНУТЫХ БЕРЕГАХ  
ИЗЛУЧИН РЕКИ ОКИ В ЕЕ СРЕДНЕМ ТЕЧЕНИИ  
В XIX–XX ВЕКАХ И НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ**

Для Рязанского расширения пойменной части долины среднего течения реки Оки установлена скорость боковой эрозии на вогнутых берегах русла за последние 160 лет и за период с 2014 по 2016 год на ключевых участках. В их пределах осуществлено сопоставление расположения русла Оки на современной топографической карте и карте атласа Менде с применением ГИС-моделирования. С помощью метода реперов определена современная динамика отступления берегов на различных частях излучин Оки. На примере Рязанского расширения установлен объем аллювиальных отложений, выполняющих молодые привершинные участки сегментно-гривистой поймы как результата аккумулирующей работы русла на протяжении 160 лет. Определены площадь и объем почвогрунтов, выполнявших участки более древней поймы, размытой в ходе боковой эрозии за 160 лет как результата эрозионной работы русла. На основе расчетов на ключевых участках установлены масштабы проявления русловых процессов как составляющей флювиального морфолитогенеза. При сопоставлении данных, полученных с помощью метода реперов, и результатов ГИС-моделирования выявлено несоответствие современных и исторических скоростей боковой эрозии, рассмотрены причины данного несоответствия.

*пойма, флювиальный морфолитогенез, боковая эрозия, атлас Менде, ArcGis 10, метод реперов, аккумуляция аллювия.*

**Постановка проблемы**

Среди основных типов рельефообразующих процессов в пределах днища Оки в ее среднем течении основным является флювиальный морфолитогенез. В то же время одним из важнейших параметров для установления его динамики является скорость развития горизонтальных деформаций русла. В свою очередь размыв его берегов определяет такие важные характеристики пойменной части долины, как степень ее русловой переработки и соотношение морфологических комплексов пойменного рельефа разных типов. Данное обстоятельство приобретает особое значение для отрезков пойменной части долины средней Оки, выделенных нами ранее, поскольку в ходе исследований было установлено, что не на всей вышеназванной территории русловые процессы имели место<sup>1</sup>. Некоторые из участков морфолитогенной основы днища долины, как выяснилось, в разрезе верхнего слоя рыхлых пойменных отложений представляют собой толщу пойменного аллювия разной мощности, наложенную на размытую поверхность надпойменной террасы либо на отложения иного генезиса<sup>2</sup>. Помимо этого, скорость боковой эрозии на отдельных участках берегов русла Оки могла изменяться и в прошлом. При невозможности отследить эти изменения во времена, отстоящие от настоящего на тысячи лет, для второй половины XIX, XX и начала XXI века установление темпов отступления подмываемых берегов представляется возможным. Данное исследование имеет и прикладное значение, выражающееся в определении сокращения площади пойменных морфологических комплексов и, как следствие, – заливных лугов, используемых под пастбища, размыва и обрушения участков проселочных дорог. Изменение конфигурации берегов главной водной артерии Рязанской области также влечет за собой и перестройку системы мест наибольшей рекреационной, туристской и эстетической привлекательности, таких, например, как пляжи, а также береговые уступы, используемые для рыбной ловли.

---

<sup>1</sup> Кривцов В.А., Водорезов А.В., Воробьев А.Ю., Тобратов С.А. Особенности строения и формирования поймы реки Оки в ее Спасском расширении // Вестник Рязанского государственного университета имени С.А. Есенина. 2015. № 4/49. С. 153–173 ; Кривцов В.А., Воробьев А.Ю. Особенности пространственной организации и формирования локальных морфологических комплексов в пределах поймы реки Оки на ее рязанском участке // Там же. 2014. № 1/42. С. 141–154.

<sup>2</sup> Там же.

## Методика исследований

Определение современных скоростей размыва Окой берегов излучин в период 2014–2016 годов осуществлялось путем непосредственного наблюдения за их отступанием с помощью установленных в нескольких точках опорных реперов. Установление же динамики боковой эрозии на протяжении последних 160 лет для среднего течения реки Оки стало возможным благодаря ГИС-моделированию конфигурации окского русла того времени и подсчета не только расстояния смещения меандров в ту или иную сторону, но и объема выполняющего эти меандры аллювия. Оценивалась не только аккумулятивная составляющая флювиального морфолитогенеза, но и эрозионная. Подсчет масштабов последней устанавливался при определении объема денудированного с вогнутых участков излучин материала, впоследствии переотложенного. Привязка карты из атласа Менде, с помощью которой осуществлялись расчеты, производилась по религиозным объектам (православным храмам). Деление аллювия на фации в данном случае отступает на второй план, тем не менее, в ходе полевых исследований оно также учитывалось. Все исследования выполнены на 6 ключевых участках: «Бараньи рожки», «Коростово», «Луковский», «Рязанский», «Вышгород» и «Маяк». В настоящей работе для ГИС-моделирования применялась программа ArcGis 10, а для графической корректировки – программы Corel Draw x7 и Photoshop CS6.

## Обсуждение полученных результатов

Боковая эрозия для дна долины средней Оки в основном осуществляется на вогнутых участках берегов – в вершинах излучин, в то время как накопление руслового аллювия – в дистальных частях шпор. Суммарная протяженность подмываемых участков берегов составляет около 40 % их общей длины. Наиболее активно процессы размывания берегов проявляются в половодье. В это время происходит прорыв шеек пальцевидных и омеговидных меандров, спрямление русла, а бывшие излучины превращаются в старицы. На первом ключевом участке «Бараньи рожки» было установлено 14 реперов, 6 из которых находились на левобережной пойме в пределах сегментно-гривистого локального морфологического комплекса (ЛМК) древней генерации на противоположном берегу реки относительно самой излучины. Остальные располагались на левом крыле излучины, у ее основания (рис. 1).

По результатам примененного нами ранее ловушечного метода, позволившего определить скорость накопления аллювия на прирусловых участках, выяснилось, что «Бараньи рожки» в настоящее время – одна из самых быстрорастущих излучин, по крайней мере в пределах Рязанского расширения<sup>3</sup>. За 160 лет увеличение длины прогиба ее стрелы составило 300 м при средней скорости 1,9 м в год. Объем отложенного при этом материала, преимущественно русловых песков, на участках молодой поймы оценивается в 3,6–4,0 млн м<sup>3</sup>, а площадь комплекса форм прируслового рельефа, отмелей и валов – в 0,49 км<sup>2</sup>. В свою очередь за данный промежуток времени лишь в пределах этого ключевого участка были уничтожены руслом Оки участки поймы, занимающие площадь 0,8 км<sup>2</sup>. При этом руслом был перемещен местный материал (более древний русловой и пойменный аллювий) объемом около 5,5–6,0 млн м<sup>3</sup>. Таким образом, общую работу русла за 160 лет можно оценить в 9,1–10,0 млн м<sup>3</sup>. Река Ока, отклоняясь от прирусловой отмели на вершине излучины, подмывает противоположный крутой берег со скоростью, по усредненным данным, от 17 до 25 см за три года. Соответственно, в период от 2014 до 2016 года крутой берег у плеса отступает за год в среднем на 6–8 см. Здесь обычны различные по объему блоки пойменного аллювия, лежащие на берегу реки, отколовшиеся от берега по наиболее уязвимым для разрыва песчаным

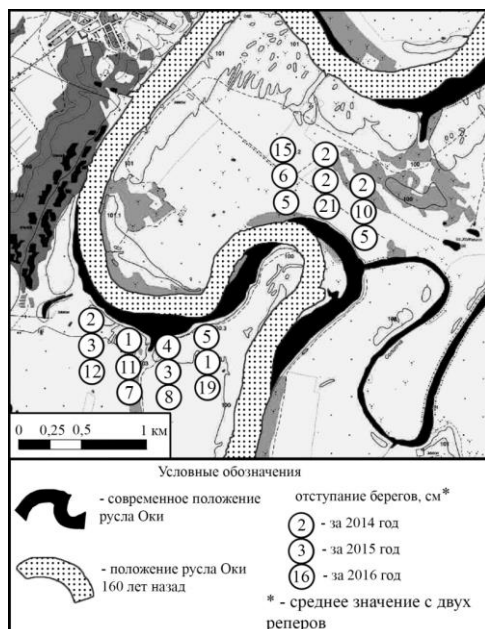


Рис. 1. Горизонтальные деформации русла на участке «Бараньи рожки»

<sup>3</sup> Кривцов В.А., Воробьев А.Ю., Пузаков С.В. Применение метода ковриков-ловушек для определения динамики накопления современного аллювия на рязанском участке среднего течения реки Оки // Вестник Волгоградского государственного университета. Сер. 11, Естественные науки. 2015. № 4 (14). С. 30–39.

прослоям. Основание же левого крыла самой излучины отстает несколько медленнее, со скоростью в среднем 5–7 см в год. Для данного ключевого участка вообще характерна сравнительно высокая интенсивность русловых процессов. При этом сама молодая излучина испытывает продольное смещение, будучи подрезаемой на левом крыле и непрерывно наращивая молодую прирусловую пойму на правом.

К югу от села Коростово Ока делает большую излучину, форма которой 160 лет назад существенно отличалась от современной (рис. 2). За обозначенный период времени длина прогиба ее стрелы увеличилась на 440 м. Объем

отложенного в процессе формирования молодой поймы руслового аллювия в горизонтальных деформациях русла здесь оценивается в 6,4 млн м<sup>3</sup>, а площадь сформированной молодой поймы в 0,8 км<sup>2</sup>. В то же время горизонтальные деформации русла привели к размыву на данном участке по меньшей мере 9 млн м<sup>3</sup> почвогрунтов, занимавших площадь в 1,2 км<sup>2</sup>. В целом общую работу русла за 160 лет здесь можно оценить в 15,4 млн м<sup>3</sup>. За последние три года скорость отступления берегов на данном участке не измерялась по причине отсутствия выраженного уступа, однако аппроксимированная величина за более чем полтора века составила 2,8 м в год.

На выровненной гривистой пойме к югу от села Заокское скорость отступления крутого

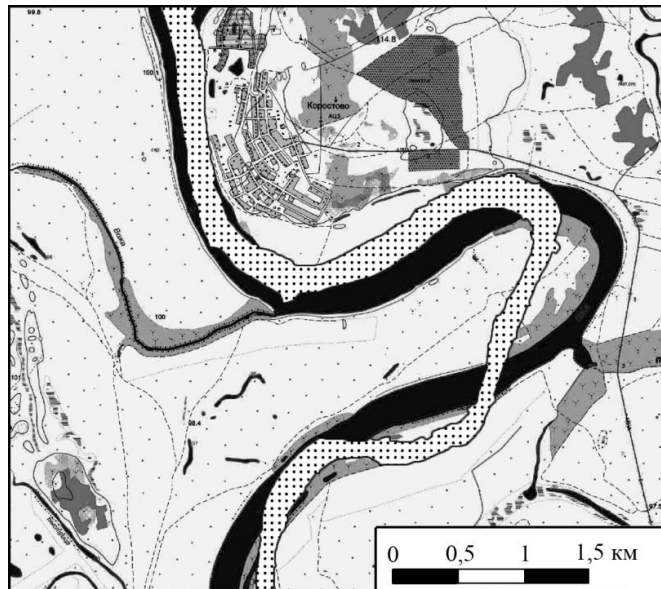


Рис. 2. Горизонтальные деформации русла на участке «Коростово»

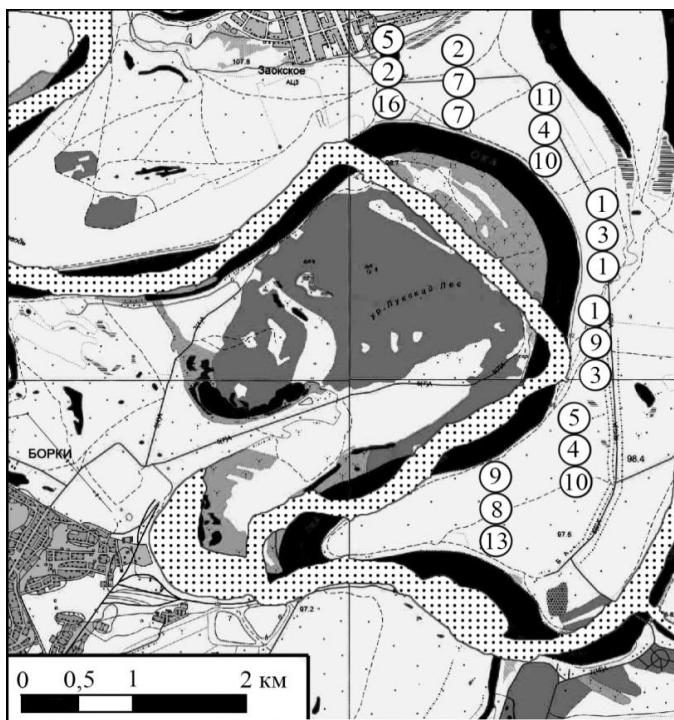


Рис. 3. Горизонтальные деформации русла на участке «Луковский»

берега Оки сильно разнится (рис. 3). Результаты, полученные за три года с 14 реперов, показали, что наибольшей она оказалась на правом крыле излучины. На данном участке, к юго-востоку от урочища Луковский лес, скорость горизонтальных деформаций составила от 16 до 30 см за три года. На вершине излучины она существенно меньше – от 4 до 13 см за три года. Таким образом, несмотря на сложное строение рыхлых пойменных отложений стенки ЛМК, подвергающейся размыву, а также наличию толщи пойменных аллювиальных суглинков мощностью до 2,5 м, данная излучина испытывает продольное смещение. А.В. Чернов на примере вогнутых берегов реки Керженец установил, что наибольшие размывы (до 1,1 м/год) испытывает именно нижнее крыло излучин<sup>4</sup>. Излучина участка «Луковский» за 160 лет эволюционировала от

ящикообразной, с почти квадратными очертаниями, до петлеобразной. Неоднородность динамики продольного и поперечного смещения излучин на разных этапах их эволюции, в зависимости, главным образом, от степени их

<sup>4</sup> Кораблева О.В., Чернов А.В. Динамика пойменно-русловых комплексов рек // Труды Государственного природного биосферного заповедника «Керженский». Н. Новгород : Изд-во «Гос. природ. биосфер. заповед. «Керженский», 2012. Т. 5. 196 с.

развитости, подчеркивалась и Р.С. Чаловым<sup>5</sup>. Меньшая ширина русла по сравнению с современной объясняется существованием на данном участке в то время еще одного рукава Оки, частично используемом в настоящее время реки Трубеж. Объем отложенного при этом аллювия оценивается в 7,3 млн м<sup>3</sup>, а площадь комплекса форм прируслового рельефа, отмелей и валов – в 1,31 км<sup>2</sup>. Смещение излучины Оки, огибающей урочище «Луковский лес», за указанный период составляет 650 м при средней скорости боковой эрозии 4 м в год, приведшей к уничтожению 1,5 км<sup>2</sup> поймы и размыву 8,8–9,3 млн м<sup>3</sup> почвогрунтов. Суммарный результат боковой эрозии и аккумуляции руслового аллювия здесь оценивается, таким образом, в 16,1–16,6 млн м<sup>3</sup>.

На ключевом участке «Рязанский» наблюдения велись на двух площадках, в пределах каждой из которых было установлено 8 и 6 реперов (рис. 4). Ока подрезает здесь массив

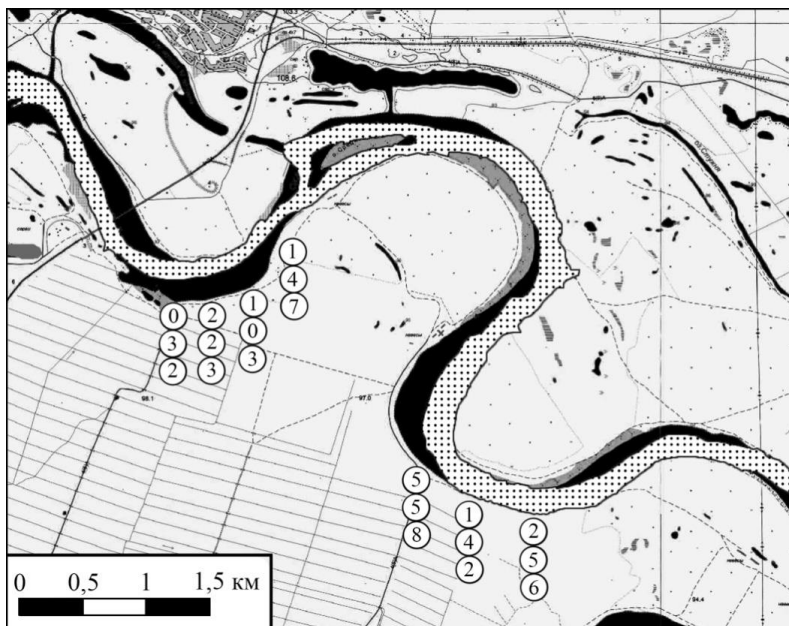


Рис. 4. Горизонтальные деформации русла на участке «Рязанский»

наложенной поймы, где пойменная фация аллювия мощностью до 1,5 м с двумя погребенными почвенными горизонтами залегает на толще алевритов типа озерных видимой мощностью до 5,2 м. Результаты наблюдения показали, что скорость боковой эрозии на данном участке существенно ниже, чем на ключевом участке «Бараньи рожки» и составляет в среднем 2–4 см в год (максимально – до 18 см за три года). За последние 160 лет русло Оки на вершине излучины у поселка Шумашь сместилось незначительно – на 120–140 м, а другая излучина, расположенная ниже по течению, и вовсе практически не изменила своих

очертаний, испытывающее продольное смещение. Большая неустойчивость

русла и уязвимость подмываемых берегов, сложенных преимущественно песками и супесями относительно берегов, сложенных более тяжелыми породами, отмечается в работах В.Г. Шаталова, R. Charlton<sup>6</sup>. Главной тенденцией горизонтальных деформаций русла на ключевом участке «Рязанский» является уменьшение ширины шейки меандра излучины, расположенной в 5 км к северу от областного центра («Кальновская» излучина). Преимущественно суглинисто-алевритовый характер толщи пойменной и старичной фаций аллювия, выполняющих здесь подмываемые берега излучин, препятствует их интенсивному размыву. На подобных участках берегов на реке Москве А.С. Завадским и И.Н. Каргаполовой было установлено наличие гравитационного перемещения материала<sup>7</sup>. Среди прослоев рыхлых пойменных отложений гравитационные осыпи наиболее характерны для погребенных почвенных горизонтов. Ореховатая структура погребенных почв с высоким содержанием гумуса, близких к зональным, делает их весьма уязвимыми к осыпанию. Площадь участков молодой прирусловой поймы в пределах ключевого участка «Рязанский» составляет 0,3 км<sup>2</sup>, объем выполняющего их руслового аллювия – 1,5 млн м<sup>3</sup>. В то же время площадь размываемых окским руслом вогнутых берегов составляет 0,15 км<sup>2</sup>, а объем перемещенного в ходе боковой эрозии материала оценивается в 0,9 млн м<sup>3</sup>. Таким образом, общую работу русла как составной части флювиального морфолитогенеза здесь можно оценить в 2,4 млн м<sup>3</sup>.

<sup>5</sup> Чалов Р.С., Завадский А.С., Панин А.В. Речные излучины. М., 2004.

<sup>6</sup> Шаталов В.Г. Эрозионно-аккумулятивные процессы на поймах равнинных рек (на примере бассейна Дона) // Геоморфология. 1997. № 1. С. 87–91; Charlton R. Fundamentals of fluvial geomorphology. Routledge, 2008. P. 114–119.

<sup>7</sup> Завадский А.С., Каргаполова И.Н. Результаты исследований механизмов и интенсивности деформации речных русел на реках Московской области // Маккавеевские чтения – 2005 / науч. ред. Р.С. Чалов. М., 2006. С. 75–87.

Помимо вышеназванных излучин, переформирование русла Оки, сопровождаемое переформированием толщ руслового аллювия, происходило и на ключевых участках «Вышгород» и «Маяк» (рис. 5 и 6). На первом из них русло проложило новый путь за 160 лет, расположенный левее предыдущего на расстояние от 400 до 540 м. В отличие от предыдущих участков, Ока не сформировала здесь новый аллювиальный массив, а отрезала часть параллельно-гривистой поймы от левого берега. Доказательством этого служит наличие одного погребенного почвенного горизонта как на правом, так и на левом берегу на данном участке. Строение толщ рыхлых пойменных отложений на обоих берегах практически одинаковое: погребенная почва расположена здесь на глубине 0,7–1,3 м, мощность ее также одинакова. Площадь уничтоженной горизонтальными деформациями поймы здесь составляет 0,4 км<sup>2</sup>, а объем перемещенных при этом почвогрунтов – 2,4 млн м<sup>3</sup>.

На ключевом участке «Маяк» очертания русла Оки также претерпели изменения за последние 160 лет. Старое русло здесь резко отклонялось к юго-западу, упираясь в берег сегментно-гривистой поймы древней генерации в пределах урочища «Спасский лес» (рис. 6). На определенном этапе эволюции поймы на данном ключевом участке произошло спрямление русла. Объем размытых при этом прорыве почвогрунтов на участке поймы площадью 0,4 км<sup>2</sup> оценивается в 2,8 млн м<sup>3</sup>. Неоднократно изменялось здесь как место впадения реки Истья в Оку, так и общая конфигурация его русла. Палеорусла Истья, расположенные на высокой пойме, с сохранившимся рисунком меандрирования отчетливо различимы на космоснимках.

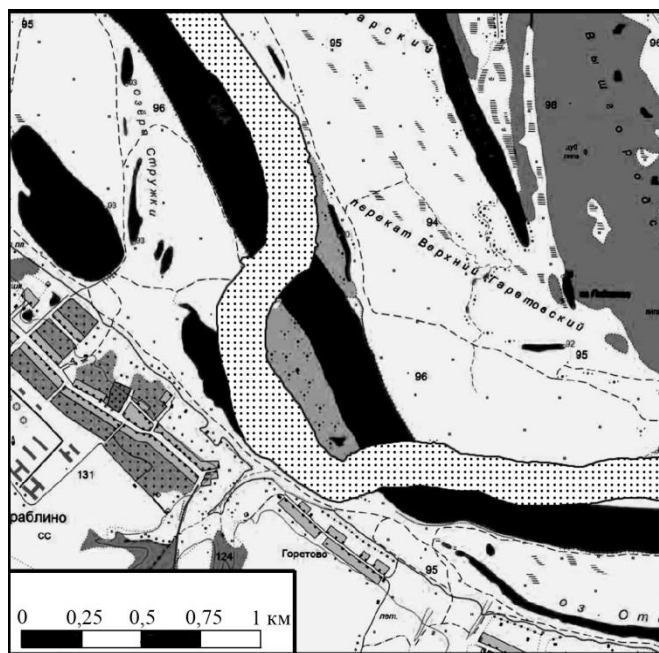


Рис. 5. Горизонтальные деформации русла на участке «Вышгород»

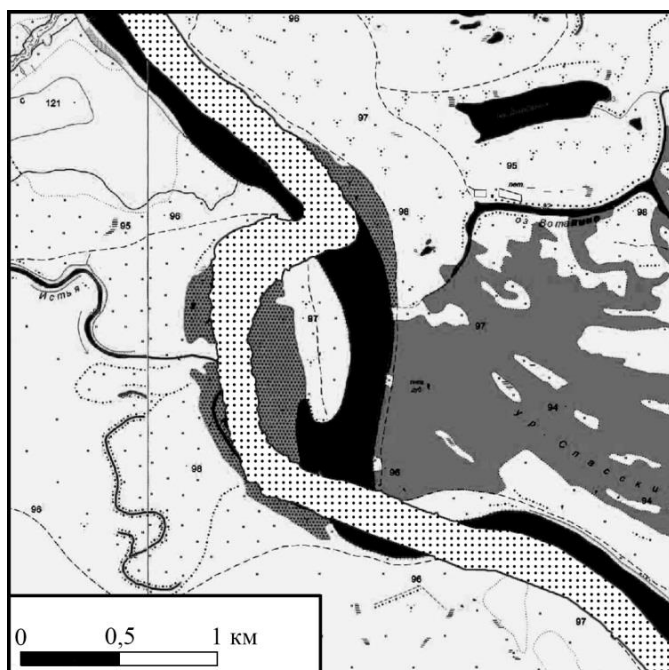


Рис. 6. Горизонтальные деформации русла на участке «Маяк»

Легко заметить, что отступление вогнутых берегов излучин в настоящее время происходит существенно медленнее, чем в XIX–XX веках. Прежде всего необходимо отметить, что измерения скорости боковой эрозии производились методом реперов в низкопоямные годы, когда вода в половодье практически не выходила на пойму. Очевидно, что в годы с нормальным половодьем скорость отступления берегов будет большей. Однако даже это обстоятельство не может объяснить более чем десятикратную разницу в данном параметре. По данным А.В. Кислова, начиная с 1970-х годов, на всех реках Восточно-Европейской равнины происходит увеличение меженного стока и уменьшение мощности половодий<sup>8</sup>. Уже в 1960-е годы отмечалось, что суммы отклонения температуры воздуха положительны на всех метеостанциях в бассейне Волги и Оки<sup>9</sup>. Следовательно, значительно более медленное отступление вогнутых берегов в настоящее время может быть связано с равномерным

<sup>8</sup> Кислов А.В. Климат в прошлом, настоящем и будущем. М. : МАИК Наука-Интерпериодика, 2001. 351 с.

<sup>9</sup> Аполлов Б.А. Учение о реках. М. : Изд-во МГУ, 1963. 423 с.

режимом уровня реки. Одним из факторов снижения интенсивности размыва берегов на средней Оке и затухания горизонтальных деформаций также является и общее обмеление реки за последние 60 лет. К.М. Беркович связывает этот процесс с интенсивной добычей русловых песков в верхней части бассейна<sup>10</sup>. Таким образом, разница между современными и историческими скоростями отступления берегов может быть объяснена как тем, что измерения проводились в низкопоемные годы, так и изменениями климата, хозяйственной деятельностью человека.

### Выводы

1. Средняя скорость боковой эрозии на подмываемых берегах излучин реки Оки в ее среднем течении на ключевых участках за период 2014–2016 годов составила 5–6 см в год. Темпы отступления вогнутых берегов излучин максимальны на ключевом участке «Бараньи рожки» (7 см в год) и минимальны на ключевом участке «Рязанский» (3 см в год).

2. Скорость отступления подмываемых берегов на тех же участках на протяжении последних 160 лет оказалась существенно больше современной. Максимальной она была на участке «Луковский» (4 м в год), минимальной – на участке «Рязанский» (до 1 м в год).

3. Результатом русловых процессов в пределах всех 6 ключевых участков за 160 лет стало формирование молодой прирусловой поймы при аккумуляции аллювия, оцениваемой в 18,8–19,2 млн м<sup>3</sup>, на площади в 2,9 км<sup>2</sup>. В свою очередь, площадь поймы, подвергшейся размыву, составляет 4,5 км<sup>2</sup>, а общий объем перемещенного при этом материала – 29,4–30,4 млн м<sup>3</sup>. Соответственно, общую работу русла и, как следствие, объем флювиального морфолитогенеза на данных ключевых участках без учета пойменного и старичного осадконакопления можно оценить в 48,2–49,6 млн м<sup>3</sup>.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аполлов, Б.А. Учение о реках [Текст]. – М. : Изд-во МГУ, 1963. – 423 с.
2. Беркович, К.М. Русловые процессы и использование природных ресурсов реки (на примере Оки) [Текст] / К.М. Беркович, Л.В. Злотина, Л.А. Турыкин // География и природные ресурсы. – 2015. – № 1. – С. 98–104.
3. Завадский, А.С. Результаты исследований механизмов и интенсивности деформации речных русел на реках Московской области [Текст] / А.С. Завадский, И.Н. Каргаполова // Маккавеевские чтения – 2005 / науч. ред. Р.С. Чалов. – М., 2006. – С. 75–87.
4. Кислов, А.В. Климат в прошлом, настоящем и будущем [Текст]. – М. : МАИК Наука-Интерпериодика, 2001. – 351 с.
5. Кораблева, О.В. Динамика пойменно-русловых комплексов рек [Текст] / О.В. Кораблева, А.В. Чернов // Труды Государственного природного биосферного заповедника «Керженский». – Н. Новгород : Изд-во «Гос. природ. биосфер. заповед. «Керженский», 2012. – Т. 5. – 196 с.
6. Кривцов, В.А. Особенности строения и формирования поймы реки Оки в ее Спасском расширении [Текст] / В.А. Кривцов, А.В. Водорезов, А.Ю. Воробьев, С.А. Тобратов // Вестник Рязанского государственного университета имени С.А. Есенина. – 2015. – № 4/49. – С. 153–173.
7. Кривцов, В.А. Особенности пространственной организации и формирования локальных морфологических комплексов в пределах поймы реки Оки на ее рязанском участке [Текст] / В.А. Кривцов, А.Ю. Воробьев // Вестник Рязанского государственного университета имени С.А. Есенина. – 2014. – № 1/42. – С. 141–154.
8. Кривцов, В.А. Применение метода ковриков-ловушек для определения динамики накопления современного аллювия на рязанском участке среднего течения р. Оки [Текст] / В.А. Кривцов, А.Ю. Воробьев, С.В. Пузаков // Вестник Волгоградского государственного университета. Сер. 11, Естественные науки. – 2015. – № 4 (14). – С. 30–39.
9. Чалов, Р.С. Речные излучины [Текст] / Р.С. Чалов, А.С. Завадский, А.В. Панин. – М., 2004.
10. Шаталов, В.Г. Эрозионно-аккумулятивные процессы на поймах равнинных рек (на примере бассейна Дона) [Текст] // Геоморфология. – 1997. – № 1. – С. 87–91.
11. Charlton, R. Fundamentals of fluvial geomorphology [Text]. – Routledge, 2008. – P. 114–119.

### REFERENCES

1. Apollonov, B.A. Uchenie o rekah [Text]. – M. : Izd-vo MGU, 1963. – 423 s.
2. Berkovich, K.M. Ruslovyje protsessy i ispol'zovanie prirodnyh resursov reki (na primere Oki) [Text] / K.M. Berkovich, L.V. Zlotina, L.A. Turykin // Geografiya i prirodnye resursy. – 2015. – N 1. – S. 98–104.

<sup>10</sup> Беркович К.М., Злотина Л.В., Турыкин Л.А. Русловые процессы и использование природных ресурсов реки (на примере Оки) // География и природные ресурсы. 2015. № 1. С. 98–104.

3. Zavadskiy, A.S. Rezul'taty issledovaniy mekhanizmov i intensivnosti deformatsii rechnyh rusel na rekah Moskovskoy oblasti [Text] / A.S. Zavadskiy, I.N. Kargapolova // Makkaveevskie chteniya – 2005 / nauch. red. R.S. Chalov. – M., 2006. – S. 75–87.
  4. Kislov, A.V. Klimat v proshlom, nastoyashchem i budushchem [Text]. – M. : MAIK Nauka-Interperiodika, 2001. – 351 s.
  5. Korableva, O.V. Dinamika poymenno-ruslovykh kompleksov rek [Text] / O.V. Korableva, A.V. Chernov // Trudy Gosudarstvennogo prirodnogo biosfernogo zapovednika "Kerzhenskiy". – N. Novgorod : Izd-vo "Gos. prirod. biosfer. zapoved. "Kerzhenskiy", 2012. – T. 5. – 196 s.
  6. Krivtsov, V.A. Osobennosti stroeniya i formirovaniya poymy reki Oki v ee Spasskom rasshirenii [Text] / V.A. Krivtsov, A.V. Vodorezov, A.Yu. Vorob'ev, S.A. Tobratov // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo universiteta imeni S.A. Esenina. – 2015. – N 4/49. – S. 153–173.
  7. Krivtsov, V.A. Osobennosti prostranstvennoy organizatsii i formirovaniya lokal'nykh morfologicheskikh kompleksov v predelakh poymy reki Oki na ee ryazanskom uchastke [Text] / V.A. Krivtsov, A.Yu. Vorob'ev // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo universiteta imeni S.A. Esenina. – 2014. – N 1/42. – S. 141–154.
  8. Krivtsov, V.A. Primenenie metoda kovrikov-lovushkek dlya opredeleniya dinamiki nakopleniya sovremennogo allyuviya na ryazanskom uchastke srednego techeniya r. Oki [Text] / V.A. Krivtsov, A.Yu. Vorob'ev, S.V. Puzakov // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. 11, Estestvennye nauki. – 2015. – N 4 (14). – S. 30–39.
  9. Chalov, R.S. Rechnye izluchiny [Text] / R.S. Chalov, A.S. Zavadskiy, A.V. Panin. – M., 2004.
  10. Shatalov, V.G. Eroziionno-akkumulyativnye protsessy na poymah ravninnykh rek (na primere basseyna Dona) [Text] // Geomorfologiya. – 1997. – N 1. – S. 87–91.
  11. Charlton, R. Fundamentals of fluvial geomorphology [Text]. – Routledge, 2008. – P. 114–119.
- A.Yu. Vorob'ev, S.V. Puzakov**

**THE DYNAMICS OF SIDE EROSION OF THE CONCAVE BANKS  
OF THE OKA RIVER IN ITS MIDDLE COURSE  
IN THE 19<sup>TH</sup> – 20<sup>TH</sup> CENTURIES AND NOWADAYS**

The paper shows the rate of river bank erosion in the Ryazan inundated floodway extension of the middle course of the Oka River during the last 160 years and during 2014–2016 in important places. GIS technology is used to compare the location of the Oka bed on a modern topographic map and on A. Mende's (Alexander Mende is a Russian mapmaker (1800–1868)). The benchmark method is used to determine the dynamics of concave slope surface structure in different parts of the Oka bends. The analysis of Ryazan inundated floodway shows the amount of alluvial deposits accumulated in a river channel during 160 years. The article analyzes the volume of soil which has been eroded during 160 years and the rate of fluvial morpholithogenesis. The comparative analysis of data acquired with the help of surface benchmark method and GIS technology shows that modern and historical rates of river bank erosion are different.

*floodplain, fluvial morpholithogenesis, river bank erosion, A. Mende's map, ArcGis 10, surface benchmark method, alluvium accumulation.*